



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
VICERECTORADO ACADÉMICO DIRECCIÓN GENERAL
DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
PROPUESTA DE DISEÑO DE CONTROL PARA UN GRUPO ELECTRÓGENO
BASADO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

Autor: Ing°. Gregorio José Lara González.
Tutor: MSc. Wiston Alexander Espinoza Hurtado.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego. Estado Carabobo. Venezuela.

Enero 2020

UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**PROPUESTA DE DISEÑO DE CONTROL PARA UN GRUPO ELECTRÓGENO
BASADO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.**

Proyecto de Trabajo Especial de Grado presentado para optar al grado académico
de Especialista en Automatización Industrial.

Autor: Ing°. Gregorio José Lara González.
Tutor: MSc. Wiston Alexander Espinoza Hurtado.

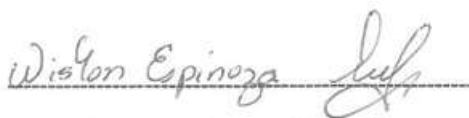
Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego. Estado Carabobo. Venezuela.

Enero 2020

AUTORIZACIÓN DEL TUTOR

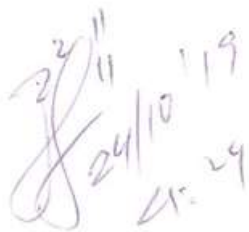
Quien suscribe, Wiston Alexander Espinoza Hurtado, titular de la Cédula de Identidad N° 9.885.895, en mi carácter de tutor del Trabajo Especial de Grado, titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE CONTROL PARA UN GRUPO ELECTRÓGENO BASADO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**, adscrito a la Línea de Investigación: Gestión Tecnológica Empresarial, presentado por el ciudadano Gregorio José, Lara González, titular de la Cédula de Identidad N° 6.075.020, hago constar que he dirigido el proceso de investigación correspondiente, leído el contenido del informe escrito y considero que el mismo reúne los requisitos exigidos para ser evaluado por el jurado que se designe, por lo cual autorizo la entrega de un (01) ejemplar ante la Coordinación del Programa de Especialización de Automatización Industrial.

En San Diego, a los 24 días del mes de Octubre de 2019



Nombre y Firma del tutor (a)

C.I.: 9.885.895



22/11
24/10 119
25/29



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

VEREDICTO

Nosotros, miembros del jurado designado para la evaluación del Trabajo Especial de Grado presentado por el ciudadano GREGORIO JOSÉ LARA, cédula de identidad N° 6.075.020, titulado: "PROPUESTA DE DISEÑO DE CONTROL PARA UN GRUPO ELECTRÓGENO BASADO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE" elaborado bajo la supervisión del tutor, Prof. Wiston Espinoza, cédula de identidad N° 9.885.895, adscrito a la línea de investigación: Gestión Tecnológica Empresarial, para optar al grado académico de **Especialista en Automatización Industrial**, estimamos que el mismo reúne los requisitos académicos para ser considerado como: **APROBADO**.

Nombre, Apellido	C. I.	Firma del Jurado
Prof. José Pérez (Presidente)	8.829.908	
Prof. Jesús Rodríguez (Miembro)	4.475.379	
Prof. Agustín Lares (Miembro)	8.155.922	



En San Diego, a los siete (07) días del mes de febrero del dos mil veinte. (2020)

DEDICATORIA

A mi SEÑOR DIOS, por todas las bendiciones que me ha dado sin ser merecedor de ellas.

A mi Madre (†), quien dedicó su vida a sus hijos dandonos amor, atención y cuidados, que solo una bella madre puede hacer.

A mi Padre (†), quien trabajó toda su vida para levantar a su familia, y nos dió ejemplo de amor, honradez, moral y justicia.

A mi esposa Rudy, quien me ha dado lo mejor de ella, su amor, y cuida de nuestro hijo.

A mi querido y hermoso hijo, fuente de inspiración y motivación.

A todas las personas, que de una u otra forma, han influido en la formación académica y moral de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi amigo y vecino, el profesor Wiston Espinoza; quien con su amistad desinteresada colaboró en la realización de este trabajo.

A la institución financiera Banco Provincial, por permitir utilizar uno de sus grupos electrógenos como modelo de referencia para la elaboración de este trabajo.

A las empresas : Aplinca, C.A., Servielect, C.A. y Releca, por la colaboración prestada.

A los profesores de la Universidad José Antonio Páez, por la formación académica.

ÍNDICE GENERAL

	Página
INDICE GENERAL.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA	1
Planteamiento del Problema.....	1
Formulación del Problema.....	2
Alcance de la Investigación.	3
Objetivos de la Investigación	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.	3
Justificación.	4
Factibilidad y Limitaciones.	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
Antecedentes.....	6
Bases Teóricas.....	7
Grupos Electrógenos.	7
Elementos que Constituyen un Grupo Electrógeno.	7
Sistemas de Control.....	13
Características de un Sistema de Control.....	14
Clasificación de los Sistemas de Control.....	14

Elementos de un Sistema de Control Automático.....	16
Métodos de Control.....	17
Métodos Clásicos	17
Métodos de Control Moderno	18
Métodos de Control Avanzado.....	20
Etapas de la Realización de un Sistema de Control.	21
Automatización.	22
Desarrollo de los Programadores Lógicos de Control en la Industria.	22
Funciones de los programadores Lógicos de Control.....	23
Ventajas y Desventajas de Los Programadores Lógicos de Control.	24
Micro PLC (relé lógico programable PLR)	24
Definición de Términos.	25
CAPÍTULO III	26
MARCO METODOLÓGICO	26
Tipo de Investigación.	26
Población y Muestra	28
Método de Recolección de Datos	28
Necesidad de la Propuesta.....	28
CAPÍTULO IV	30
LA PROPUESTA.....	30
Introducción.....	30
Justificación	31
Objetivos.....	31
Objetivo General.....	31
Objetivos Específicos.	31
Factibilidades	32

Factibilidad Operativa	32
Factibilidad Técnica	32
Factibilidad Económica	33
Ámbito de Aplicabilidad	37
Diagnóstico del estado actual del panel de control del grupo electrógeno.	37
Caracterización del panel de control del grupo electrógeno y las variables que la integran.	38
Características del Panel de Control Serie: 1001	38
Componentes del Panel de Control Serie: 1001	38
Componentes del Módulo Interfaz del Motor	41
Características de las Variables del Panel de Control Serie: 1001.	43
Características de las Variables Analógicas de Entrada.	43
Características de la Variable “Voltaje del Alternador”.	43
Características de la Variable “Corriente Alternador”.	45
Características de la Variable “Presión de Aceite del Motor”	47
Características de la Variable “Temperatura del Motor”.	49
Características de la Variable “Voltaje de Carga de Batería”	51
Características de La Variable “Frecuencia”	51
Características de Las Variables digitales de Entrada.....	52
Características de Las Variables digitales de Salida.	53
Diseño del control para el grupo electrógeno, de acuerdo a las necesidades del sistema.	54
Sistema de Medición de Voltaje, Corriente y Frecuencia.	55
Sistema de Supervisión y protección del motor	56
Sistema de Operación y Control del Motor	57
Características del Nuevo Diseño de Control.	60

Variables de entradas y Salidas del Nuevo Diseño de Control.....	62
Módulos de acondicionamiento de señales analógicas de entrada.	63
Módulo de procesamiento (Procesador Lógico de Control).....	65
Diseño de control para el grupo electrógeno basado en controlador lógico programable.	66
Características del Programador Lógico de Control “LOGO 8!”.....	66
Módulos de Ampliación.....	68
Determinando el modelo y módulos de ampliación de la serie LOGO! 8... 68	68
Modelo del módulo base LOGO! 8.	68
Módulos de Ampliación, visualizador de texto y acondicionador de señal. 69	69
Módulo de Ampliación Analógico.....	69
Módulo visualizador de texto TDE con interfaces Ethernet.	70
Módulo acondicionador para las señales analógicas.....	71
Capacidad de Memoria & Programa, del Programador Lógico de Control “LOGO! 8.”	75
Ensamblaje de los módulos LOGO! y acondicionador de Señal TRM3.....	76
Datos técnicos de los módulos según la configuración del nuevo diseño de control	76
Módulo base LOGO! 8 12/24RCEo	77
Módulo de Ampliación Analógico LOGO! AM2	78
Módulo visualizador de texto TDE	79
Módulo acondicionador de señales TRM3.....	80
Referencia de los módulos y su codificación para su adquisición.	80
Diagramas de Flujo de los Sistemas que Integran el Diseño de Control	81
Diagrama de Flujo del Sistema de Medición del Alternador	82
Diagrama de Flujo del Sistema de Supervisión y Protección del Motor....	83

Diagrama de Flujo del Sistema de Operación y Control del Motor.	84
Diagrama de Flujo del Nuevo Diseño de Control.....	85
Diagrama Eléctrico del Sistema de Operación y Control del Motor.	86
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	91
ANEXOS	93
Datos Técnicos LOGO 8! Pure 12/24	93
Datos Técnicos Módulo de Ampliación Analógico AM2	94
Datos Técnicos Módulo Visualizador de Textos TDE	95
Datos Técnicos Acondicionador de Señales TRM3.....	96

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Comparación de paneles de control para PP.EE.	34
2	Análisis de precios unitarios.	35
3	Variables de entrada y salidas del nuevo diseño de control.	62
4	Valores de las variables analógicas.	65
5	Bornes de conexión, esquema nuevo diseño de control, figura 18.	74
6	Características de alimentación del LOGO 8! 12/24RCEo.	77
7	Características de alimentación del módulo de ampliación analógico AM2".	78
8	Características de alimentación del módulo visualizador de textos TDE.	79
9	Características de alimentación del módulo acondicionador TRM3.	80
10	Codificación de los productos para su adquisición.	81
11	Descripción de los símbolos utilizados en la figura 49.	86
12	Datos técnicos LOGO 8! 12/24	93
13	Datos técnicos módulo de ampliación analógico AM2	94
14	Datos técnicos módulo visualizador de textos TDE	95
	Datos técnicos acondicionador de señales TRM3	96

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1	Panel de control moderno, para plantas eléctricas FG Wilson. 4
2	Motores de combustión diesel, gasolina / gas. 8
3	Reguladores de motores de combustión diesel, gasolina y a gas. 8
4	Sistemas de arranque y encendido convencionales. 9
5	Sistemas de enfriamiento agua y por aire. 9
6	Alternador de planta eléctrica con tarjeta reguladora de voltaje. 10
7	Bancada con tanque sub-base de planta eléctrica. 10
8	Silenciador residencial de escape. 11
9	Diferentes marcas de paneles de control de plantas eléctricas. 11
10	Interruptores de protección. 12
11	Planta eléctrica marca: FG Wilson, modelo: P44E; 48KW/60KVA 12
12	Componentes básicos de un sistema de control. 13
13	Elementos del sistema de control de lazo abierto. 14
14	Elementos del sistema de control de lazo cerrado. 15
15	Elementos principales del sistema de control de lazo cerrado simple. 16
15	Estado actual del panel de control planta eléctrica FG Wilson. 30
17	Componentes del panel de control serie: 1001 39
18	Módulo interfaz del motor de la planta eléctrica FG Wilson. 42
19	Conexión en estrella baja del alternador y bornera del cableado. 44
20	Esquema de conexión de conmutador de voltaje. 44
21	Voltímetro de gabinete. 45
22	Esquema de conexión de conmutador de amperaje. 46
23	Amperímetro de gabinete. 47
24	Sensor de presión de aceite y curva de trabajo. 48
25	Sensor de presión de aceite. 48
26	Medidor de presión de aceite. 49
27	Sensor de temperatura y curva característica. 50
28	Sensor de temperatura. 50

20	Medidor de temperatura del motor.	51
30	Medidor de voltaje DC.	51
31	Medidor de frecuencia.	52
32	Tarjeta electrónica del panel de control serie: 1001.	53
33	Figuras del Módulo EIM, Alarma y Horómetro.	54
34	Sistema de medición de voltaje, amperaje y frecuencia del alternador, en el panel de control serie 1001.	55
35	Sistema de supervisión y protección del motor.	57
36	Sistema de operación y control del motor.	59
37	Representación del nuevo diseño de control.	61
38	Convertidores AC / AC, y DC / DC.	64
39	Programador Lógico de Control “LOGO 8!”	67
40	Módulos de ampliación para LOGO 8!	68
41	Módulo de ampliación analógico AM2.	70
42	Módulo visualizador de textos TDE.	71
43	Módulo de acondicionamiento de señal, TRM3.	72
44	Esquema de los componentes que integrarán al nuevo diseño de control basado en “LOGO! 8 12/24RCEo”	73
45	Diagrama de flujo del sistema de medición de voltaje, corriente y frecuencia... ..	82
46	Diagrama de flujo del sistema de supervisión y protección del motor	83
47	Diagrama de flujo del sistema de operación y control del motor	84
48	Diagrama de flujo del nuevo diseño de control.	85



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
VICERECTORADO ACADÉMICO DIRECCIÓN GENERAL
DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE DISEÑO DE CONTROL PARA UN GRUPO ELECTRÓGENO
BASADO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

Autor: Ing°. Gregorio Lara.

Tutor: MSc. Wiston. Espinoza.

Año 2020

RESUMEN

Optimizar y modernizar el control de operación de un grupo electrógeno, plantea la necesidad de determinar cuál sería el diseño más adecuado que cumpliera con las características de operación y control que posee su panel de mando original. Partiendo de la propuesta de este trabajo, de utilizar un programador lógico de control como nuevo panel de mando, se generó la incertidumbre de: ¿Es posible sustituir el panel de control por un PLC? Una investigación exhaustiva de los componentes del grupo electrógeno fue necesaria para establecer los sistemas que lo integran, acompañado de un diagnóstico del estado del panel de control a sustituir y las características de sus variables; todo esto, necesario para lograr el objetivo. El tipo de investigación aplicada en este trabajo es “Gestión Tecnológica Empresarial”, en la modalidad de propuesta, utilizando métodos de observancia cuantitativos y descriptivos. Lograr el diseño de control para el grupo electrógeno a través de los resultados obtenidos en este proyecto, con la gama de micros PLC’s que encontramos en el mercado, es el reto planteado. Con el aporte de los conocimientos básicos necesarios por parte del experto, y la ejecución de los objetivos propuestos, se logró establecer el nuevo diseño de control basado en un programador lógico, que sustituirá al obsoleto panel de control.

Palabras clave: Automatización, PLC, planta eléctrica, grupo electrógeno.

SUMMARY

Optimizing and modernizing the operation control of a generator set, raises the need to determine which would be the most appropriate design that met the operation and control characteristics of its original control panel. Based on the proposal of this work, to use a logical control programmer as a new control panel, the uncertainty was generated: Is it possible to replace the control panel with a PLC? An exhaustive investigation of the components of the generator set was necessary to establish the systems that comprise it, accompanied by a diagnosis of the status of the control panel to be replaced and the characteristics of its variables; All this, necessary to achieve the goal. The type of research applied in this work is "Business Technology Management", in the modality of proposal, using quantitative and descriptive observance methods. Achieving the control design for the generator set through the results obtained in this project, with the range of PLC microphones that we find in the market, is the challenge. With the contribution of the necessary basic knowledge by the expert, and the execution of the proposed objectives, it was possible to establish the new control design based on a logical programmer, which will replace the obsolete control panel.

Keywords: Automation, PLC, power plant, generator.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene el objetivo de elaborar una propuesta para solucionar los problemas de operación de un panel de control en un grupo electrógeno, perteneciente a la institución financiera Banco Provincial, ubicada en el Centro de la ciudad de Valencia, estado Carabobo.

Basados en la experiencia del desarrollador de este trabajo con grupos electrógenos, los conocimientos adquiridos en el post grado de “Especialización de Automatización Industrial”, y la guía de un tutor académico, se elaboró una serie de pasos para proponer un nuevo diseño de control basado en un programador lógico de control (PLC), como solución a los problemas presentes con el actual panel de control de la planta eléctrica, para ello, se secciona el trabajo en capítulos, donde el primero establece la formulación del problema, el alcance de la investigación, los objetivos que se desean alcanzar, la justificación de la propuesta, su factibilidad y limitaciones. El segundo capítulo abarca todo lo correspondiente al marco teórico, sus antecedentes y bases teóricas. El tercer capítulo plantea el tipo de investigación que se realiza, los métodos de recolección de datos, y la necesidad de la propuesta. Un quinto y último capítulo, desarrolla la propuesta en cuestión, donde se establece los objetivos de dicha propuesta, las factibilidades operativas, técnicas y económicas requeridas y el ámbito de aplicabilidad de la propuesta, llevando a la realización del nuevo diseño del sistema de control basado en un programador lógico de control para el grupo electrógeno, estableciéndose las conclusiones pertinentes y sus recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

La crisis energética de Venezuela de 2009-2013 se refiere a un período durante el cual el país experimentó un marcado déficit de generación de energía eléctrica. La causa inmediata de la crisis fue una prolongada sequía que ocasionó que el agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar, (también conocida como “GURI) alcanzara niveles muy bajos. Esto ocurrió durante una nueva ocurrencia del fenómeno climático de El Niño, que se empezó a desarrollar desde julio de 2009 hasta mediados del 2013. El 73% de la energía eléctrica consumida por los venezolanos depende de esta central hidroeléctrica. El Guri estaba a trece (13) metros de lo que llaman el nivel de colapso. De llegar a esos parámetros habría que apagar las plantas del Guri, que generan más del 70% de la electricidad en Venezuela.

En el año 2016, se vuelve a experimentar un descenso de agua en la represa del Guri, obligando al gobierno a tomar medidas, entre ellas, un nuevo plan de racionamiento, esto con el fin de evitar que los niveles de agua en la represa lleguen a niveles críticos como los ocurridos en el periodo 2009-2013.

Adicionalmente, el consumo de electricidad del país se ha estado incrementando en un 6% anual, porcentaje que supera el ritmo de crecimiento en la oferta eléctrica que se ha estado instalando.

De acuerdo a La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la crisis eléctrica fue uno de los factores que contribuyó a alargar la crisis económica que Venezuela experimentaba desde el 2009.

La crisis energética de Venezuela, produjo un auge de grupos electrógenos para solventar los déficits de generación eléctrica en diferentes zonas del país.

En la actualidad existe una gran cantidad de grupos electrógenos para la generación continua, respaldo eléctrico y autogeneración, que fueron adquiridos por los sectores privados y públicos, para cumplir con las demandas impuestas por el

gobierno, así como, las plantas eléctricas que desde años anteriores a esta crisis de generación eléctrica, han existido en nuestro país por normas establecidas en las construcciones de sus edificaciones como: clínicas, hospitales, conjuntos residenciales, radio bases, aeropuertos, operadoras de telecomunicación y una gran cantidad de empresas y comercios que requieren de un suministro eléctrico constante y confiable para garantizar una operación continua de sus actividades.

Estos grupos electrógenos, requieren de un constante mantenimiento para su operación, así como, de repuestos y actualización de componentes, los cuales en algunos casos son de difícil consecución, dado por la desincorporación del modelo de la planta eléctrica del mercado por equipos de nueva generación, y la falta de repuestos en el mercado nacional e internacional de los mismos.

Si sumamos a estos inconvenientes la crisis económica actual del país, (falta de recursos monetarios y la dificultad para la adquisición de divisas), podemos deducir que el panorama no es alentador para mantener en funcionamiento a estos grupos electrógenos.

El Banco Provincial, institución financiera, es una de las tantas entidades bancarias que posee grupos electrógenos como sistema de respaldo eléctrico. Tiene trescientos diecisiete (317) agencias a nivel nacional, de las cuales el 26,81% posee respaldo eléctrico a través de grupos electrógenos. La agencia "Valencia Centro", ubicada en el Centro de Valencia, es una de ellas, tiene una planta eléctrica de 60 KVA, la cual presenta deterioro en su panel de control, afectando la operación de la misma, su correcto funcionamiento y su seguridad intrínseca, además, los informes técnicos del personal de mantenimiento de este grupo electrógeno evidencian su mal funcionamiento. Para dar solución a este problema, se desarrollará un sistema de control para el grupo electrógeno, basado en un controlador lógico programable para mejorar la operatividad del mismo.

Formulación del Problema.

Partiendo de lo expuesto anteriormente se formula la siguiente pregunta: ¿Es posible sustituir el panel de control original de la planta eléctrica, de la agencia “Valencia Centro”, del Banco Provincial, por un micro PLC?

Alcance de la Investigación.

El trabajo de esta investigación está enmarcado en la modalidad de propuesta, orientada de una forma técnica, para determinar el diseño de control que mejor se adapte a las necesidades del grupo electrógeno y las características requeridas por el experto.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General.

Proponer un diseño de un sistema de control para un grupo electrógeno basado en controlador lógico programable, en la planta eléctrica de la agencia “valencia centro”, del banco provincial.

Diseñar el controlador para un grupo electrógeno basado en controlador lógico programable, en la planta eléctrica de la agencia “valencia centro”, del banco provincial.

Objetivos Específicos.

Diagnosticar el estado actual del panel de control del grupo electrógeno, de la planta eléctrica, de la agencia “Valencia Centro”, del Banco Provincial.

Caracterizar el panel de control del grupo electrógeno y las variables que la integran, de la planta eléctrica de la agencia “Valencia Centro”, del Banco Provincial.

Diseñar un sistema de control para un grupo electrógeno basado en un controlador lógico programable, para la planta eléctrica de la agencia “Valencia Centro”, del Banco Provincial.

Justificación.

El deterioro, fallas y obsolescencia de los paneles de control de las plantas eléctricas, obligan a los usuarios y prestatarios de servicios a la búsqueda de soluciones para mantener operativos a los grupos electrógenos, bien sea su sustitución por modernos paneles de control (Ver figura 1), o la implementación de un nuevo diseño de un control. La planta eléctrica del banco provincial requiere de un cambio en su panel de control. Aunque el equipo se encuentra operativo, algunos de los indicadores de parámetros se encuentran dañados, tales como: medidor de presión de aceite, medidor de voltaje de batería, iluminación del panel, además, el deterioro producido por la incidencia de los rayos solares, dificultan la lectura de los instrumentos.



Figura 1: Panel de control moderno, para plantas eléctricas FG Wilson.
Fuente: Pagina Web FG Wilson.

El costo de los paneles de control originales es elevado (de existir en el mercado), por ser equipos producidos por el fabricante de forma exclusiva para sus plantas eléctricas, y están sujetos al representante comercial de la marca para su adquisición, en cambio un nuevo diseño de control, permite un abanico de nuevas posibilidades, pudiendo incidir en la reducción del costo, facilitar su adquisición y mejorar las características del diseño actual.

Modificar los parámetros de operación y valores de variables de entrada, es posible con la utilización de un nuevo diseño de control, por ejemplo, en el caso de tener que sustituir un sensor de temperatura con diferentes características del sensor original del grupo electrógeno. La automatización industrial no escapa a las plantas eléctricas, La necesidad de control y monitoreo a distancia de este grupo electrógeno es un factor más en la modernización del mismo a través del nuevo diseño de control, ya que el panel de control original no posee esta característica.

Factibilidad y Limitaciones.

Dado la gran capacidad, versatilidad, practicidad, funcionalidad y economía que se puede obtener con un nuevo diseño de control, son pocas las limitaciones para su uso como control eléctrico del grupo electrógeno. Dependiendo del diseño de control, se puede obtener todos los requisitos necesarios para su funcionalidad como panel de control de la planta eléctrica. Las condiciones del propietario o usuario del grupo electrógeno, con respecto al uso de otra tecnología a la instalada a la marca original, pudiesen oponerse a utilizar un nuevo diseño de control; estaría a su consideración la aprobación del mismo. No se puede obviar la necesidad de un personal técnico calificado para la realización del diseño, adaptación e instalación del nuevo control, siendo también un elemento limitante para la propuesta del nuevo diseño de control para el grupo electrógeno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

En éste capítulo se desarrollan los antecedentes y bases teóricas relacionadas con el problema planteado, con la finalidad de constituir el marco teórico y sustentar el tema en estudio del Proyecto Especial de Grado, siendo fundamental para lograr los objetivos del mismo.

De esta manera puede entenderse que dicho marco contiene una variedad de elementos conceptuales que busca dar base a la investigación realizada, generando así una referencia generalizada del tema a tratar, proporcionando un conocimiento de las teorías que le dan significado a la investigación.

Antecedentes.

Acuña (2012). “Modernización de la Arquitectura del Sistema de Supervisión de la Casa de Máquinas I, de la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar”. Se diseñó la nueva arquitectura del sistema de supervisión de la Casa de Máquinas I, donde se buscaba implementar un software SCADA para la supervisión provisional del tablero de control de la unidad de generación. Se generó lista de componentes necesarios para la recolección de los parámetros operativos y datos generados con todos los elementos de los diferentes procesos supervisados de la Casa de Máquinas I. De este trabajo se extrajo la metodología aplicada para la recolección de parámetros del grupo electrógeno.

(Guillén y Maya, 2017). “Modernización del Sistema de Control para la Generación y Distribución de Vapor en la Clínica Novaclinica Santa Cecilia S.A.” Levantamiento de información del sistema de generación y distribución de vapor, funcionamiento del sistema y análisis. Interfaz humano-máquina para liberar al operador de una supervisión personal constante de cada proceso. Modernización en el sistema de control de cada proceso. De este trabajo, se utilizó los pasos necesarios para elaboración de la interfaz de operación del grupo electrógeno.

(Fernández, Duarte, 2015). “Automatismo para el monitoreo y control de un grupo electrógeno con arranque eléctrico”. El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema automático para el monitoreo de variables y el control sobre un grupo electrógeno trifásico con arranque eléctrico. Con la ayuda de este trabajo, se estableció el método para el monitoreo y control del grupo electrógeno.

Bases Teóricas.

Para el diseño de un control para un grupo electrógeno, se requiere de la descripción y el funcionamiento de las partes de la planta eléctrica. La teoría de control, es otra faceta importante a estudiar para el diseño del nuevo control en la planta eléctrica. Por último, no se puede dejar de mencionar las características y funcionamiento del control a utilizar para la automatización del grupo electrógeno, que para la propuesta de este trabajo, es un micro PLC.

Para la realización de las bases teóricas se utilizó un compendio de literaturas y trabajos referentes a los grupos electrógenos, los diseños de control, y los micros PLC's, donde se describen sus variantes y características.

Grupos Electrógenos.

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico. Generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas. Otro caso sería en locales de pública concurrencia: hospitales, fábricas, etc., lugares en los que la energía eléctrica de red es insuficiente o poco confiable y es necesaria otra fuente de energía alterna para abastecerse.

Elementos que Constituyen un Grupo Electrónico.

Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes: Motor: El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existe tres tipos de motores: motores de gasolina, de gas y de gasoil (diésel). Generalmente los motores diésel son los más utilizados en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas. (Ver figura 2).



Figura 2: Motores de combustión diesel, gasolina / gas.
Fuente: Imágenes de motores de internet.

Regulación del motor: El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida, (Ver figura 3).



Figura3: Reguladores de motores de combustión diesel, gasolina y a gas.
Fuente: imágenes de reguladores de combustible de internet.

Sistema eléctrico del motor. El sistema eléctrico del motor es de 12 V o 24 V, negativo a masa. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, un sistema de ignición, una/s batería/s, y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor, (Ver figura 4).



Figura 4: Sistemas de arranque y encendido convencionales.
Fuente: imágenes de sistemas eléctrico de motores de internet.

Sistema de refrigeración: El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes, (Ver figura 5).

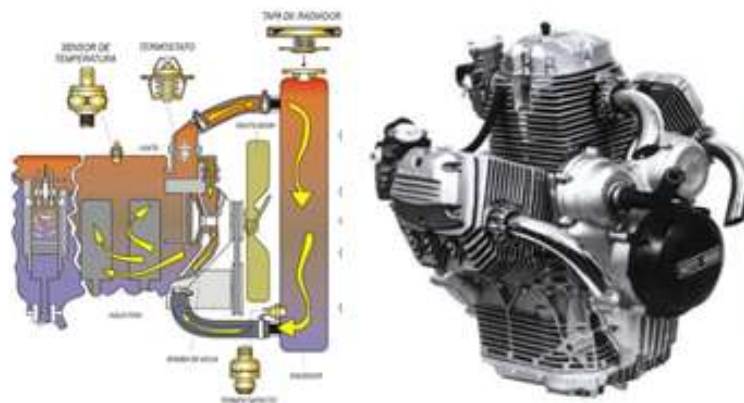


Figura 5: Sistemas de enfriamiento agua y por aire.
Fuente: Imágenes de sistemas de refrigeración de motores de internet.

Alternador: La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, puede ser autoexcitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se

pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores, (Ver figura 6).



Figura 6: Alternador de planta eléctrica con tarjeta reguladora de voltaje.
Fuente: Imágenes de alternadores eléctricos y reguladores de voltaje de internet.

Depósito de combustible y bancada: El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. En algunos equipos la bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga, (Ver figura 7).



Figura 7: Bancada con tanque sub-base de planta eléctrica.
Fuente: Imágenes de bancadas de PP.EE. de internet.

Aislamiento de la vibración: El grupo electrógeno está dotado de tacos anti vibrantes 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.

Silenciador y sistema de escape: El silenciador va instalado al motor para reducir la emisión de ruido, (Ver figura 8).



Figura 8: Silenciador residencial de escape.
Fuente: imágenes de silenciadores de motores de internet.

Sistema de control: Existen una gran cantidad de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo, y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento, (Ver figura 9).



Figura 9: Diferentes marcas de paneles de control de plantas eléctricas.
Fuente: imágenes de paneles de control de PP.EE de internet.

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 electrógeno con control manual. Para grupos electrógenos con control

automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el régimen de salida, (Ver figura 10).



Figura 10: Interruptores de protección.
Fuente: Imágenes de interruptores de internet.

El grupo electrógeno a estudiar en el presente trabajo, es de la marca FG Wilson, modelo: P44E; 48KW/60KVA, (Ver figura 11). Se encuentra ubicado en el tercer nivel de un edificio, en un área abierta, resguardada por un techo, en la sede del Banco Provincial, en el Centro de la ciudad de Valencia, Edo. Carabobo.



Figura 11: Planta eléctrica marca: FG Wilson, modelo: P44E; 48KW/60KVA
Fuente: Autoría propia, 2017.

Sistemas de Control.

El control automático ha desempeñado un papel muy importante en el avance de la ingeniería y la ciencia además de su aporte en la construcción de los vehículos espaciales, misiles teledirigidos y la robótica. Los avances en la teoría y la práctica del control automático ofrecen los fundamentos necesarios para obtener un comportamiento óptimo de los sistemas dinámicos, mejorar u optimizar los procesos con el objeto de obtener mejores resultados y simplificar el trabajo de muchas operaciones manuales rutinarias, así como otras actividades. La Ingeniería de Control se basa en los fundamentos de la teoría de realimentación y análisis de sistemas lineales, integrando la teoría de redes y de comunicación; por esta razón, la teoría de control no está limitada a un área específica de la ingeniería, sino que es aplicable a las ingenierías aeronáutica, civil, química, mecánica y eléctrica, por tanto, analiza la dinámica de todo tipo de sistemas e incrementa el control de los mismos.

La pregunta que se hace comúnmente al iniciar el estudio de la teoría de control es la siguiente: ¿Qué es un sistema de control? Existen muchas definiciones, sin embargo, el concepto usado está basado en los objetivos que se persiguen al tratar de controlar un sistema, para que opere bajo parámetros definidos previamente. Se Define sistema de control, como el conjunto de elementos que funcionan de manera concatenada para proporcionar una salida o respuesta deseada.

Los componentes básicos de un sistema de control pueden ser descritos por: Objetivos de control, Componentes del sistema de control, Resultados o salida, (Ver Figura 12). Los objetivos de control pueden ser identificados como entradas o señales entrantes, los resultados son considerados las salidas o las variables controladas; en general, el objetivo del sistema de control es controlar la salida de manera ordenada actuando los elementos de control sobre la señal de entrada.

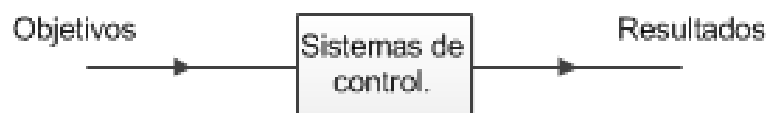


Figura 12: Componentes básicos de un sistema de control.
Fuente: Autoría propia, 2017.

Características de un Sistema de Control.

Los sistemas de control poseen las siguientes características:

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

Señal de corriente de salida: Respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con la respuesta que implicaba la entrada.

Variable Manipulada: Es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada.

Variable Controlada: Es el elemento que se desea controlar.

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

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

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

Clasificación de los Sistemas de Control.

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y a lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida,(Ver Figura 13).

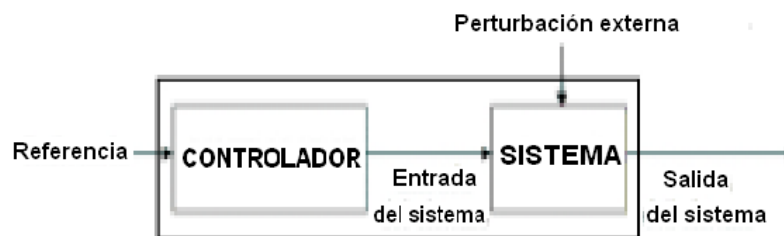


Figura 13: Elementos del sistema de control de lazo abierto.

Fuente: Autoría propia, 2017.

Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes: El primero es la habilidad que éstos tienen para ejecutar una acción con exactitud y está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada; el segundo rasgo es que no tienen el problema de inestabilidad, que presentan los de lazo cerrado.

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la acción de controles en cierto modo depende de la salida,(Ver Figura 14).

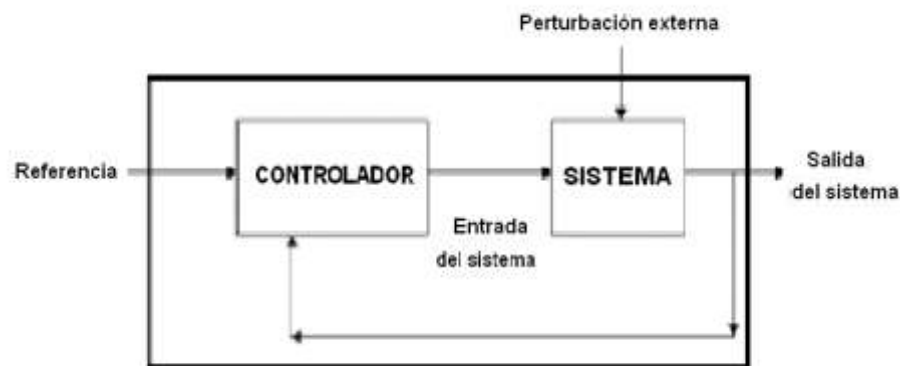


Figura 14: Elementos del sistema de control de lazo cerrado.
Fuente: Autoría propia, 2017.

Los sistemas de control de lazo cerrado se llaman comúnmente sistemas de control realimentación (o retroacción).El lazo de control realimentado simple sirve para ilustrar los cuatro elementos principales de cualquier lazo de control, (Ver Figura 15).La retroalimentación es una característica importante y exclusiva de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de causas y efectos entre las variables del sistema. Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, éste puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.

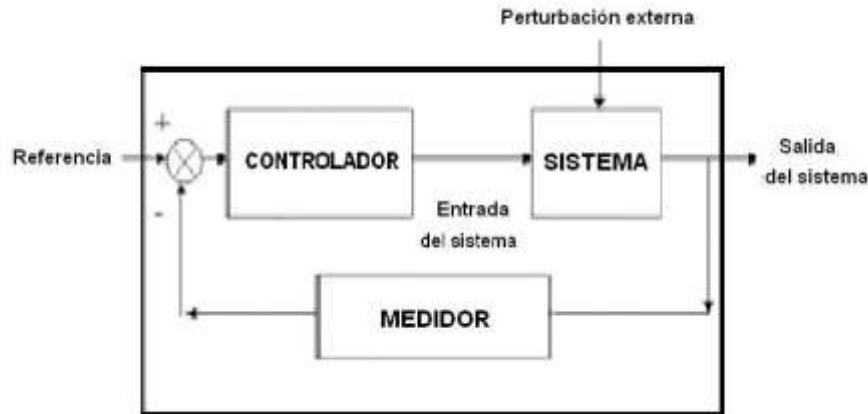


Figura 15: Elementos principales del sistema de control de lazo cerrado simple
Fuente: Autoría propia, 2017.

Elementos de un Sistema de Control Automático.

El sistema de control va a actuar independiente del operario y va a determinar por sí mismo los mejores valores para las señales de control. Para ello se contará con una referencia, que es un valor dado por el operario, este valor es fijo y depende del tipo de proceso y de las exigencias que este amerite; es conocido como set-point, este valor es el que se desea alcanzar y mantener.

CONTROLADOR: Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error (diferencia entre valor medido y deseado), para luego actuar a fin de corregir este error. Tiene por objetivo elaborar la señal de control que permita que la variable controlada corresponda a la señal de referencia. Los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, electrónico; los controladores electrónicos más usados son: computadoras con tarjetas de adquisición de datos, PLC(controladores lógicos programables), micros controladores (PIC).

El tipo de controlador más común es el PLC, el cual es un equipo electrónico basado en microprocesadores, hace uso de memorias programables y regrabables (RAM), en donde se almacenan instrucciones a manera de algoritmos que van a permitir seguir una lógica de control. Contiene interfaces que le permiten manejar gran número de entradas y salidas tanto analógicas como digitales.

ACTUADOR: Es aquel equipo que sirve para regular la variable de control y ejecutar la acción de control, es conocido como elemento final de control, estos pueden ser de 3 tipos: Eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

PROCESO: Está referido al equipo que va a ser automatizado, por ejemplo puede ser una bomba, tolva, tanque, compresor, molino, intercambiador de calor, horno, secador, caldera, etc.

SENSOR: Es un elemento de medición de parámetros o variables del proceso. Los sensores pueden ser usados también como indicadores, para transformar la señal medida en señal eléctrica. Los sensores más comunes son los de nivel, temperatura, presencia, proximidad, flujo, presión, entre otros. Pueden ser de varios tipos: Se Sensores de contacto, Sensores de no contacto, Sensores digitales, Sensores analógicos, Sensores mecánicos, Sensores electro-mecánicos.

Métodos de Control

Métodos Clásicos

Los métodos de control clásico son aquellos que esperan a que se produzca un error para luego realizar una acción correctiva. Los métodos de control clásico pueden ser:

CONTROL ON-OFF: Este método solo acepta dos posiciones para el actuador: encendido (100%) y apagado (0%). La lógica de funcionamiento es tener un punto de referencia, si la variable es mayor el actuador asume una posición, y si la variable es menor el actuador asume la otra posición.

CONTROLADOR PROPORCIONAL (P): Es un control que se basa en la ganancia aplicada al sistema, se basa en el principio de que la respuesta del controlador deber ser proporcional a la magnitud del error. No corrige ni elimina perturbaciones, puede atenuar o aumentar la señal de error.

Se representa a través del parámetro K_p y define la fuerza o potencia con que el controlador reacciona frente a un error.

CONTROLADOR INTEGRAL (I): Conocido como RESET. Este tipo de controlador anula errores y corrige perturbaciones, mediante la búsqueda de la señal de referencia, necesita de un tiempo T_i para localizar dicha señal. Se representa mediante el término K_i que es el coeficiente de acción integral y es igual a $1/T_i$.

CONTROLADOR DERIVATIVO (D): Conocido como RATE. Este controlador por sí solo no es utilizado, necesita estar junto al proporcional y al integral. Sirve para darle rapidez o aceleración a la acción de control. Necesita de una diferencial de tiempo T_d para alcanzar la señal de referencia, se representa mediante el término K_d que es el coeficiente de acción derivativa y es igual a $1/T_d$.

CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL (PI): Actúa en forma rápida, tiene una ganancia y corrige el error, no experimenta un offset en estado estacionario. Función de Transferencia: $K_p + 1/sT_i$.

CONTROLADOR PROPORCIONAL-DERIVATIVO (PD): Es estable, y reduce los retardos, es decir es más rápido. Función de transferencia: $K_p + sT_d$.

CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVO (PID): Este controlador es el más completo y complejo, tiene una respuesta más rápida y estable siempre que esté bien sintonizado.

Resumiendo se puede decir que - El control proporcional actúa sobre el tamaño del error.- El control integral rige el tiempo para corregir el error. El control derivativo le brinda la rapidez a la actuación. Función de Transferencia: $K_p + 1/sT_i + sT_d$.

Métodos de Control Moderno

Los métodos de control moderno brindan nuevas técnicas que permiten ya sea compensar el error y/o eliminarlo, los más comunes son las siguientes:

CONTROL ANTICIPATORIO (Feedforward): Este método permite al controlador analizar los datos de entrada y de salida y mediante algoritmos matemáticos calculará la próxima salida probable, de modo tal que autoajusta sus parámetros con la finalidad de adecuarse al cambio, y minimizar la diferencia de medidas. Se recomienda para procesos lentos. Su desventaja radica en que es necesario medir todas las variables perturbadoras, ya que no corrige las perturbaciones no medidas.

Se puede mejorar este método agregando una retroalimentación a la salida, de modo tal que se deje que se produzca un error mínimo, el cual será detectado y corregido en la siguiente medición.

COMPENSADORES ADELANTO-ATRASO: Este método permite realizar un control en el dominio de la frecuencia, en el cual se busca compensar la fase del sistema, agregando (adelanto) o quitando (atraso) fase, para lo cual se agrega nuevos componentes o nuevas funciones matemáticas al sistema. Se puede poner cuantos compensadores sean necesarios a fin de llevar la respuesta del sistema a un valor deseado. Compensador en Adelanto: $G_{\text{adelanto}} = (1 + \alpha \cdot T \cdot s) / (1 + T \cdot s)$. Compensador en Atraso: $G_{\text{atraso}} = (1 / \alpha) \cdot G_{\text{adelanto}}$. Donde: “ α ” condiciona la fase máxima, $\text{Seno (fase)} = (\alpha - 1) / (\alpha + 1)$. “ T ” indica la frecuencia de trabajo, Frecuencia central = $1/(T^*)$.

REALIMENTACIÓN DE ESTADOS: Este método permite ejercer una acción de control mediante el muestreo de cada uno de los estados (del modelo en espacio estado del sistema), atribuyéndole una ganancia a cada uno de los valores leídos, de este modo el lazo de control es cerrado por medio del compensador o controlador de estados y no por el sensor. La Ley de control está dada por la expresión $u = -K \times X$, donde: u es la señal de control, K es el vector de ganancia de estados, y X es el vector de estados medidos del sistema. El vector K puede hallarse fácilmente usando Matlab, con el comando `acker` y también con el comando `place`.

SISTEMAS DE SEGUIMIENTO: Este método también es conocido como tracking, es un complemento del método anterior, puesto que mediante el control por realimentación de estados se puede llevar la variable controlada a un valor de cero (porque no se cuenta con una referencia), con este método se podrá llevar a la variable dada a un valor deseado, puesto que se incorpora una referencia en el sistema.

La señal de control estará dada por: $u = -K \times X + K_i \cdot \text{ref}$. Donde “ K_i ” es la ganancia correspondiente al estado o estados que se quiere seguir, y “ref” es la referencia o set point que se desea alcanzar.

FEEDBACK LINEALIZATION: Debido a que los procesos reales no cuentan con modelos lineales que los representan, es necesario el uso de controladores no

lineales. Este método es conocido como control con modelo de referencia, utiliza la Teoría de Lyapunov para determinar la estabilidad del sistema, y el modelo matemático está dado en la forma espacio estado.

Métodos de Control Avanzado

Los métodos de control avanzado son aquellos que actúan en forma preventiva, de modo tal que en base a los datos tomados, actúan de modo tal que previenen la ocurrencia de error, por tanto el controlador está ajustando sus parámetros constantemente.

CONTROL ADAPTATIVO: Es una variante del control anticipatorio, en donde la respuesta del controlador varía automáticamente basado en los cambios de las condiciones dentro del proceso, es decir, la respuesta del controlador será variable dependiendo del comportamiento actual del proceso.

CONTROL OPTIMAL: El control optimal busca la performance en la acción de control, tiene por objetivo buscar una o varias soluciones que cumplan con ciertas restricciones impuestas por el problema y que a la vez cumpla con una función objetivo (función de costo), la cual puede ser maximizar o minimizar dicha función. El control permite diversas soluciones para un mismo problema, pero el control optimal busca dentro de esas soluciones la más adecuada para cumplir con los requisitos planteados.

CONTROL ROBUSTO: El control robusto es aquel que va a permitir mantener la acción de control pese a perturbaciones externas e internas. El control robusto se resume a identificar y controlar la incertidumbre en los parámetros y en el comportamiento.

CONTROL EN TIEMPO REAL: Se refiere al control realizado en un intervalo de tiempo finito y constante, es decir que la información será censada con muestras intermitentes pero todas las veces con un mismo tiempo de muestreo. Con este tipo de control se puede realizar varias actividades en paralelo, ejecutar tareas en respuesta a señales externas, deben funcionar en presencia de fallos o averías parciales, entre otras características.

CONTROL DIFUSO: Se basa en la lógica difusa, la cual a diferencia de la lógica binaria o booleana (verdadero / falso ó 1 / 0), asigna valores intermedios dentro de esta escala. Utiliza la experiencia del operador para generar una lógica de razonamiento para el controlador. Sus algoritmos (reglas) hacen uso de instrucciones IF... THEN.

CONTROL NEURONAL: Hace uso de neuronas de inteligencia artificial. La neurona artificial estándar es un elemento de procesamiento que calcula una salida multiplicando su vector de entradas por un vector de pesos y este resultado es aplicado a una función de activación; un conjunto de neuronas conforman una red neuronal. Se caracterizan por su capacidad de aprendizaje, su velocidad mediante el procesamiento masivo en paralelo de datos y por la facilidad de modelado de sistemas y controladores no lineales. Se aplican para la representación de comportamientos de funciones lineales y no lineales, identificación de sistemas, reconocimiento de formas, reconstrucción de datos, simulación de modelos, etc.

ALGORITMOS GENÉTICOS: Este método simula la evolución natural de las especies de Darwin. La información va sufriendo cambios igual que lo harían las especies, lo cual se lleva a cabo por medio de los procesos de selección natural, mezcla, y mutación. En cada ciclo (iteración) una parte del conjunto de hipótesis conocido como población actual, es reemplazado por una nueva población mediante las funciones evolutivas anteriores. Así sucesivamente en cada ciclo la población es evaluada en base a una función evolutiva, siendo conservados los datos más exactos, y siendo eliminados los datos que presentan error (selección natural).

SISTEMAS EXPERTOS: Estos sistemas tratan de emular la experiencia adquirida por uno o más seres humanos a lo largo del tiempo para realizar un trabajo. Este sistema tendrá en su memoria una base de datos con múltiples soluciones a un mismo problema, luego el sistema tendrá que escoger de entre esas soluciones a la que pueda aplicarse a fin de lograr los mejores resultados.

Etapas de la Realización de un Sistema de Control.

Para la realización de un sistema de control se puede establecer las siguientes etapas:

Análisis del sistema que se quiere controlar: objetivos de control, ¿Qué se quiere regular? Variables de referencia. ¿Qué hay que medir? Variables de salida. ¿Qué se puede manipular? Variables de control. ¿Perturbaciones? ¿Situaciones peligrosas? ¿Procedimientos de arranque y parada?

Establecer la estructura de regulación: Especificar que variables se van a realimentar y que variables se van a manipular para lograr los objetivos de control.

Seleccionar, diseñar y sintonizarlos reguladores seleccionados: La correcta ejecución de este paso es función de haber establecido antes los criterios de control.

Un correcto diseño de los reguladores puede requerir el disponer de un modelo lineal del proceso a controlar. Así una etapa previa es el desarrollo de un modelo matemático adecuado para los fines de control.

Evaluar el diseño del sistema de control, utilizando técnicas de simulación dinámica.

Automatización.

Siguiendo con las bases teóricas requeridas para el estudio de la propuesta del diseño de control para un grupo electrógeno, se estudiará lo relacionado con el automatismo requerido, que para la propuesta, está basado en la utilización de un micro PLC.

¿Que es automatización? Se entiende por automatización al uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales. Uno de los sistemas o dispositivos más utilizados para la automatización, son los PLC (Programadores Lógicos de Control).

Desarrollo de los Programadores Lógicos de Control en la Industria.

El desarrollo de los Programadores Lógicos de Control PLC's, tiene su origen por los requerimientos de los fabricantes, de abaratar los costos y simplificar el

reemplazo de los sistemas accionados por relevadores y el complejo tramado de su cableado, siendo la industria automotriz la principal demandante.

En relación con el desarrollo de los Programadores Lógicos de Control, Wikipedia señala:

Los primeros PLC fueron diseñados para reemplazar los sistemas de relés lógicos. Estos PLC fueron programados en lenguaje llamado Listado de instrucciones con el cual las órdenes de control se le indicaban al procesador como un listado secuencial de códigos en lenguaje de máquinas. Luego para facilitar el mantenimiento de los sistemas a controlar se introdujo un lenguaje gráfico llamado lenguaje Ladder también conocido como diagrama de escalera, que se parece mucho a un diagrama esquemático de la lógica de relés. Este sistema fue elegido para reducir las demandas de formación de los técnicos existentes. Otros autómatas primarios utilizaron un formulario de listas de instrucciones de programación. (wikipedia.org, 2013)

Funciones de los programadores Lógicos de Control.

En relación con las funciones de los Programadores Lógicos de Control, Wikipedia señala:

La función básica y primordial del PLC ha evolucionado con los años para incluir el control del relé secuencial, control de movimiento, control de procesos, sistemas de control distribuido y comunicación por red. Las capacidades de manipulación, almacenamiento, potencia de procesamiento y de comunicación de algunos PLCs modernos son aproximadamente equivalentes a las computadoras de escritorio. Un enlace-PLC programado combinado con hardware de E/S remoto, permite utilizar un ordenador de sobremesa de uso general para suplantar algunos PLC en algunas aplicaciones. En cuanto a la viabilidad de estos controladores de ordenadores de sobremesa basados en lógica, es importante tener en cuenta que no se han aceptado generalmente en la industria pesada debido a que los ordenadores de sobremesa ejecutan sistemas operativos menos estables que los PLCs, y porque el hardware del ordenador de escritorio está típicamente no diseñado a los mismos niveles de tolerancia a la temperatura, humedad, vibraciones, y la longevidad como los procesadores utilizados en los PLC. Además de las limitaciones de hardware de lógica basada en escritorio; sistemas operativos tales como Windows no se prestan a la ejecución de la lógica determinista, con el resultado de que la lógica no siempre puede

responder a los cambios en el estado de la lógica o de los estado de entrada con la consistencia extrema en el tiempo como se espera de los PLCs. Sin embargo, este tipo de aplicaciones de escritorio lógicos encuentran uso en situaciones menos críticas, como la automatización de laboratorio y su uso en instalaciones pequeñas en las que la aplicación es menos exigente y crítica, ya que por lo general son mucho menos costosos que los PLCs. (wikipedia.org, 2013)

Ventajas y Desventajas de Los Programadores Lógicos de Control.

Entre las ventajas que los Programadores Lógicos de Control poseen, se encuentra el ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos. La modificación de arreglos eléctricos o modificaciones sin costos adicionales. El ahorro de espacio por su tamaño reducido, en comparación con la lógica de Relé. El bajo costo en mantenimiento permitiendo ahorrar dinero en mano de obra. La posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Son pocas las desventajas que ofrecen estos equipos, pero entre las más destacadas son: su elevado costo en comparación con lógicas de relé, y la necesidad de personal calificado para su programación e instalación.

En la actualidad, los PLC controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, incluyendo también, operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores PID (Proporcional, Integral y Derivativo).

Micro PLC (relé lógico programable PLR)

Unos pequeños productos llamados relés lógicos programables (PLR), y también por otros nombres similares (Micro PLC, Logo, Micrologix, otros), se han vuelto más comunes y aceptados en estos últimos años. Son muy similares a los PLC, y se utilizan en la industria ligera, donde sólo unos pocos puntos de entrada/salida (es decir, unas pocas señales que llegan desde el mundo real y algunas que salen) están involucrados, y el bajo costo es deseado. Estos pequeños dispositivos se hacen típicamente en un tamaño físico y forma común por varios fabricantes, y con la marca de los fabricantes más grandes de PLCs para completar

su gama baja de producto final. A diferencia de los PLCs regulares que son generalmente modulares y ampliables en gran medida, los PLRs son por lo general no modulares o limitados en su expansión, pero su precio puede ser dos órdenes de magnitud menos de un PLC y todavía ofrecen un diseño robusto y de ejecución determinista de la lógica.

Definición de Términos.

Binarias: Que está compuesto de dos elementos. Que está en un sistema de numeración de base dos.

Autómata: Máquina automática programable capaz de realizar determinadas operaciones.

Lógica: Método o razonamiento en el que las ideas o la sucesión de los hechos se manifiestan o se desarrollan de forma coherente y sin que haya contradicciones entre ellas.

Programa: Proyecto o planificación ordenada de las distintas partes o actividades que componen algo que se va a realizar.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de Investigación.

Entre los conceptos escogidos de investigación para la elaboración de este trabajo, se han seleccionados los siguientes: “Genéricamente, la investigación es una actividad del hombre orientada a descubrir algo desconocido.” (Sierra Bravo, 1991, p.27).

“Una investigación puede definirse como un esfuerzo que se emprende para resolver un problema, claro está, un problema de conocimiento.” (Sabino, 2002, p. 34).

“Se define la investigación como una actividad encaminada a la solución de problemas. Su objetivo consiste en hallar respuestas a preguntas mediante el empleo de procesos científicos.” (Cervo y Bervian, 1989, p. 41).

Basado en estos conceptos, la investigación implica el descubrimiento de algún aspecto de la realidad, La producción de un nuevo conocimiento, el cual puede estar dirigido a incrementar los postulados teóricos de una determinada ciencia; o puede tener una aplicación inmediata en la solución de problemas prácticos (investigación aplicada). La investigación debe estar presente cuando se pretende arribar a un diagnóstico de necesidades, o cuando el objetivo es probar la efectividad del plan, programa o proyecto. “La investigación científica es un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas científicas, mediante la producción de nuevos conocimientos, los cuales constituyen la solución o respuesta a tales interrogantes” (Arias, 2012, p. 22).

“El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (Arias, 2012, p. 23). Entre los niveles de investigación se encuentran: Exploratorios; explicativos; descriptivos; siendo este último, el que mejor se adapta a la elaboración de este trabajo.

El diseño de la investigación, según Fideas G. Arias: “El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado.

En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental” (Arias, 2012, p. 27).

El tipo de investigación es proyectiva y está enmarcado en la modalidad de propuesta, orientada según el método de recolección de datos documentales, con un enfoque cuantitativo, y descriptivo. En una forma técnica se aplicará un plan estratégico de planificación, programación y diseño, elaborado por un especialista que cumpla con los requisitos y conocimientos adecuados para ponerla en práctica.

De acuerdo a lo expresado, Hurtado (2008) señala:

Consiste en la elaboración de un plan, un programa o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo. (p.60)

El “Manual para la Elaboración, Inscripción, Presentación y Defensa del Trabajo Especial de Grado, Trabajo de Grado y Tesis Doctoral de la Universidad José Antonio Páez”, indica:

Las investigaciones tecnicistas o proyectivas: Son investigaciones aplicadas que se encuentran dirigidas a encontrar soluciones a problemas prácticos o necesidades sentidas por un grupo, una institución u organización de orden social, educativo, económico, cultural u otra, a través de la elaboración de un plan, estrategia, programa, diseño o tecnología producto original o adaptado por el investigador. Cumplen con el ciclo planificación-producción-función. Entre las investigaciones tecnicistas o proyectivas se tienen:

Propuestas: Son proyectos para resolver problemas fundamentados en la experiencia del investigador. No requieren un diagnóstico sistemático (puede hacerse si se amerita), ni de la participación de entes involucrados, son producto de expertos y requiere de una planificación. Entre ellas: Planes operativos y/o de Mercadeo, elaboración de manuales de normas y/o de procedimientos, creación de programas, otros. (Arocha, Lugo, Useche y Páez, 2014, p. 10)

Población y Muestra

El objeto de estudio (Grupo electrógeno de la agencia del banco Provincial Valencia centro) es único por poseer una población y muestra censal.

Método de Recolección de Datos

El método de recolección de datos utilizados para esta propuesta está basado en la investigación documental, aplicando métodos de observancia descriptivos y cuantitativos.

Investigación Documental: las investigaciones documentales abordan problemas desde un nivel teórico con el propósito de analizar los diversos fenómenos de la realidad (históricos, psicológicos, sociológicos, pedagógicos, y otros) a través de la indagación sistemática, exhaustiva y rigurosa de material documental para extraer los datos a analizar. Es el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar en conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales y/o electrónicos. Pueden ser cualitativas o cuantitativas. La originalidad del estudio debe reflejarse en el enfoque que se le brinde, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones y recomendaciones; se hará una exposición en torno a la fundamentación teórica, la metodología empleada y los aportes más significativos del trabajo y, en general, en el pensamiento del autor (UPEL, 2006). Incluye documentos escritos y de otra naturaleza como son: memorias, libros, anuarios, cartografías, biografías, archivos oficiales y/o privados, misivas, e-mail, prensa escrita y/o electrónica, datos estadísticos o numéricos, videos, películas, grabaciones de audio y/o imagen, entre otros. (Arocha, Lugo, Useche y Páez, 2014, p. 5)

Sobre el análisis e interpretación de estos datos, los mismos autores de la cita anterior comentan en el anexo O: "El análisis e interpretación de resultados se hará para establecer el diagnóstico o necesidad del proyecto. En caso de no realizarse un diagnóstico con instrumentos este capítulo no es necesario, si se establece la necesidad en el Capítulo III". (Arocha, Lugo, Useche, Páez, 2014, p.77)

Necesidad de la Propuesta

El Banco Provincial, institución financiera, es una de las tantas entidades bancarias que posee grupos electrógenos con sistema de respaldo eléctrico. Tiene trescientos diecisiete (317) agencias a nivel nacional, de las cuales el 85% poseen respaldo eléctrico a través de grupos electrógenos. La agencia “Valencia Centro”, ubicada en el centro de Valencia, es una de ellas, tiene una planta eléctrica de 60 KVA, la cual presenta deterioro y fallas en su panel de control, y es necesario el reemplazo del mismo para garantizar la operatividad de este grupo electrógeno, siendo esto el objeto de estudio de este trabajo.

En el desarrollo de la propuesta, se procederá a hacer una investigación para comparar las posibles alternativas que se pueden utilizar para solventar el problema. Una vez realizado el estudio pertinente a las características necesarias requeridas por el nuevo diseño de control, se determinará la marca y modelo a proponer del Programador Lógico de Control (PLC) como sustituto del panel de control de la planta eléctrica.

CAPÍTULO IV LA PROPUESTA

Introducción

Como puede apreciarse en la figura 16, se muestra una vista frontal del sistema de control del grupo electrógeno, perteneciente al Banco Provincial agencia Valencia Centro, en el mismo se observa su estado actual. En esta sección, se diagnosticará las condiciones del panel de control y las variables que lo integran. Además, se considerarán las factibilidades operativas, técnicas y económicas, así como, el espacio de aplicación que se puede obtener con este nuevo diseño, para lograr formular la propuesta que mejor se adapte como sustituto para el panel de control del grupo electrógeno.



Figura 16: Estado actual del panel de control planta eléctrica FG Wilson.
Fuente: Autoría propia, (10-2017)

Justificación

La oficina “Valencia Centro” del Banco Provincial inaugurada en el año 1998, tiene 22 años prestando servicios a sus clientes. La planta eléctrica que respalda a esta oficina, fue instalada 2 años posteriores a la fecha de inicio de actividades de esta agencia, y está ubicada en la planta superior, con exposición directa al ambiente. El grupo electrógeno en cuestión, ha sido reparado en diversas oportunidades en lo que concierne a fallas menores (Motor de arranque, cambio de baterías), pero la incidencia de las condiciones ambientales (el sol y la lluvia), y la manipulación de su panel de control, ha generado daños como la decoloración de instrumentos, oxidación, fractura de perillas, y averías de componentes por tiempo de operación. La planta eléctrica aunque se encuentra operativa, sus condiciones no son las ideales para prestar el servicio, ya que no garantiza el correcto funcionamiento por los daños que posee, como son, la falla de los medidores de presión de aceite y voltaje de batería; la iluminación del panel no funciona, y el deterioro producido por la incidencia de los rayos solares, no permiten visualizar la lectura de los indicadores de voltaje y amperaje y sus conmutadores no funcionan. Reponer por completo el panel de control no es una opción, ya que es obsoleto, está discontinuado y no se consiguen sus repuestos. Un diseño de un nuevo control está plenamente justificado.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar el controlador para un grupo electrógeno basado en controlador lógico programable.

Objetivos Específicos.

Diagnosticar el estado actual del panel de control del grupo electrógeno.

Caracterizar el panel de control del grupo electrógeno y las variables que la integran.

Diseñar un control para el grupo electrógeno, de acuerdo a las necesidades del sistema.

Factibilidades

La disponibilidad física de un taller, el personal técnico calificado, los insumos requeridos, recursos técnicos, equipos y maquinarias, así como, los recursos económicos, y la relación costo beneficio, son objetos de estudio en esta sección para realizar la tarea de diseñar el nuevo panel de control para el grupo electrógeno.

Factibilidad Operativa

La infraestructura requerida para albergar el grupo electrógeno (en caso tal, que se desee realizar el diseño de control en un taller), debe cumplir con los estándares de los talleres medios de reparaciones de maquinarias. Se necesita un personal especializado en las áreas de ingeniería eléctrica con conocimientos en equipos de automatización, manejo y programación de programadores lógicos para la configuración del controlador; un técnico metal mecánico para la adaptación del nuevo panel de control y sus accesorios; y un técnico eléctrico para el cableado y conexión de las partes eléctricas involucradas. La consecución de los controladores y accesorios requeridos, no representará mayor problema, debido a que en el mercado nacional e internacional, se dispone de proveedores de controladores de diferentes marcas.

Factibilidad Técnica

El taller debe poseer las maquinarias necesarias para la movilización de la planta eléctrica, tanto en el sitio de operación como en las instalaciones del taller. Es necesario poseer las herramientas para la instalación, instrumentos de medición y

calibración y demás equipos que se requieran para los componentes que se van a incorporar a la planta eléctrica. Existe la opción de ejecutar la instalación del nuevo diseño de control *"In Situ"*, (en el lugar donde se encuentra operando la planta eléctrica), esto permitiría un ahorro considerable, y disminución del tiempo de entrega. Todas estas condiciones son factibles a realizar para la ejecución de esta propuesta.

Factibilidad Económica

La disponibilidad económica para la adquisición del micro programador lógico de control (PLC), su instalación y programación, así como, del resto de los insumos y accesorios para el nuevo diseño no representa ningún problema. La institución Banco Provincial dispondrá de una partida asignada para la ejecución del proyecto. Además, una relación costo beneficio, así como, un análisis precios unitarios, forman parte de este trabajo, permitiendo comparar precios con otras alternativas y tener un estimado del costo del nuevo diseño.

En el (cuadro 1), se aprecian controladores de plantas eléctricas de diferentes marcas, donde se compara sus precios y beneficios. Estos controladores son dispositivos fabricados específicamente para el manejo de plantas eléctricas, con la excepción del micro PLC LOGO!8, que es un programador lógico de control, utilizado en el mercado industrial y manufacturero, y escogido para ser comparado con otros controladores para poder establecer la diferencia de precios entre ellos.

Los requerimientos técnicos necesarios para escoger un controlador de un grupo electrógeno, son similares entre la gran cantidad de controles de plantas eléctricas que existen en el mercado, variando sus precios por los atributos que posea. Sus funciones básicas son: Encendido y apagado del grupo electrógeno en las formas manual, y remota; indicación y control de los parámetros críticos de un motor, como lo son su temperatura y presión de aceite; medición de los parámetros de voltaje y corriente producido por el alternador; entre otros.

Cuadro 1: Comparación de paneles de control para PP.EE.

Marca	Modelo	Precio \$	Beneficio
SmartGen	HGM6320D	300,00	Cumple con los requisitos como controlador para la PE sujeta al estudio, excepto la comunicación de datos.
DSE	DSE 7410	1.766,00	Cumple con los requisitos como controlador para la PE sujeta al estudio, excepto la comunicación de datos.
Olympian	PowerWizard 2.1 Digital Controller 917-488	1.766,00	Cumple con los requisitos como controlador para la PE sujeta al estudio.
FG Wilson	PoweWizard 1.1	1.100,00	Cumple con los requisitos como controlador para la PE sujeta al estudio, excepto la comunicación de datos.
Siemens	LOGO8+Display+módulos de expansión A/D	488,60	Cumple con los requisitos como controlador para la PE sujeta al estudio.

Fuente: Autoría propia, (10-2018)

Un análisis de precios unitarios para el suministro, e instalación de los componentes requeridos para el nuevo panel de control, basado en un controlador lógico programable, es realizado para su evaluación, (Cuadro 2).

Cuadro 2: Análisis de precios unitarios.

Partida	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Total
1	Suministro de componentes y materiales.	1	SG	372.421,50
2	Adaptación, instalación y programación de componentes y materiales.	1	SG	797.445,12

Partida 1		Suministro de componentes y materiales.		Rendimiento: 1 U.T. 10,85 Bs.	
Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Costo Final Bs	
04	Bono de comida	Bs.	325,50	1.302,00	
01	Traslado	Bs.	970,00	970,00	
03	Honorario Profesional	Bs.	-	-	
Componentes y Materiales					
01	LOGO8 Siemens 6ED1052-1MD00-0BA8	Pza.	9.600,00	9.600,00	
01	Módulo Digital Siemens 6ED1055-1FB00-0BA2	Pza.	6.144,00	6.144,00	
01	Módulo Analógico Siemens 6ED1055-MM00-0BA1	Pza.	12.144,00	12.144,00	
01	Pantalla TD Siemens 6ED1 055-4MH00-0BA0	Pza.	11.200,00	11.200,00	
01	Cable de control TF 16	Rollo	15.000,00	15.000,00	
01	Terminales varios.	Sg.	5.000,00	5.000,00	
Total Materiales:				61.360,00	
Total Unitario Materiales:				61.360,00	
Cantidad	Equipos	Depreciación	Costo	Costo Final Bs	
01	Herramientas Varias	0,3	15.000,00	4.500,00	
01	Camioneta	0,2	1.000.000,00	200.000,00	
Total Equipo:				204.500,00	
Total Unitario Equipos:				204.500,00	
Cantidad	Mano de Obra		Costo	Costo Final Bs	
02	Activador de compras		500,00	1000,00	
01	Supervisor		600,00	600,00	
Total:				1.600,00	
212% Prestaciones Sociales:				3.392,00	
Total Mano Obra:				4.992,00	
Total Unitario Mano de Obra:				4.992,00	
Costo Directo por Unidad Sub-total "A":				270.852,00	
10% Administración y Gastos Generales:				27.085,20	

		Sub-total "B":	297.937,20
Cuadro 2 (cont.)			
		25% Utilidad:	74.484,30
		Precio Unitario Total	372.421,50
		Total Partida:	372.421,50
Partida 2 Adaptación, instalación y programación de componentes y materiales.			
		Rendimiento: 0,33 U.T. 10,85 Bs.	
Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario Costo Final Bs
02	Bono de comida	Bs.	325,50 651,00
00	Traslado	-	- -
03	Honorario Profesional	-	96.000,00 96.000,00
		Total Otros:	96.651,00
		Total Unitario Otros:	96.651,00
Cantidad	Equipos	Depreciación	Costo Costo Final Bs
01	Herramientas Varias	0,3	15.000,00 4.500,00
01	Camioneta	0,15	1.000.000,00 150.000,00
		Total Equipo:	154.500,00
		Total Unitario Equipos:	468.181,82
Cantidad	Mano de Obra		Costo Costo Final Bs
01	Electricista		500,00 500,00
01	Carpintero metalúrgico		500,00 500,00
01	Supervisor		600,00 600,00
		Total:	1.600,00
		212% Prestaciones Sociales:	3.392,00
		Total Mano Obra:	4.992,00
		Total Unitario Mano de Obra:	15.127,27
		Costo Directo por Unidad Sub-total "A":	579.960,09
		10% Administración y Gastos Generales:	57.996,00
		Sub-total "B":	637.956,10
		25% Utilidad:	159.489,03
		Precio Unitario Total	797.445,12
		Total Partida:	797.445,12

Fuente: Autoría propia (10-2018).

El tipo de cambio aplicado para el análisis de precio es de 80 Bolívars soberanos por dólar y un valor de 75 dólares por cada hora de ingeniería, para el mes de octubre 2018.

Ámbito de Aplicabilidad

El nuevo diseño de control, basado en un micro programador lógico de control, además de satisfacer los requerimientos de operatividad, control y monitoreo del grupo electrógeno en cuestión, se podrá utilizar en otras plantas eléctricas de diferentes marcas y potencias. También se debe destacar, que al desincorporar la planta eléctrica, los componentes utilizados para el nuevo diseño de control, podrán ser utilizados en otros diseños como: control de iluminación, control de puertas automáticas, domótica, entre otras aplicaciones para las cuales también fueron creados estos micros programadores lógicos de control.

Diagnóstico del estado actual del panel de control del grupo electrógeno.

Parte de los daños presentados en el panel de control se pueden observar en la figura 12, donde se aprecia la falta de perillas de mando, y el deterioro de los instrumentos de medición.

Al haberse sometido el panel de control a una revisión exhaustiva, se detectó lo siguiente:

El medidor analógico de presión de aceite del motor y el indicador de voltaje del alternador de carga de batería, no funcionan.

Los indicadores LED's de apagado por baja presión de aceite y alta temperatura del motor no encienden, ni interrumpen la operación de la planta eléctrica.

El selector de medición de voltaje está atascado, y no permite ver los valores de voltaje entre las fases.

No está la perilla del selector de medición de corriente del generador, por esto, no se puede saber el nivel de corriente que consume la carga conectada a la planta eléctrica.

El pulsador de parada de emergencia no está presente en el panel de control.

El grupo electrógeno no posee un sistema de comunicación remota de sus parámetros de operación, siendo esto también una de las necesidades a solucionar con el nuevo diseño de control. Las demás funciones del panel de control de la planta eléctrica están operativas; entre ellas encontramos: La operación de encendido manual / remoto; el indicador analógico de temperatura de motor y el medidor analógico de frecuencia.

Caracterización del panel de control del grupo electrógeno y las variables que la integran.

En la planta eléctrica en estudio, como sistema de generación de energía eléctrica, se encuentra integrada por una gran cantidad de sub-sistemas. La gran mayoría de estos se encuentran controlados o monitoreados por el panel de control marca: FG WILSON, de la serie: 1001. A continuación se caracterizarán los sistemas que integran al panel de control de la planta eléctrica.

Características del Panel de Control Serie: 1001

El panel de control, serie: 1001, fabricado por FG Wilson, está constituido por 3 sistemas eléctricos que realizan diferentes tareas concernientes a la operación del grupo electrógeno, monitoreo de los parámetros del alternador y supervisión de la planta eléctrica. Una tarjeta electrónica se encarga del encendido, control y protección del motor y dos circuitos monitorean los valores de funcionamiento de los parámetros del motor y los del alternador acoplado al motor.

Componentes del Panel de Control Serie: 1001

Los elementos y componentes que integran el panel de control, de la serie 1001 se pueden apreciar, (Ver figura 17).

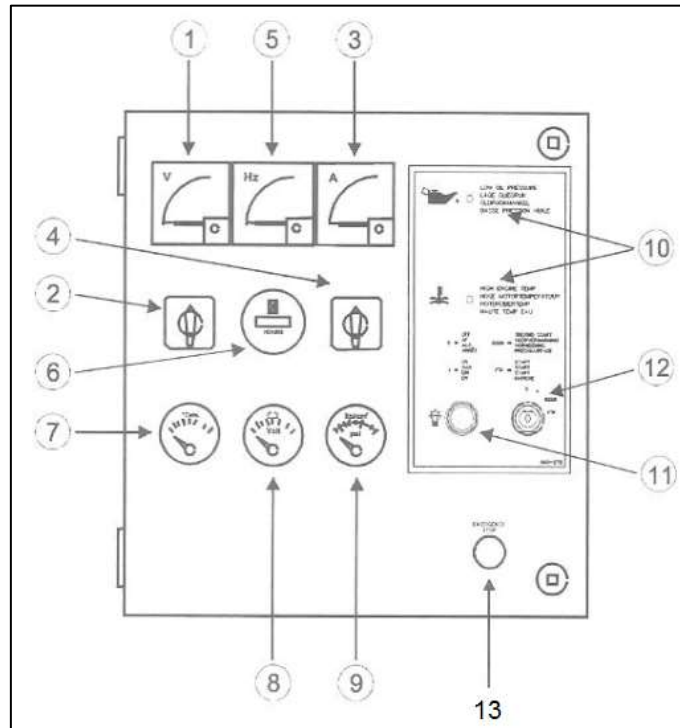


Figura 17: Componentes del panel de control serie: 1001

Fuente: Manual de operaciones y partes de plantas eléctricas FG. Wilson 408-209.

1. VOLTÍMETRO CA. Instrumento que indica el voltaje de corriente alterna (CA) generado en la salida de bornes del alternador. La lectura indicada en él variará dependiendo de la posición del conmutador selector del voltímetro (posición 2).
2. CONMUTADOR SELECTOR DEL VOLTÍMETRO. Conmutador selector que permite al usuario seleccionar la lectura del voltaje entre fases o entre una fase y neutro. La posición DESCONECTADO (OFF) permite comprobar la posición "cero" del voltímetro mientras está funcionando el grupo electrógeno.
3. AMPERÍMETRO CA. Instrumento que indica la corriente eléctrica alterna (CA) que se está suministrando y que depende de la carga conectada a la planta eléctrica. Es posible efectuar una lectura independiente de cada una de las fases utilizando el conmutador selector del amperímetro (Posición4).

4. **CONMUTADOR SELECTOR DEL AMPERÍMETRO.** Conmutador selector que permite al usuario seleccionar una lectura de corriente de cada una de las fases. La posición **DESCONECTADO (OFF)**, permite comprobar la posición "cero" del amperímetro mientras el grupo electrógeno está funcionando.
5. **FRECUENCÍMETRO.** Instrumento que indica la frecuencia de salida del grupo electrógeno. A carga parcial la frecuencia será un poco mayor que la normal, dependiendo de la caída del regulador. En la práctica las frecuencias sin carga son aproximadamente 52 HZ y 62 HZ para 50 Hz y 60 HZ respectivamente, se consideran normales. Las frecuencias caerán, a medida que el grupo entre a plena carga.
6. **CONTADOR DE HORAS DE FUNCIONAMIENTO.** Instrumento que indica el número total de horas de funcionamiento del grupo electrógeno. Con el conocimiento de dichas horas se puede programar el servicio de mantenimiento.
7. **INDICADOR DE TEMPERATURA DEL AGUA DEL MOTOR.** Instrumento conectado a un sensor situado en el motor para vigilar la temperatura del refrigerante del motor. La temperatura normal de funcionamiento debería ser de aprox. 85 °C (185 °F).
8. **VOLTÍMETRO CC DE LA BATERÍA.** Es un instrumento que indica el estado de carga de la batería. Cuando el motor está parado, el voltaje normal de la batería será de 12 a 14 voltios para un sistema de 12 voltios y de 24 a 28 voltios para un sistema de 24 voltios. Si el alternador que carga la batería carga correctamente, la lectura del voltaje siempre será mayor cuando esté en marcha el grupo electrógeno.
9. **MANÓMETRO DE ACEITE DEL MOTOR.** Instrumento que visualiza la presión de aceite del motor desde el momento en que empieza a girar. El valor nominal correcto de la presión de aceite debe ser aprox. de 2,46 a 4,22 kg/cm² (35 a 60 psi) para 50 Hz y de 3,16 a 4,57 kg/cm² (45 a 65 psi) para 60 Hz. Cuando el motor está frío, la presión de aceite será bastante mayor hasta alcanzar la temperatura normal cuando el motor se caliente.
10. **LUCES DE AVISO DE FALLOS.** Luces LEDS, que se iluminan para indicar que el circuito de protección ha detectado la condición que señalan. La lámpara se

ilumina en rojo cuando las condiciones del sistema provoquen el inicio de la parada del grupo electrógeno. En caso de alarmas, la luz puede ser roja o ámbar.

11. PRUEBA DE LÁMPARA. Es un botón para comprobar las luces de fallos y para rearmar la lámpara de aviso de alarma y circuitos, después de que se haya iniciada una alarma.

12. CONMUTADOR DE CONTROL. Conmutador de tres posiciones que proporciona el medio de arrancar y operar el grupo electrógeno.

Posición "O" Desconectado. Posición "I" Manual: Arranque manual de la planta eléctrica. Posición "II" Automático: Arranque automático del grupo electrógeno a través de una señal remota.

13. BOTÓN PARADA DE EMERGENCIA. Pulsador de posición mantenida para detener el grupo electrógeno en caso de emergencia.

Componentes del Módulo Interfaz del Motor

Además del panel de control serie 1001, de FG Wilson, se encuentra otro dispositivo involucrado en la puesta en marcha del grupo electrógeno, es el módulo interfaz del motor EIM por sus siglas en inglés, (Ver Figura18). La descripción de sus partes y funcionamiento ayudará a complementar el funcionamiento del panel de control.

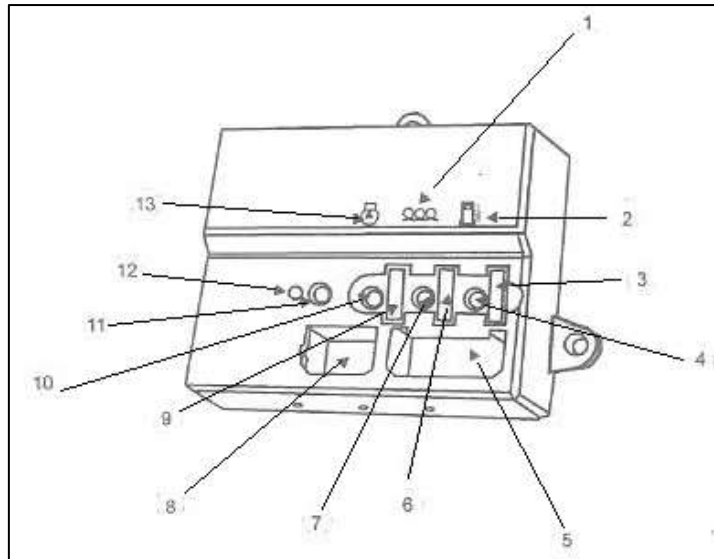


Figura 18: Módulo interfaz del motor de la planta eléctrica FG Wilson.
 Fuente: Manual de operaciones y partes de plantas eléctricas FG. Wilson 408-209.

1. Símbolo de la Bujía de resistencia.
2. Símbolo del Combustible
3. Fusible del Solenoide de combustible.
4. LED del Combustible.
5. Conector principal.
6. Fusible de la bujía de resistencia.
7. LED de la bujía de resistencia.
8. Conector secundario.
9. Fusible del solenoide de encendido.
10. LED de encendido.
11. LED de velocidad.
12. Ajuste velocidad motor.
13. Símbolo de arranque del motor.

El Módulo Interfaz del Motor (EIM) es un módulo sellado, montado en el motor que proporciona relés de interrupción para el Solenoide del Motor de Encendido, las bujías de precalentamiento, y el Solenoide del Combustible, además, posee la capacidad de monitorear la velocidad del motor. Cada uno de estos circuitos está

protegido por fusibles individuales ajustados al módulo. Los LEDs individuales se iluminan cuando cada circuito está activado.

Este módulo está fijado al motor con unas monturas anti vibraciones, y se conecta fácilmente al motor a través de unas clavijas. Los fusibles son del tipo automotor. El uso del EIM significa que las corrientes fuertes como las del Solenoide del Combustible no atraviesen el panel de control haciendo posible la protección individual de cada uno de los circuitos. Además de esto, los LEDs serán de gran ayuda al localizar averías.

Un receptor magnético en el bastidor del volante del motor proporciona la señal de velocidad al EIM. Cuando se percibe una situación de velocidad excesiva o por debajo de lo ajustado, el EIM da la señal al panel de control del grupo electrógeno para detener el motor. El punto de velocidad máxima Y mínima se puede fijar al 10% de la velocidad nominal.

Los LEDs en el módulo corresponden al suministro de Solenoide del Motor de Encendido, al suministro de las bujías (cuando se usen), al suministro de Solenoide del Control de Combustible y paro de velocidad crítica. Cada uno se ilumina para mostrar que el circuito indicado está activado.

Características de las Variables del Panel de Control Serie: 1001.

Para la elaboración del tipo de diseño de control se debe especificar las características técnicas de las variables encontradas en el panel de control a sustituir, con el fin de determinar el mejor controlador lógico que se adapte a los requerimientos del panel de control existente.

Características de las Variables Analógicas de Entrada.

Características de la Variable “Voltaje del Alternador”.

El voltaje en el grupo electrógeno es producido por un alternador trifásico de doce (12) puntas, de conexión estrella baja, cuatro hilos, con regulación de voltaje 190-208 Vac,(Ver Figura 7).



Figura 19: Conexión en estrella baja del alternador y bornera del cableado.
Fuente: Manual de operación y mantenimiento FG Wilson 408-209.

El número de variables analógicas presentes para la medición del voltaje son seis (6). Un arreglo eléctrico a través de un conmutador permite seleccionar un solo voltaje a medir, reduciendo el número de entradas analógicas por concepto de voltaje, de seis (6) a una (1) entrada,(Ver Figura 8). Los voltajes a medir son: Voltaje entre fase 1 & fase 2; voltaje entre fase 1 & fase 3; voltaje entre las fase 2 & fase 3, y el voltaje de las tres fases con respecto al neutro: fase 1 & neutro; fase 2 & neutro y fase 3 & neutro.

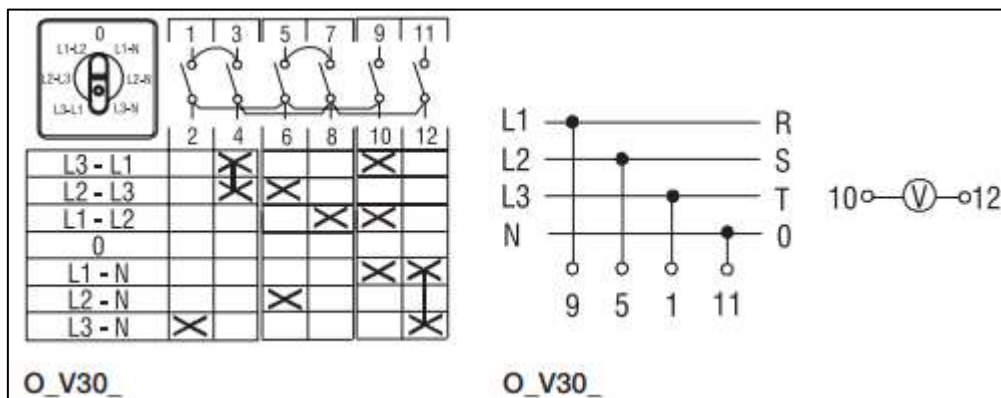


Figura 20: Esquema de conexión de conmutador de voltaje.
Fuente: Catalogo de conmutadores ABB

El voltaje como magnitud física capaz de cuantificar la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, viene representado por el Voltio, y en el alternador del grupo electrógeno entre las variables de diferenciales de potencial eléctrico a medir existen dos niveles:

1. Diferencial de potencial eléctrico entre las fases del alternador del grupo electrógeno.
2. Diferencial de potencial eléctrico entre una de las fases y el neutro del alternador del grupo electrógeno.

Como el conmutador permite escoger un solo diferencial de potencial eléctrico, solo se considera el diferencial de potencial más alto para determinar sus características, como variable.

El nivel de voltaje o potencial eléctrico entre fases es de 208 Voltios alternos. La variable voltaje es de tipo analógica, cuantificable, con un valor alterno máximo de 208 Voltios entre fases en condiciones ideales de trabajo. El instrumento de medición del diferencial de potencial eléctrico es un voltímetro, de una escala, con gama de (0 a 500) Vac, y resolución de diez voltios, (ver figura 21).



Figura 21: Voltímetro de gabinete.
Fuente: imágenes de voltímetros de internet.

Características de la Variable “Corriente Alternador”.

La corriente presenta tres (3) variables: Corriente por la fase 1; corriente por la fase 2 y corriente por la fase 3. Al igual que en el voltímetro, un arreglo eléctrico con un conmutador permite escoger un solo valor de corriente, reduciendo el número de entradas analógicas por concepto de corriente, de tres (3) a una (1) entrada, (Ver Figura 22). Las corrientes a medir son: Corriente por la fase 1; corriente por la fase 2 y corriente por la fase 3.

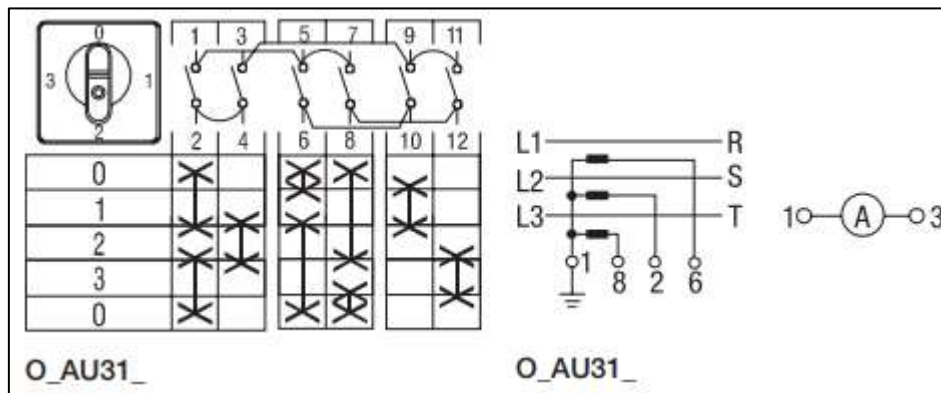


Figura 22: Esquema de conexión de conmutador de amperaje.
Fuente: Catalogo de conmutadores ABB

La corriente al igual que el voltaje, es una magnitud física cuantificable, capaz de medir el flujo de carga eléctrica que pasa a través de un conductor. Viene representada por el Amperio, y la corriente máxima del sistema trifásico producida por el grupo electrógeno, viene determinada por el cociente de la potencia aparente de la planta eléctrica expresada en Voltio Amper, entre el producto del voltaje en voltios por la raíz de tres. $I = \frac{P(VA)}{V(v)*\sqrt{3}}$; La potencia aparente de la planta eléctrica en cuestión es de 60 kilovoltios Amper; el valor de la corriente es de 166,74 amperios, como valor máximo a ser entregado por el grupo electrógeno. Un transformador de corriente es utilizado en cada una de las fases del alternador de la planta eléctrica, con una relación de transformación de 400/5. La variable de entrada corriente es de tipo analógica, cuantificable, con un valor máximo de 166,74 amperios por cada fase, en condiciones ideales de trabajo. El instrumento de medición para la variable corriente es un amperímetro con relación de 400/5, de una escala, gama de (0 a 400) amperios, y resolución de 20 amperios, (ver figura23).



Figuran 23: Amperímetro de gabinete.
Fuente: Imágenes de amperímetros de internet.

Características de la Variable “Presión de Aceite del Motor”.

La variable de presión de aceite es otra de las variables analógicas presentes en el panel de control. El sensor de presión de aceite es un dispositivo cuya función es convertir la presión de aceite del motor en una señal eléctrica variable, por medio de la variación de voltaje a través de una resistencia. Para lograrlo, se utiliza un sensor provisto de un diafragma que se deforma en mayor o menor grado en dependencia de la presión que recibe, la deformación del diafragma mueve un contacto desplazable que se desliza sobre una resistencia eléctrica fija cambiando el valor de salida del sensor. A continuación representación del convertidor y sus características, (Ver Figura 24).

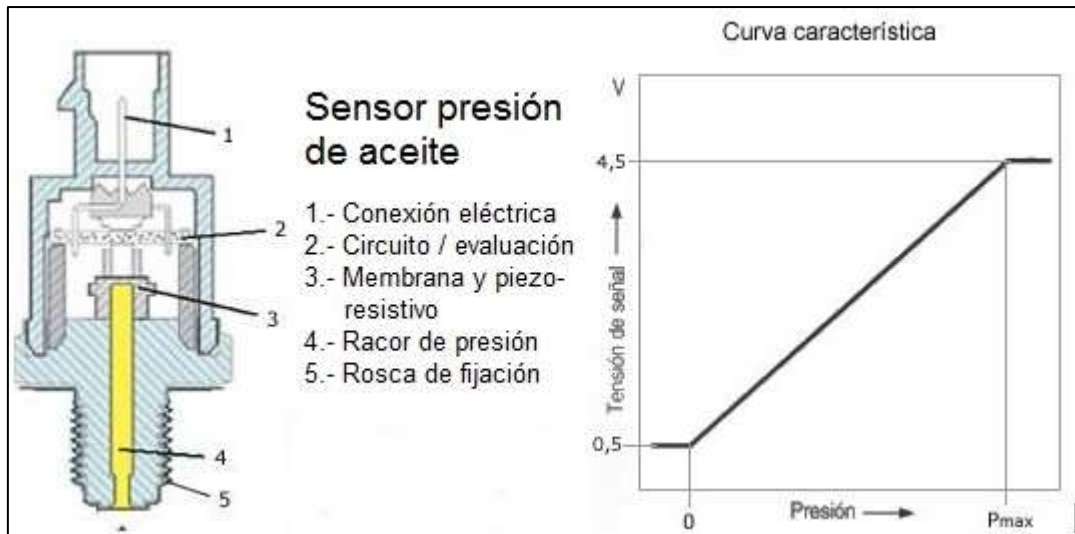


Figura 24: Sensor de presión de aceite y curva de trabajo.
Fuente: DT parts.

La presión es otra magnitud cuantificable, capaz de medir la fuerza de un fluido ejercida perpendicularmente sobre un área determinada. En el grupo electrógeno, se desea medir la fuerza ejercida por el aceite que fluye en el motor, en una determinada área del mismo. Entre las unidades que representan a esta magnitud se encuentran: Pascal, Bar, PSI, entre otras. El sensor de presión utilizado por la planta eléctrica, es de la marca “Diésel Technic” (DT), modelo 1.761543, voltaje 5 VDC, presión máxima 60 BAR, rango de trabajo de presión (0,5 a 10) BAR / (0,5 a 4,5) VDC, presión de servicio 40 BAR, sobrepresión 60 BAR, tipo de rosca NPTF 1/4”, protección IP69K, (ver figura 25).



Figura 25: Sensor de presión de aceite.
Fuente: DT Parts.

El instrumento de medición utilizado para la variable de entrada presión de aceite, es tipo dial, doble escala, gama de (0 a 10) BAR y (0 a 145) PSI, resolución de 1 BAR y 15 PSI respectivamente,(ver figura26).



Figura 26: Medidor de presión de aceite.
Fuente: Imágenes de instrumentos de internet.

Características de la Variable “Temperatura del Motor”.

La temperatura es la variable analógica presente en el panel de control encargada de mostrar el valor de temperatura del motor del grupo electrógeno, posee un sensor conversor de temperatura cuya función es transformar la temperatura del motor en una señal eléctrica variable, por medio de la variación de voltaje a través de una resistencia. (Ver Figura27).

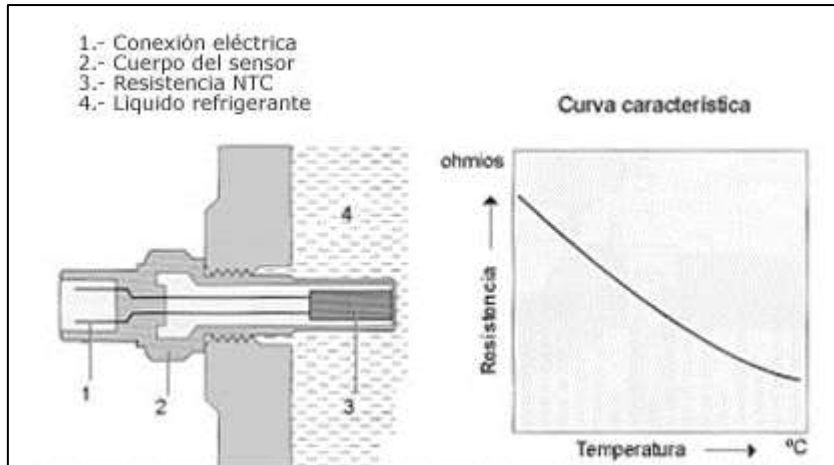


Figura 27: Sensor de temperatura y curva característica.
Fuente: DT Parts.

La variable temperatura es una magnitud cuantificable de entrada. Su sensor transductor, presenta las siguientes características: Marca “Diésel Tecnich” (DT), modelo 7.25531, voltaje 5 VDC, temperatura máxima 150 °C, rango de trabajo (0 a 120) °C / (0,5 a 4,5) VDC, tipo de rosca M16 x 1,5, protección IP69K,(ver figura28).



Figura 28: Sensor de temperatura.
Fuente: DT Parts.

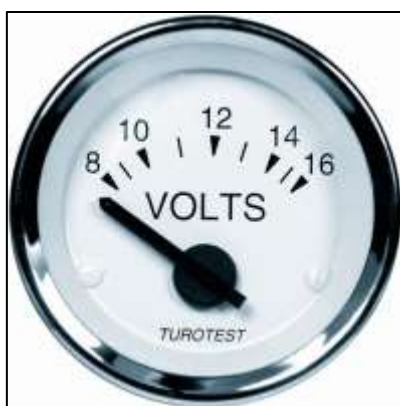
El instrumento de medición para la variable temperatura es de tipo Dial, una escala, gama (40 a 120)°C, resoluciones de (5; 6,66 y 10) °C, (Ver figura 29).



Figura 29: Medidor de temperatura del motor.
Fuente: Imágenes de instrumentos de internet.

Características de la Variable “Voltaje de Carga de Batería”.

La variable de entrada cuantificable voltaje de carga de batería, proporciona información sobre el diferencial de potencia existente entre los bornes de la batería y la tensión que produce el dínamo para mantenerla cargada. El voltaje de salida regulado del dínamo es de 13,8 VDC, con una corriente de carga de 5 amperios. El instrumento de medición para la variable Voltaje de batería es de tipo Dial, de una escala, gama (8 a 16) VDC, resolución 1 VDC, (Ver figura 30).



30: Medidor de voltaje DC.
Fuente: Imágenes de instrumentos de internet.

Características de La Variable “Frecuencia”.

La variable de entrada cuantificable frecuencia, en el grupo electrógeno, indica el número de repeticiones o ciclos que realizan los diferenciales de potencia eléctrica producidos por el alternador en un segundo. La frecuencia ideal en la planta eléctrica es de 60 ciclos por segundo a plena carga, permitiéndose oscilaciones por encima y por debajo de esta frecuencia de un 10%. Un tren de pulsos generados por el receptor magnético es recibido por el módulo de interfaz del motor (EIM) para su interpretación y condicionar el funcionamiento de la planta eléctrica. El instrumento de medición de la variable frecuencia es un frecuencímetro, conectado directamente a la tensión de salida de una de las fases del alternador. Es de una escala, gama de (45 a 65) HZ, resolución de 0,5 HZ, (Ver figura31).



Figura 31: Medidor de frecuencia.
Fuente: Imágenes de instrumentos de internet.

Características de Las Variables digitales de Entrada.

Las variables digitales de entrada: “Parada de emergencia”, “Sobre/baja velocidad” (proveniente del módulo EIM), “Arranque remoto”, y “el conmutador de encendido (“Parada”, “Encendido manual”, “Encendido remoto”), son variables digitales de entrada de un tipo de señal en que cada signo que codifica el contenido de la misma son analizados en término de magnitudes que representan valores discretos comprendidos entre $\leq 1\text{VDC}$ para el estado lógico “0”, y $(\geq 4,5 \leq 5)\text{VDC}$ para

el estado lógico “1”. Estos valores son generados e interpretados por la tarjeta electrónica del panel de control Serie: 1001. (Ver Figura 32).

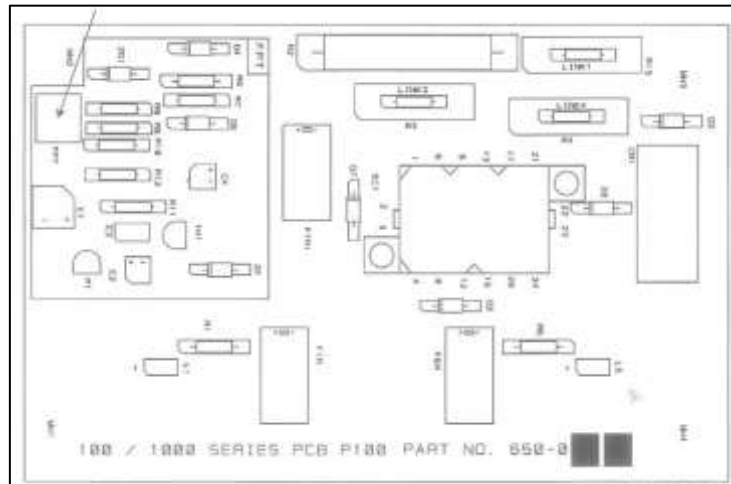


Figura 32: Tarjeta electrónica del panel de control serie: 1001.

Fuente: Manual de operaciones y partes de plantas eléctricas FG. Wilson 408-209.

Características de Las Variables digitales de Salida.

Las variables digitales de salida: “Motor de arranque de la planta eléctrica” (Encargada de accionar el motor de arranque para el giro inicial del motor de combustión); “activación bomba de combustible” (Permite el paso o funcionamiento de la bomba de combustible); “Activación señal de alarma” (Indica a través de una señal acústica o visual una eventualidad en la planta eléctrica) y “Contador de Horas de Funcionamiento” (Indica las horas de funcionamiento de la planta eléctrica), son variables de salida de un tipo de señal en que cada signo que codifica el contenido de la misma es analizado en término de magnitudes que representan valores discretos comprendidos entre $\leq 1\text{VDC}$ para el estado lógico “0”, y $(\geq 9,5 \leq 14)\text{VDC}$ para el estado lógico “1”.

Las variables digitales de salida, “Luces de Aviso de Fallos”, que se encuentran incorporados a la tarjeta electrónica serie 1001, señalizan fallas del motor diésel por alta temperatura y baja presión de aceite, y son variables digitales de salida de un tipo de señal en que cada signo que codifica el contenido de la misma, son analizados en término de magnitudes que representan valores discretos para el

cambio de estado de estos LEDs, y oscilan entre 0 VDC para estado lógico “0”, y (3,2 a 4) VDC para el estado lógico “1”.

Estos valores son generados por la tarjeta electrónica del panel de control serie: 1001, e interpretados por el módulo de interfaz del motor (EIM), el dispositivo de alarma de señal audible, y el cuantificador de horas de funcionamiento de la planta eléctrica, (Ver figura 33).



Figura 33: Figuras del Módulo EIM, Alarma y Horómetro.
Fuente: Imágenes de internet.

Diseño del control para el grupo electrógeno, de acuerdo a las necesidades del sistema.

Lo fundamental para la elaboración del nuevo diseño de control para el grupo electrógeno, es conocer el funcionamiento de los sistemas que integran el panel de control, la interacción entre ellos, y el comportamiento de sus variables. En las “Características del Panel de Control Serie: 1001”, se mencionó que existen tres sistemas: Sistema de monitoreo de valores del alternador (Voltaje, corriente y frecuencia), sistema para la supervisión de los parámetros del motor (Presión de aceite, horómetro, voltaje batería y temperatura) y el sistema encargado de las operaciones de control del motor diesel del grupo electrógeno. En la sección “Características de las Variables del Panel de Control Serie: 1001”, se caracterizaron todas las variables que existen en los sistemas del panel de control. Con esta información y la elaboración de diagramas para facilitar su funcionamiento, se podrá desarrollar el diseño de control para el grupo electrógeno de acuerdo a sus necesidades.

Sistema de Medición de Voltaje, Corriente y Frecuencia.

El sistema de medición para los valores de voltaje, corriente y frecuencia producidos por el alternador del grupo electrógeno, está representado en el siguiente diagrama, (Ver Figura 34). Este sistema es totalmente independiente eléctricamente del resto de los sistemas del panel de control en lo que respecta a su funcionamiento. Las variaciones producidas en el motor diesel incidirán en los valores de lectura de los instrumentos de medición presentes.

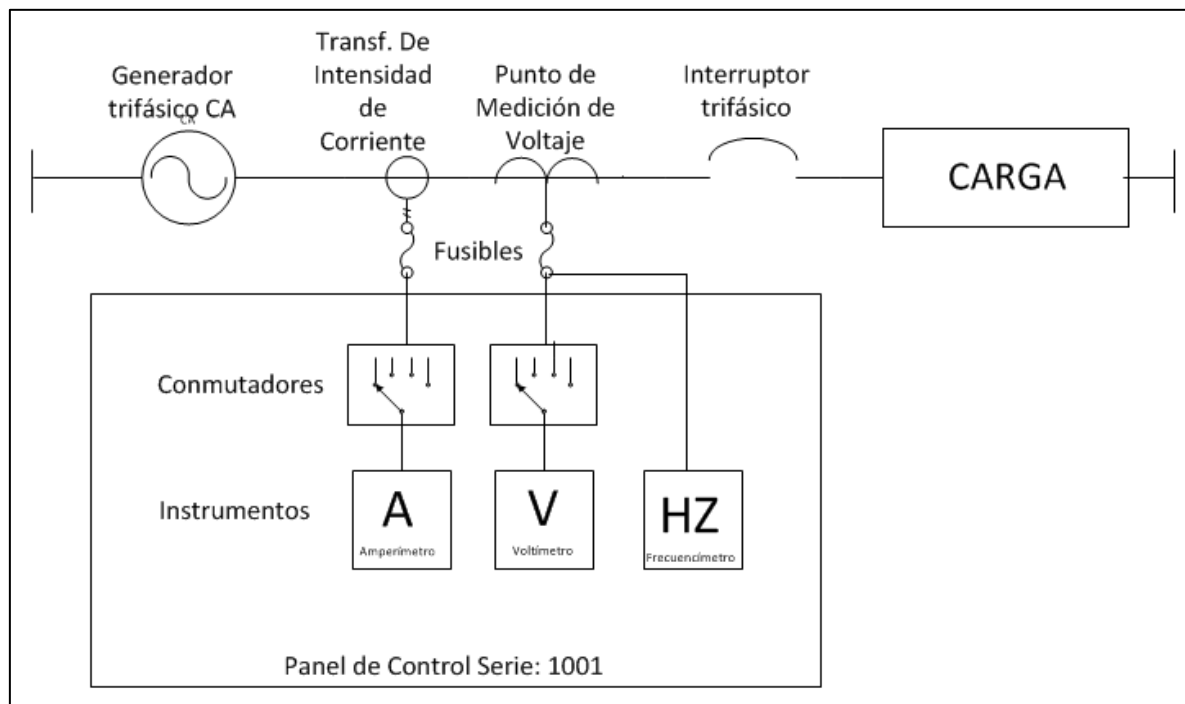


Figura 34: Sistema de medición de voltaje, amperaje y frecuencia del alternador, en el panel de control serie 1001.

Fuente: Autoría propia, 2018.

En la sección “Componentes del Panel de Control Serie: 1001” se describió el funcionamiento de los componentes de este sistema. Con esta información y el comportamiento de sus variables, se podrá determinar la lógica de control y dispositivos necesarios para el funcionamiento del sistema de medición de corriente, voltaje y frecuencia.

El nuevo diseño de control mostrará los valores de voltaje, amperaje y frecuencia en una pantalla única. Los valores serán representados en forma digital para facilitar su interpretación. La selección de las diferentes fases de voltaje y corriente, seguirá siendo a través de los conmutadores destinados para tal fin. Los valores de voltaje, amperaje y frecuencia, ya no serán variables analógicas a mostrar de forma independientemente, sino más bien, pertenecerá a un único visualizador de texto y mando de control.

Sistema de Supervisión y protección del motor

El diagrama representativo del sistema de supervisión y protección del motor diesel, (Ver figura 35), muestra la interacción entre los valores de presión de aceite del motor y la temperatura del motor con la tarjeta electrónica antes de enviar las señales a los instrumentos de medición. El valor de voltaje de la carga de la batería es una medición directa, sin supervisión ni control por parte de la tarjeta electrónica.

El nuevo diseño de control mostrará los valores de los parámetros del motor en una pantalla única. Los valores de presión, temperatura, y horas de operación, así como, el voltaje de carga de la batería, ya no serán variables analógicas a mostrar de forma independientemente, sino más bien, pertenecerá a un único visualizador de texto y mando de control.

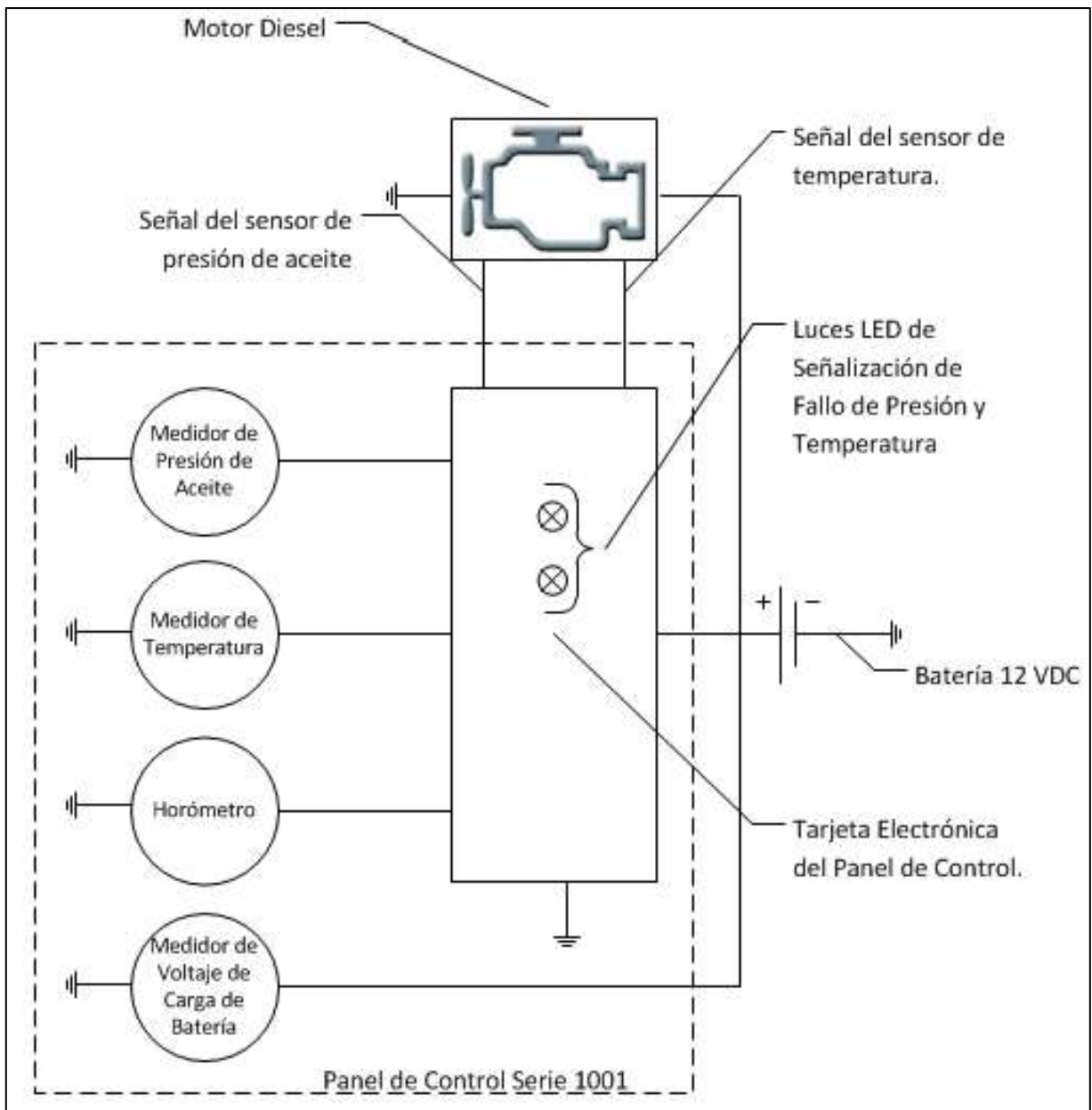


Figura 35: Sistema de supervisión y protección del motor.
Fuente: Autoría propia, 2018.

Sistema de Operación y Control del Motor

Las condiciones de operación y control del motor diesel del grupo electrógeno están representados en el siguiente diagrama, (Ver figura 36). Este sistema controla el funcionamiento del motor de la planta eléctrica. Las elección del tipo de encendido (remoto, parada y Manual), condicionamiento de protección y seguridad, y

señalizaciones de falla, son realizados a través de este sistema. El nuevo diseño de control mostrará los símbolos de selección de arranque, protección y señalización de falla, en la misma pantalla única utilizada para el sistema de medición de parámetros del alternador y sistema de supervisión y protección del motor. La selección del tipo de arranque y supresión de alarma, se efectuará a través de la nueva pantalla de visualización de textos. Solamente la ubicación del pulsador de parada de emergencia y el dispositivo de señal audible de alarma se mantendrán en el nuevo diseño de control.

El nuevo diseño de control debe contener los sistemas mencionados, la capacidad de interpretación de sus variables e interactuar entre los sistemas descritos.

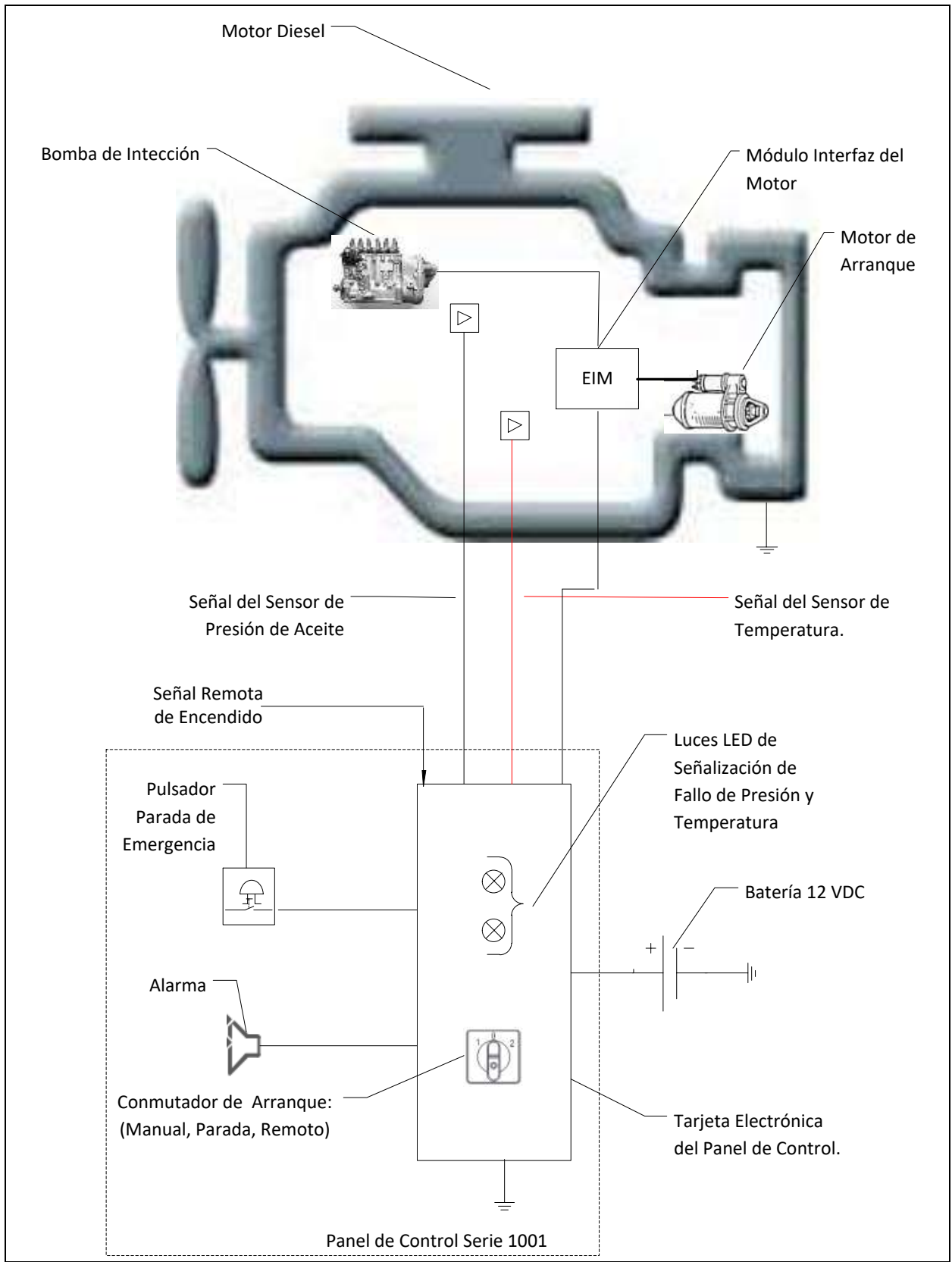


Figura 36: Sistema de operación y control del motor.
Fuente: Autoría propia, 2018.

Características del Nuevo Diseño de Control.

El nuevo diseño de control debe realizar todas las funciones de los sistemas que integran el panel de control serie 1001: Medir los valores de voltaje y corriente producidos por el generador trifásico, monitorear los valores de los parámetros del motor y encargarse del encendido, control y protección del motor del grupo electrógeno. Es importante destacar que la interpretación de los valores de las variables de los sistemas descritos puede requerir de módulos de adecuación, que se encargarán de adaptar estos valores a los producidos y recibidos por el dispositivo encargado de procesar toda la información en el nuevo diseño de control.

Se desea que el nuevo diseño del panel de control sea de vanguardia, con las características de los nuevos paneles de control, como: Visualización digital de los valores presentados, pantalla táctil o pulsadores de diafragma incorporados, de diseño amigable y funcional, con retroiluminación, compacto, y con capacidad de expansión y comunicación con otros dispositivos. A continuación se muestra el diagrama contentivo de todas las variables de los sistemas descritos,(Ver figura 37) y los posibles módulos de interface requeridos, todos, interactuando con el ideal del nuevo diseño de control a proponer.

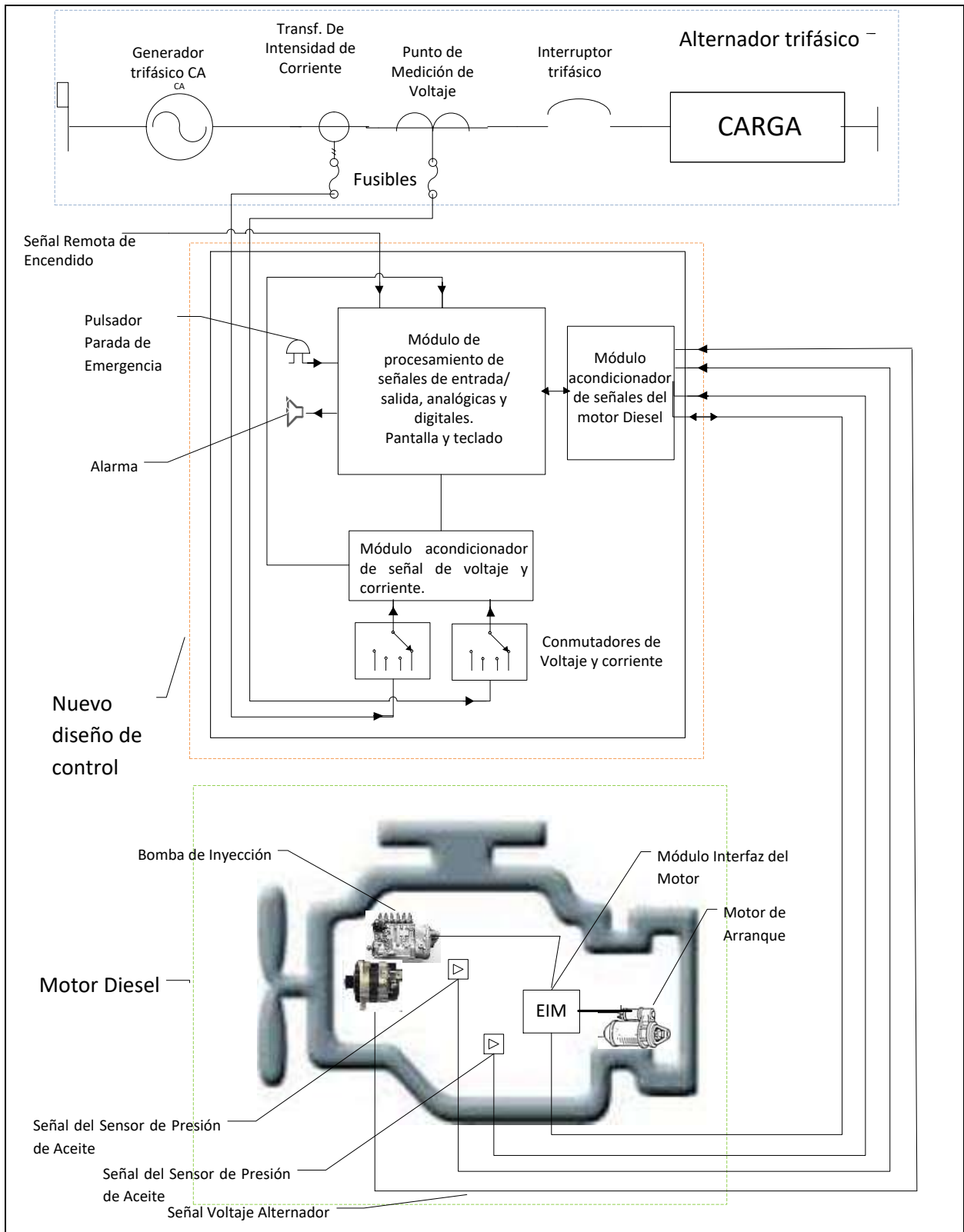


Figura 37: Representación del nuevo diseño de control.
Fuente: Autoría propia, 2018.

Variables de entradas y Salidas del Nuevo Diseño de Control.

El número de las variables de las entradas y salidas, tanto analógicas como digitales, son las mismas presentes en el panel de control serie 1001, y se determinaron en la sección “Características de las Variables del Panel de Control Serie: 1001”. El (Cuadro 3), muestra una síntesis de la cantidad, tipos de variables y su descripción.

Cuadro 3: Variables de entrada y salidas del nuevo diseño de control.

#	Cant	Nombre	Tipo variable	Descripción
1	1	Voltaje alternador	Entrada analógica.	Encargada de transmitir el nivel de voltaje generado por el alternador de la planta eléctrica.
2	1	Corriente alternador	Entrada analógica.	Encargada de transmitir el nivel de corriente generado por la planta eléctrica.
3	1	Presión de aceite	Entrada analógica.	Transmitir la señal de presión de aceite del motor diésel.
4	1	Temperatura a motor	Entrada analógica.	Transmitir la señal de temperatura del motor diésel.
5	1	Voltaje Carga de batería.	Entrada analógica.	Transmitir el nivel de voltaje para la carga de la batería.
6	1	Frecuencia	Entrada analógica.	Transmitir la frecuencia del alternador de la planta eléctrica.
7	1	Encendido remoto.	Entrada digital.	Señal digital remota que enciende y apaga la planta eléctrica.
8	1	Parada de emergencia.	Entrada digital.	Señal digital de entrada para el apagado de la planta eléctrica por emergencia.
9	1	Sobre o baja velocidad	Entrada digital.	Señal digital de entrada que apaga la planta eléctrica por sobre o baja velocidad.
10	1	Parada.	Entrada digital	Señal digital de entrada para interrumpir el funcionamiento de la planta eléctrica.

Cuadro 3 (cont.)				
11	1	Arranque manual.	Entrada digital	Señal digital de entrada que enciende la planta eléctrica de forma manual.
12	1	Automático.	Entrada digital	Señal digital de entrada que condiciona el arranque remoto.
13	1	Motor de arranque	Salida digital.	Señal digital de salida que permite el funcionamiento del motor de arranque.
14	1	Combustible	Salida digital.	Señal digital de salida que activa la bomba de combustible o permite el paso del mismo.
15	1	Alarma.	Salida digital.	Salida digital que activa alarma sonora, visual o ambas.
16	1	Horómetro	Salida digital.	Señal digital de salida que cuantifica las horas de funcionamiento de la planta eléctrica.
17	2	Luces de aviso de fallo	Salida digital.	Luces LEDS, que se iluminan para indicar que el circuito de protección ha detectado la condición que señalan.

Fuente: Autoría propia, 2018.

Se deben considerar las nuevas variables internas a utilizar en el módulo de procesamiento, las cuales sustituirán la lógica eléctrica de la tarjeta electrónica del panel de control serie 1001, por lógica computacional requerida para el funcionamiento de los sistemas que lo integran. La cantidad de variables internas a utilizar, están sujetas a la complejidad de los programas de cada sistema, y los recursos que posea el módulo de procesamiento.

Módulos de acondicionamiento de señales analógicas de entrada.

Las variables digitales de entrada y salida presentes en el panel de control, no presentan mayor dificultad (en lo que refiere al valor de su estado I/O), con la

comunicación del nuevo diseño de control; el modelo de Programador Lógico de Control a proponer, cumplirá con el nivel de tensión requerido por el grupo electrógeno, ya que en el mercado existen PLC con voltaje de trabajo de 12 VDC. No obstante, las variables analógicas deben ser analizadas para determinar si es necesaria la utilización de un módulo de acondicionamiento que adecue la señal de entrada analógica al módulo de procesamiento del nuevo diseño de control.

Los módulos de acondicionamiento de señales analógicas de entrada son tarjetas electrónicas que proporcionan el vínculo entre la CPU del Controlador Lógico Programable y los dispositivos de campo del sistema. La cantidad de módulos requeridos dependerán de la incompatibilidad entre las variables analógicas y el dispositivo de procesamiento a proponer.

Entre los módulos de acondicionamiento de señales analógicas a utilizar están los convertidores AC-AC: Dispositivo electrónico de estado sólido que convierte una señal de entrada de corriente alterna (AC) en una señal de salida alterna (AC), donde el voltaje y la frecuencia de salida se puede modificar arbitrariamente y el convertidor DC-DC: Dispositivo que transforma corriente continua de una tensión a otra. (Ver Figura 38).

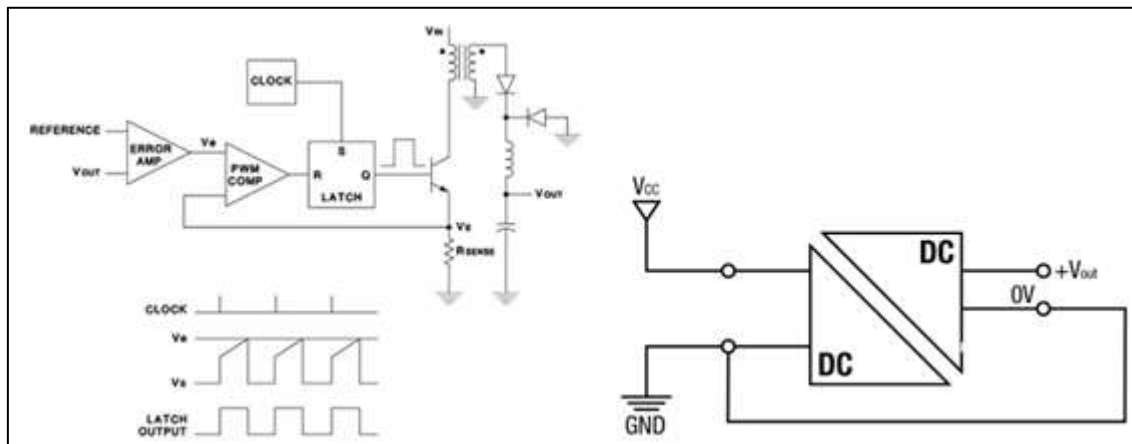


Figura 38: Convertidores AC / AC, y DC / DC.
Fuente: Imágenes de convertidores AC-AC / DC-DC de internet

Para saber si es compatible el valor de una determinada variable analógica del panel de control a sustituir con el nuevo diseño de control, será necesario compararla con los valores de entrada aceptados por el nuevo dispositivo a utilizar. En el punto: “Módulo acondicionador para las señales analógicas” de la sección: “Diseño de control para el grupo electrógeno basado en controlador lógico programable”, se explicará en detalle la necesidad de utilizar el módulo acondicionador de señales. En el (Cuadro 4), se muestran las variables analógicas existentes en el panel de control serie 1001.

Cuadro 4: Valores de las variables analógicas.

Nombre	Tipo de variable	Valor mínimo	Valor máximo	Gama instrumento de medición	Descripción
Voltaje Alternador	Analógica	0 VAC	208 VAC	(0-500)VAC	Voltaje entre las fases del alternador
Amperaje Alternador	Analógica	0 AMP 0 VDC	166,74 AMP 5 VDC	(0-400)AMP	Corriente entre las fases del alternador
Presión del Motor	Analógica	0 BAR 0,5 VDC	5 BAR ±2VDC	(0-10) BAR	Sensor de Presión de aceite del motor
Temperatura del Motor	Analógica	0 °C 0,5 VDC	120 °C 4,5 VDC	(40-120) °C	Sensor de temperatura del motor
Voltaje de Batería	Analógica	0 VDC	13,8 VDC	(8-16) VDC	Voltaje Generado por el dínamo
Frecuencia	Analógica	0 HZ	60 HZ	(45-65) HZ	Frecuencia

Fuente: Autoría propia, 2018.

Módulo de procesamiento (Procesador Lógico de Control).

El cerebro encargado de procesar todas las variables del nuevo diseño de control lo representa este módulo. Las características del mismo vienen determinadas por el tipo de lógica eléctrica a utilizar, y la capacidad de procesar la información recibida para elaborar la respuesta adecuada. En “Características del nuevo diseño de control”, se planteó, entre otras, el deseo de utilizar un dispositivo

rápido y compacto, estas cualidades se encuentran en un Procesador Lógico de Control, ya que su lógica eléctrica es más rápida, versátil, y de fácil configuración por ser de lógica computacional; que la prestada por la tarjeta electrónica del panel serie 1001, basada por la lógica de contactos y cambios de estado de transistores, sin capacidad de variar su configuración y de gran tamaño.

Este procesador lógico de control será capaz de elaborar todas las tareas de control, medición y protección, que realizan los sistemas que integran el actual panel de control serie 1001 (“Sistema de Medición de Voltaje, Corriente y Frecuencia”; “Sistema de Medición de Parámetros del Motor” y “Sistema de Encendido, control y Protección del Motor”)

Diseño de control para el grupo electrógeno basado en controlador lógico programable.

Una vez determinados los sistemas que integran el panel de control, sus variables, y las características requeridas para el nuevo diseño de control, con los periféricos que pudiesen ser necesarios para su funcionamiento, se puede llevar a cabo el objetivo de este trabajo: **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UN GRUPO ELECTRÓGENO BASADO EN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, EN LA PLANTA ELÉCTRICA DE LA AGENCIA “VALENCIA CENTRO”, DEL BANCO PROVINCIAL.**

En el mercado de la automatización industrial, basados en la utilización de controladores lógicos programables, existen una gran cantidad de marcas, y no es el objetivo de este trabajo comparar las bondades entre ellas. El controlador propuesto es un micro controlador lógico programable de la serie LOGO!8.FS4, marca SIEMENS. El desarrollador de este trabajo, está familiarizado con el uso de esta marca de controladores, y es parte de este trabajo, mostrar que las características técnicas de este dispositivo cumplen los requerimientos necesarios para funcionar como control del grupo electrógeno estudiado en esta propuesta.

Características del Programador Lógico de Control “LOGO 8!”

LOGO! 8, es el módulo lógico universal de Siemens que incorpora: Controles, panel de mando y display retro iluminado, fuente de alimentación, interfaz para módulos de ampliación, interfaz para una tarjeta micro SD, interfaz para un visualizador de textos (TDE), (Ver figura39). Posee funciones estándar pre configuradas, (Retardo a la conexión, retardo a la desconexión, relé de impulsos e interruptor software, temporizadores, marcas digitales y analógicas, entradas y salidas en función del tipo de dispositivo, entre otras). Adicionalmente incluye componentes como: Interfaces para la comunicación Ethernet, borne FE (tierra funcional por sus siglas en ingles) para conectar la toma de tierra, y un LED para señalar el estado de la comunicación Ethernet. LOGO! 8, ofrece soluciones para aplicaciones domésticas y de la ingeniería de instalación como, por ejemplo, alumbrado de escaleras, iluminación exterior, toldos, persianas, alumbrado de escaparates, etc. También puede ofrecer soluciones para ingeniería de armarios de distribución, así como para ingeniería mecánica y construcción de máquinas y aparatos como, por ejemplo, sistemas de control de puertas, sistemas de climatización, bombas para agua pluvial, implementar sistemas de control especiales en invernaderos o invernáculos, para el procesamiento de señales de control mediante la conexión de un módulo de comunicaciones (p. ej. AS-i), y aplicaciones de producción en serie de máquinas pequeñas, y aparatos eléctricos, que es la aplicación pretendida en este trabajo.



Figura 39: Programador Lógico de Control “LOGO 8!”
Fuente: Pagina web de Siemens.

Módulos de Ampliación.

El Programador Lógico de Control LOGO! 8, es capaz de cumplir con la característica de ampliación propuesta para el nuevo diseño de control. Entre los módulos disponibles para esta versión de LOGO! 8 encontramos: Módulos digitales de 4 entradas y 4 salidas digitales; módulos analógicos con capacidad de 2 entradas y 2 salidas analógicas y el módulo de visualización de texto LOGO TDE. La figura 40, muestra los tipos de módulos de ampliación para el LOGO 8! Básico.



Figura 40: Módulos de ampliación para LOGO 8!
Fuente: Pagina web de Siemens.

Determinando el modelo y módulos de ampliación de la serie LOGO! 8.

Modelo del módulo base LOGO! 8.

Los módulos base LOGO!8 están disponibles para dos clases de tensión: Clase 1 ≤ 24 V, y clase 2 > 24 V. Los módulos base LOGO!8 están disponibles en dos versiones: LOGO! Basic (versión con display): 8 entradas y 4 salidas y LOGO! Pure (versión sin display): 8 entradas y 4 salidas. Cada módulo base o Pure LOGO! 8, tiene una interfaz de ampliación y una interfaz Ethernet y ofrece 400 bloques defunción estándar y especiales pre configurados para crear el programa.

El modelo del módulo LOGO! 8 propuesto es de la clase 1 (≤ 24 VDC), ya que el actual panel de control del grupo electrógeno funciona con una tensión nominal de 12 VDC, y la versión a utilizar es LOGO! Pure (Versión sin display ni teclado), por

llevar incorporado el nuevo diseño de control, un módulo de visualización de texto LOGO TDE adicional al módulo LOGO! 8. La nomenclatura que identifica el LOGO! 8 a utilizar es: “LOGO! 8 12/24RCEo”, donde “12/24” indica el nivel de voltaje, “R” representa salidas a RELE, “C” reloj interno incorporado, “E” comunicación ETHERNET, y “o” versión sin visualizador de texto ni teclado.

El (cuadro 3), indica la existencia de 6 entradas analógicas y 6 entradas digitales al nuevo diseño de control. El módulo “LOGO! 8 Pure 12/24RCEo”, tiene una capacidad de 8 entradas, de las cuales, 4 de ellas pueden ser utilizadas como entradas analógicas con un rango de 0 a 10 Voltios, quedando 4 entradas digitales disponibles, de las cuales solo se utilizarán 3 de ellas, ya que si bien es cierto que hay 6 entradas digitales, 3 de ellas (Parada o stop, arranque manual y automático) se podrán ejecutar desde el teclado de diafragma del panel visualizador de textos TDE, una vez elaborado el programa; las entradas digitales (Encendido remoto, parada de emergencia y sobre y baja velocidad), serán las entradas físicas a conectar al “LOGO! 8 12/24RCEo”. Las salidas digitales serán cubiertas en su totalidad por el módulo lógico de control “LOGO! 8 12/24RCEo”, que posee 4 salidas digitales. Si bien existen 6 salidas digitales requeridas (según el cuadro 3), 3 de estas (2 luces de aviso de fallo y 1 horómetro), también serán mostradas en el visualizador de texto TDE, y serán consideradas por el programador de este dispositivo, como salidas internas o “Marcas”.

Módulos de Ampliación, visualizador de texto y acondicionador de señal.

Es necesario determinar la cantidad de módulos de ampliación y acondicionamiento de señal requeridos por el módulo “LOGO! 8 Pure 12/24RCEo”, para que cumpla con las características de control del nuevo diseño de control. Se utilizará la síntesis de variables analógicas y digitales mostradas en el cuadro 3, donde se cuantifican todas las variables externas involucradas.

Módulo de Ampliación Analógico.

Es necesario incorporar un módulo analógico modelo: “LOGO! AM2”, (Ver figura 41), el cual posee 2 entradas analógicas de 0 a 10 V o 0/4 a 20 mA, para completar el número de entradas de variables analógicas. El nuevo diseño de control basado en el programador lógico de control “LOGO! 8 12/24RCEo”, al igual que el control serie 1001 a sustituir, no posee salidas analógicas.



Figura 41: Módulo de ampliación analógico AM2.
Fuente: Pagina web de Siemens.

Módulo visualizador de texto TDE con interfaces Ethernet.

A través de este módulo se podrá operar y visualizar los parámetros del grupo electrógeno. El modelo de visualizador TDE a utilizar es el “LOGO! TDE 12 V DC, dimensión de pantalla LCD: (160 x 96)mm, de 6 filas de texto. (Ver figura 42). Dispone de cuatro teclas de cursor, y cuatro teclas de función que son programables para la operación del grupo electrógeno, una tecla ESC y una tecla ENTER. Posee 2 conexiones Ethernet, una de ellas sirve para conectar la interfaz Ethernet del módulo “LOGO! 8 12/24RCEo” con el visualizador de texto TDE, y la otra conexión Ethernet

está disponible como señal de comunicación con otros dispositivos, cumpliendo así con lo solicitado en “Características del nuevo diseño de control”.



Figura 42: Módulo visualizador de textos TDE.
Fuente: Pagina web de Siemens.

Módulo acondicionador para las señales analógicas.

En la sección “Diseño del control para el grupo electrógeno, de acuerdo a las necesidades del sistema”, se planteó la posibilidad de tener que utilizar módulos de acondicionamiento de señales analógicas para las variables de entrada analógicas. El cuadro 4 muestra las características y valores de las variables analógicas de entrada.

Las variables analógicas: Voltaje, amperaje y frecuencia producidas por el alternador del grupo electrógeno, requieren de un módulo acondicionador de señal para que el procesador lógico de control “LOGO! 8 12/24RCEo” y su módulo de ampliación analógico “LOGO! AM2” las interprete. Los valores de entrada de señal analógico que acepta “LOGO! 8 12/24RCEo” es de 0 a 10VDC; y el módulo de ampliación analógico LOGO! AM2 0 a 10V o 4 a 20mA. Los parámetros de voltaje,

corriente y frecuencia producidos por el alternador del grupo electrógeno no coinciden con los requerimientos expuestos; la solución se obtiene incorporando un módulo de acondicionamiento de señal marca: Pepperl-fuchs, modelo: TRM3, que es un transmisor de medida aislado que permite convertir los parámetros de las variables producidas por el alternador del grupo electrógeno a valores aceptados por el “LOGO! 8 12/24RCEo” y su módulo de ampliación analógico “LOGO! AM2”, (Ver figura 43).



Figura 43: Módulo de acondicionamiento de señal, TRM3.
Fuente: Pagina web DISAI, Sistemas Automáticos.

Las variables analógicas de entrada: Presión del aceite, Temperatura del motor y Voltaje de carga de la batería, no requieren de módulos de acondicionamiento de variable, ya que sus valores pueden ser parametrizados por el procesador lógico de control “LOGO! 8 12/24RCEo” y su módulo de ampliación analógico “LOGO! AM2”.

A continuación se representa el esquema de los componentes que integrarán al nuevo diseño de control basado en el programador lógico de control “LOGO! 8 12/24RCEo”, su módulo de ampliación analógico, el módulo de operación / visualización de texto TDE y el módulo acondicionador de señal. (Ver Figura 44)

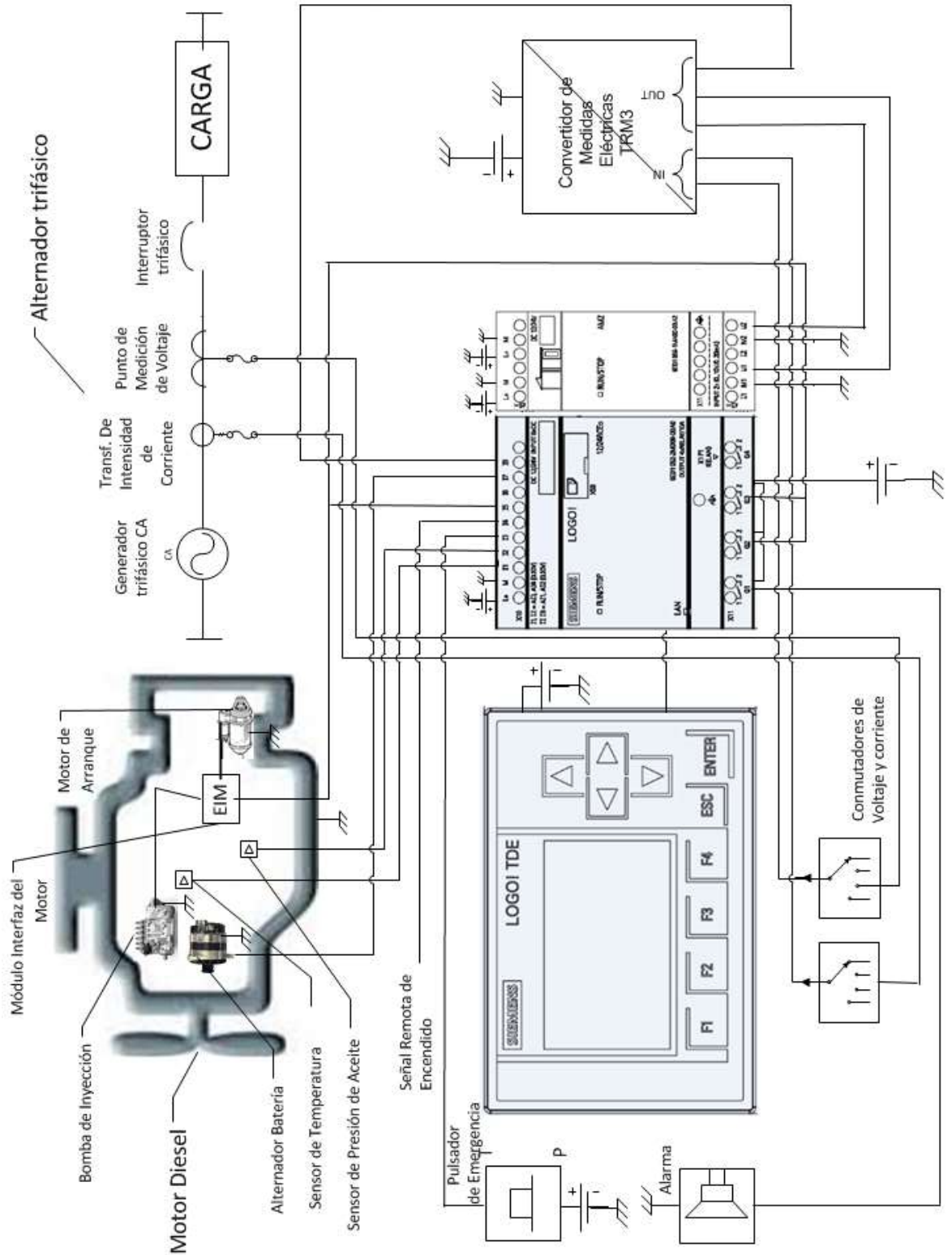


Figura 44: Esquema de los componentes que integrarán al nuevo diseño de control basado en “LOGO! 8 12/24RCEo”
Fuente: Autoría propia, 2018.

Cuadro 5: Bornes de conexión, esquema nuevo diseño de control, figura 18.

Módulo	Bornes de conexión	Descripción
LOGO! 8FS4	L, M	Alimentación LOGO! 8
	I1 = AI3	Señal analógica de entrada del sensor de temperatura.
	I2 = AI4	Señal analógica de entrada sensor presión de aceite.
	I3	Señal digital de entrada pulsador parada de emergencia.
	I4	Señal digital de entrada arranque remoto.
	I5	Señal digital de entrada parada alta/baja frecuencia.
	I7 = AI1	Señal analógica de entrada de voltaje del alternador del motor.
	I8 = AI2	Señal analógica de entrada acondicionada, de frecuencia del generador.
	Q1	Señal digital de salida activación alarma.
	Q2	Señal digital de salida activación motor de arranque.
Q3	Señal digital de salida activación bomba de inyección.	
Módulo analógico AM2	L1+, M1, L2+, M2	Alimentación módulo AM2
	M1, V1 = AI5	Señal analógica de entrada acondicionada, de voltaje del generador.
	M2, V2 = AI6	Señal analógica de entrada acondicionada, de corriente del generador.
Módulo acondicionador de señales TRM3	A1, A3	Alimentación módulo TRM3.
	E5, E6	Señal analógica de entrada de corriente del generador.
	E1, E4	Señal analógica de entrada de voltaje y frecuencia del generador.

Cuadro 5 (Cont.)		
Módulo acondicionador de señales TRM3	S1, S2	Señal analógica de salida acondicionada, de voltaje del generador.
	S3, S4	Señal analógica de salida acondicionada, corriente del generador.
	S5, S6	Señal analógica de salida acondicionada, frecuencia del generador.
Módulo LOGO TDE	L, M	Alimentación del módulo visualizador de textos.
	RJ45-1, RJ45-2	Señal de comunicación entre módulo TDE, LOGO! 8 FS4 y otro dispositivo.

Fuente: Autoría propia, 2018

Capacidad de Memoria & Programa, del Programador Lógico de Control “LOGO! 8.”

El tamaño de un programa en LOGO!8 está limitado por el espacio de memoria disponible. Las áreas de memoria del LOGO! 8 están divididas en dos partes: La memoria del programa, la cual permite utilizar un número máximo de 400 bloques pre configurados (8.500 bytes) y la memoria remanente, que es el área donde LOGO! 8 almacena los valores remanentes, tales como: valor de contadores, cronómetros, relés de barrido, otros, con una capacidad de 250 Bytes, siempre y cuando se haya activado esta función en el bloque correspondiente.

LOGO! puede detectar, leer y conmutar las E/S de todos los módulos de ampliación, sin importar de qué tipo sean. Los números de entradas y salidas siguen el orden de montaje de los módulos. La serie LOGO! 0BA8, tiene disponible (En su configuración máxima) 24 entradas digitales, 8 entradas analógicas, 20 salidas digitales, 8 salidas analógicas, 64 marcas, 64 marcas analógicas, 64 salidas no conectadas y 32 bits de registro (S1.1 a S4.8).

En la sección “Determinando el modelo y módulos de ampliación de la serie LOGO! 8”, se estableció la cantidad de módulos requeridos para manejar las diferentes variables físicas, visualizar y controlar los parámetros tanto del motor

como del alternador del grupo electrógeno; la cantidad de módulos requeridos en el nuevo diseño de control, basado en LOGO! 8!, está muy por debajo de su configuración máxima. Las variables de entrada digital son 4, representan un sexto; las variables analógicas de entrada 6, representan las tres cuartas partes; y las salidas digitales 4, representan la quinta parte, todas respectivamente, a sus capacidades de configuración máximas que puede aceptar el LOGO! 8. Además, queda a disposición del programador, los 400 bloques pre configurados, los 250 Bytes de memoria remanente, 64 marcas, 64 marcas analógicas, 64 salidas no conectadas, y los 32 bits de registro, todo esto, para poder elaborar el programa de los tres sistemas que integran al nuevo panel de control basado en el programador lógico de control LOGO! 8, y los módulos que lo integran. Esta analogía sirve para dar una idea de la capacidad que posee LOGO! 8 en su configuración máxima & la configuración de diseño; se puede considerar que la elaboración del programa correspondiente es factible, ya que para tener una dimensión real, sería necesario elaborar el programa y compilarlo, para obtener la cantidad exacta de bloques a utilizar. En caso de materializarse la propuesta, será parte del desarrollador del programa quien corroborará que el “LOGO! 8” es capaz de realizar la propuesta planteada.

Ensamblaje de los módulos LOGO! y acondicionador de Señal TRM3

En los manuales de los productos LOGO! y el acondicionador de señal TRM3, se encuentra todo lo relacionado al montaje y encerramiento, tipo de cableado y su canalización, protecciones eléctricas, el tipo de alimentación, y las conexiones requeridas de sus entradas y salidas analógicas, digitales y de comunicación.

Realizar la instalación de los componentes que integran al nuevo diseño de control, debe ser realizado por un personal calificado con conocimientos relacionados con el ramo electrónico.

Datos técnicos de los módulos según la configuración del nuevo diseño de control

Los datos técnicos de los módulos, al igual que su *ensamblaje*, están descritos en sus manuales correspondientes. Se mostrarán las características técnicas más importantes acorde a las conexiones del nuevo diseño de control mostrado en el plano unifilar de la figura 44, que corroboraran su compatibilidad con las variables de entrada y salida tanto analógicas como digitales.

Módulo base LOGO! 8 12/24RCEo

En el (Cuadro 6) se aprecian las características de tensión de alimentación del módulo LOGO! 8, la cual concuerda con la tensión del panel de control a sustituir. Los valores de tensión (12 VDC) en los bornes de entradas digitales (Encendido remoto, parada de emergencia y sobre/baja velocidad), son los mismos de la alimentación del “módulo LOGO 8!”, no afectando la falta de aislamiento galvanométrico. Las entradas analógicas (Presión de aceite del motor, temperatura del motor y voltaje de carga de la batería), pueden ser conectadas directamente a sus bornes, parametrizando sus valores en la programación. La entrada analógica de frecuencia, es necesario que pase por el acondicionador de señal “TRM3” antes de conectarse al borne correspondiente para su posterior parametrización. Las salidas digitales no representan problema alguno, ya que son salidas a relé, y su valor de voltaje sería el mismo utilizado para alimentar el “módulo LOGO 8!”.

Cuadro 6: Características de alimentación del LOGO 8! 12/24RCEo

Modelo del Módulo	LOGO! 12/24RCEo
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada de alimentación	12/24 V DC
Rango admisible	10,8 V DC a 28,8 V DC
Aislamiento galvánico	No
Entradas	
Entradas digitales	3
Tensión de entrada L+	
Señal 0	< 5 V DC
Señal 1	> 8,5 V DC
Aislamiento galvánico	No

Cuadro 6 (Cont.)	
Entradas analógicas	4
Rango	0 V DC a 10 V DC
Longitud de cable (blindado y trenzado)	Máx. 10 m
Aislamiento galvánico	Si
Salidas	
Salidas digitales	3
Tipo de salida	Salidas de relé
Aislamiento galvánico	Si
Corriente permanente Ith	Máx. 10 A por relé
Salidas analógicas	No

Fuente: Autoría propia, 2018.

Módulo de Ampliación Analógico LOGO! AM2

En el (Cuadro 7), se describe el valor de tensión del módulo de entrada analógico AM2, cuyo valor es el mismo al módulo “LOGO! 8 12/24RCo”, ya que de este, es de donde proviene su alimentación a través de una corredera. Las 2 entradas analógicas deben ser acondicionadas por el “módulo de acondicionamiento TRM3” antes de su conexión al “módulo analógico AM2”. El rango de entrada analógico a utilizar será 0 VDC a 10 VDC, y la parametrización corresponderá al desarrollador del programa.

Cuadro 7: Características de alimentación del módulo de ampliación analógico AM2”.

Modelo del Módulo	LOGO! AM2
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada de alimentación	12/24 V DC.
Rango admisible	10,8 V DC a 28,8 V DC.
Aislamiento galvánico	No.
Borne de puesta a tierra	Para poner a tierra y apantallar el cable de medición analógico.
Entradas	
Entradas digitales	No
Entradas analógicas	2
Rango	0 V DC a 10 V DC o 0/4 mA a 20 mA
Longitud de cable (blindado y trenzado)	Máx. 10 metros.
Aislamiento galvánico	Si
Salidas	
Salidas digitales	No
Salidas analógicas	No

Fuente: Autoría propia, 2018.

Módulo visualizador de texto TDE

El módulo visualizador de texto TDE, posee un teclado de membrana de 10 teclas, con las cuales se podrá seleccionar la condición de encendido del grupo electrógeno (Arranque, parada y automático); un display gráfico de 160 columnas por 96 filas, para visualizar los parámetros de operación del motor (Presión de aceite, temperatura y carga batería); los valores del alternador (Voltaje, corriente y frecuencia); las señales de aviso de fallo (Alta temperatura del motor y baja presión del aceite del motor). Estas son las características base del “Panel de control serie 1001” a sustituir, pero además, se podrá incorporar nuevas indicaciones de falla, como: Fallo por intentos de arranque, bajo o alto voltaje, y sobre o baja velocidad del motor, sin necesidad de incorporar módulos adicionales. Todo esto será elaborado por el diseñador del programa en el momento que se ejecute la propuesta. El valor de alimentación del “módulo visualizador de texto TDE”, coincide los valores de los módulos anteriores, ver (Cuadro 8). La pantalla gráfica con retroiluminación, permite una gran cantidad de caracteres. El panel frontal es capaz de resistir un ambiente polvoriento y chorros de agua, y su puerto de comunicación posee 2 interfaces, una con el “LOGO 8! 12/24RCo” y otra con cualquier otro dispositivo de conexión Ethernet.

Cuadro 8: Características de alimentación del módulo visualizador de textos TDE.

Modelo del Módulo	LOGO! TDE
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada de alimentación	12 VDC.
Rango admisible	10,2 V DC a 28,2 V DC.
Datos mecánicos	
Teclado	Teclado de membrana 10 teclas.
Display	Gráfico de FSTN de 160 x 96 (columnas x filas), retroiluminación con LED (blanco/ámbar/rojo).
Grado de protección	
Panel frontal	IP65
Cuerpo interno	IP20

Cuadro 8 (Cont.)	
Puerto de comunicación	
Rendimiento de Ethernet	Dos interfaces Ethernet con velocidad de transferencia de datos de 10/100 M dúplex/semidúplex.
Distancia de conexión	Máximo 30 metros.

Fuente: Autoría propia, 2018.

Módulo acondicionador de señales TRM3

Las características del módulo de acondicionamiento de señales mostradas en el (Cuadro 9), permiten apreciar los valores aceptados de las entradas de variables a ser acondicionadas, a los valores de salida que pueden interpretar los módulos “LOGO 8! 12/24RCo y el de ampliación analógico AM2”.

Cuadro 9: Características de alimentación del módulo acondicionador TRM3.

Modelo del Módulo	TRM3
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada de alimentación	12 - 60 V DC.
Aislamiento galvánico	Si
Borne de puesta a tierra	Si.
Entradas	
Entradas digitales	No.
Entradas analógicas	7
Tensión: 2 gamas programables	150 y 500 VAC; 3 ϕ + neutro
Corriente: 2 gamas programables	1 y 5 A; hasta 3 TC toroide.
Aislamiento galvánico	Si.
Salidas	
Salidas digitales	No
Salidas analógicas	4
Rango	0 V DC a 10 V DC o 0/4 mA a 20 mA
Aislamiento galvánico	Si
Puerto de comunicación	
Tipo	RS485, 2 hilos
Protocolo	Modbus/Jbus
Aislamiento galvánico	Si

Fuente: Autoría propia, 2018.

Referencia de los módulos y su codificación para su adquisición.

Para la adquisición de los módulos, se debe especificar la codificación del modelo del módulo a comprar de acuerdo a las características técnicas requeridas para el nuevo diseño de control. Las fichas técnicas y manuales de estos productos dan a detalle la nomenclatura requerida para escoger el modelo adecuado y su codificación. Basados en ello, se elaboró el (Cuadro 10).

Cuadro 10: Codificación de los productos para su adquisición.

MARCA	MODELO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
SIEMENS	LOGO! 12/24RCEo	Módulo encargado de procesar la información de las entradas y salidas de todas las variables.	6ED1052-2MD00-0BA8
SIEMENS	LOGO! AM2	Módulo de ampliación analógico	6ED1055-1MA00-0BA2
SIEMENS	LOGO! TDE	Visualizador de textos con interfaces Ethernet	6ED1055-4MH00-0BA1
PEPPERL-FUCHS	TRM3	Módulo acondicionador de señales.	TRM3-4A3

Los materiales necesarios para la instalación, conexión y adaptación de los módulos a utilizar en el nuevo diseño de control basado en un programador lógico de control, serán cuantificados y especificados por el ejecutor de esta propuesta, e instalado por personal calificado para esta tarea.

Diagramas de Flujo de los Sistemas que Integran el Diseño de Control

La elaboración de diagramas de flujo de todos los sistemas que integrarán el nuevo diseño de control, es una herramienta que facilitará el direccionamiento de la información para elaborar la lógica de control, y por consiguiente, los programas requeridos para su funcionamiento.

Diagrama de Flujo del Sistema de Medición del Alternador

Las señales analógicas que fluyen por el diagrama de flujo del sistema de medición del alternador están representadas en (Ver figura 45). Los valores de voltaje, corriente y frecuencia, son unidireccionales entre todos los módulos presentes. La información fluye desde el alternador del grupo electrógeno al módulo acondicionador de señales, pasando primero por los conmutadores de voltaje y corriente, con el fin de seleccionar un solo valor respectivamente. Los valores de frecuencia son obtenidos de la misma señal de voltaje. La información es procesada por el módulo acondicionador de señales, convirtiéndola en valores analógicos interpretables por el LOGO! 8 y su módulo de ampliación analógico AM2. LOGO! 8 procesa la información transformándola en un flujo de datos para la posterior visualización en el visor de textos TDE.

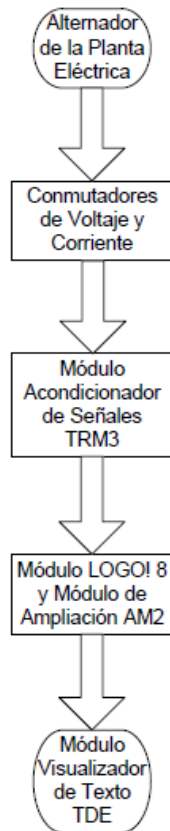


Figura 45: Diagrama de flujo del sistema de medición de voltaje, corriente y frecuencia.

Fuente: Autoría propia, 2019

Diagrama de Flujo del Sistema de Supervisión y Protección del Motor

El siguiente diagrama de flujo representado, (Ver Figura 46), corresponde al sistema de supervisión y protección del motor del grupo electrógeno. La información intercambiada entre el motor y el módulo LOGO! 8 es bidireccional, donde se envían las señales analógicas de presión y temperatura del motor, y el voltaje de carga de la batería, desde el motor diesel al módulo LOGO! 8 para su interpretación, este enviará un flujo de datos al módulo visualizador de texto para indicar su estado, y a su vez, señales digitales al motor diesel que condicionaran su funcionamiento.



Figura 46: Diagrama de flujo del sistema de supervisión y protección del motor
Fuente: Autoría propia, 2019

Diagrama de Flujo del Sistema de Operación y Control del Motor.

La operación y control del grupo electrógeno, está representada en la Figura 47. Se observa la interacción entre diferentes variables del nuevo diseño de control del grupo electrógeno, como lo son:

La variable digital de salida de alarma y las variables digitales de entrada arranque remoto y para de emergencia, proveniente y dirigidas respectivamente al módulo LOGO! 8; encargadas de indicar una falla a través de una señal sonora y poner en marcha de forma remota o parar por emergencia a la planta eléctrica.

El flujo de variables analógicas y digitales entre el motor diesel y el LOGO! 8, conformado por las señales digitales de salida al motor de arranque y el solenoide de la bomba de inyección del motor, las cuales llegan al módulo interfaz del motor EMI (por sus siglas en ingles), que se encuentra integrado al motor diesel. Las variables analógicas temperatura, presión de aceite y voltaje de carga de baterías, provenientes del motor diesel, que si bien es cierto que pertenecen al sistema de supervisión y protección del motor, también forman parte del sistema de operación y control. Por último, está el flujo de datos bidireccional entre el visualizador de texto TDE y el LOGO! 8, donde se intercambia información de la operación y control del motor, y la opción de comunicación de datos con otros dispositivos.

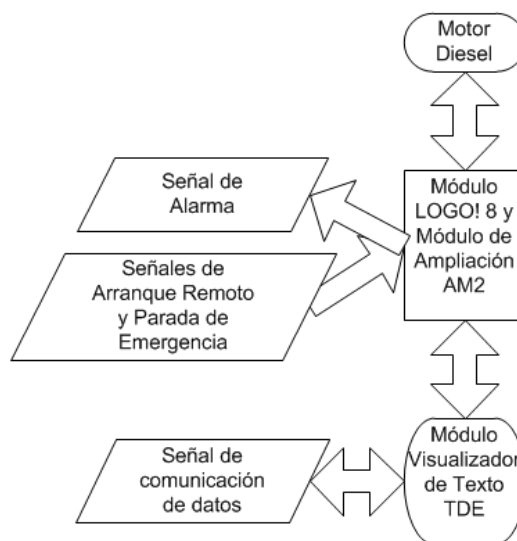


Figura 47: Diagrama de flujo del sistema de operación y control del motor
Fuente: Autoría propia, 2019

Diagrama de Flujo del Nuevo Diseño de Control.

Los tres sistemas que integran el nuevo diseño de control está representado en la figura 48, con este diagrama se facilitará la comprensión del funcionamiento del diseño de control, la lógica del cableado a realizar y el flujo de información para la elaboración del programa.

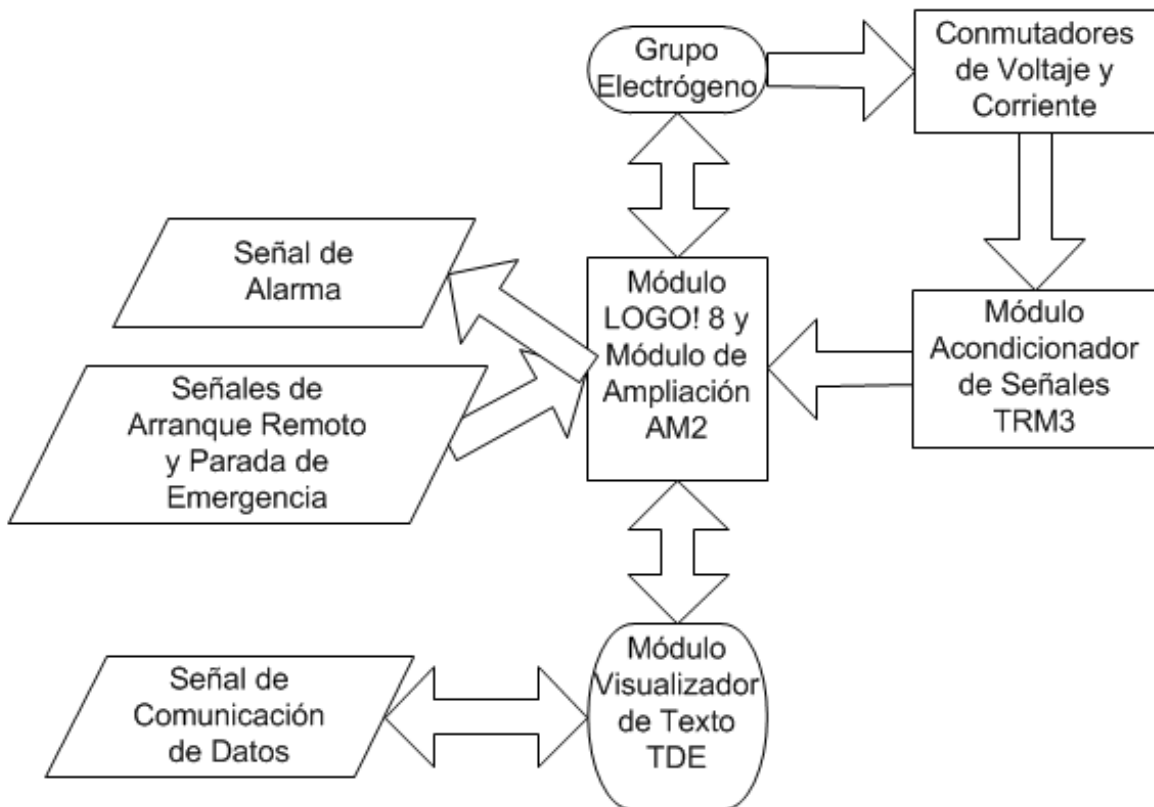


Figura 48: Diagrama de flujo del nuevo diseño de control
Fuente: Autoría propia, 2019

Diagrama Eléctrico del Sistema de Operación y Control del Motor.

Una de las tareas que debe realizar el desarrollador de esta propuesta, es la elaboración de los diagramas eléctricos de cada uno de los sistemas que integran el nuevo panel de control para dar un punto de referencia para la elaboración de la lógica de control en el programador lógico de control. En la figura 49, se representa el funcionamiento lógico para la operación y control del motor del grupo electrógeno como una opción de diseño. Un conmutador selecciona el tipo de arranque: “Parada, Arranque y Remoto”. Los relés que integran este circuito de control, y los condicionamientos de sus contactos, permiten el funcionamiento de operación y control del motor diesel del grupo electrógeno. Los sensores de presión de aceite y temperatura del motor, fueron reemplazados por sensores digitales para simplificar la elaboración del diagrama eléctrico.

El (cuadro 11), describe la simbología usada en la elaboración del diagrama eléctrico del sistema de operación y control del motor del grupo electrógeno.

Cuadro 11: Descripción de los símbolos utilizados en la figura 49.

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
Fuse	Fusible.	SC	Solenoide combustible
SA	Selector arranque.	RA	Relé arranque
PPE	Pulsador parada emergencia.	RTCT	Relé temporizador contador.
BSR	Bornera señal remota.	RCT	Relé contador.
P1	Luz piloto intentos de arranque.	RT	Relé temporizador.
P2	Luz piloto alta temperatura.	RPE	Relé parada de emergencia
P3	Luz piloto parada de emergencia.	RAL	Relé alarma.
AL	Alarma sonora.	RTP	Relé temperatura.
MA	Motor arranque.	RPA	Relé presión aceite

Fuente: Autoría propia, 2019

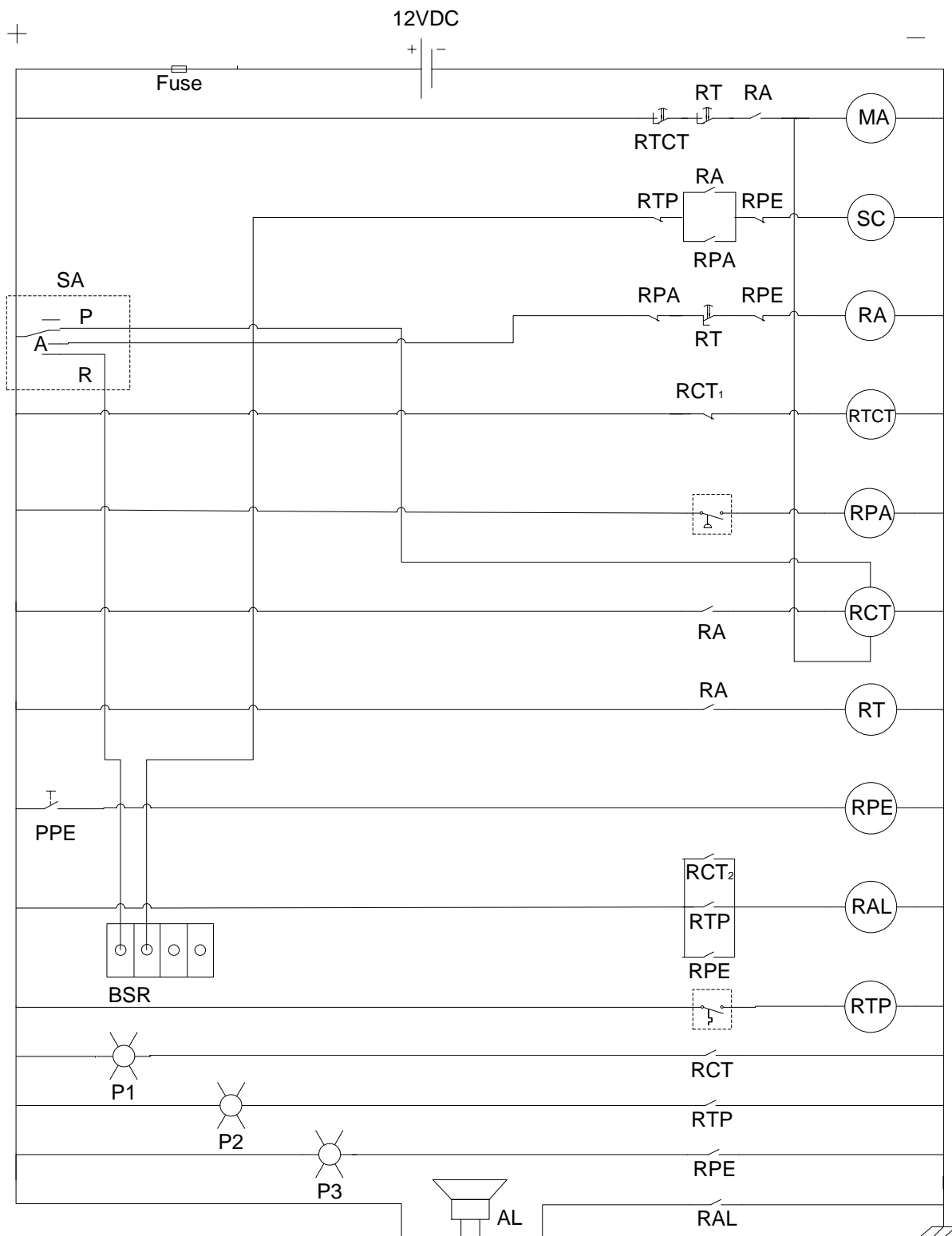


Figura 49: Diagrama eléctrico del sistema de operación y control del motor.
Fuente: Autoría propia, 2019

CONCLUSIONES

La sustitución de un panel de control de cualquier equipo, maquinaria, o proceso, es siempre una alternativa viable como solución a los problemas de operación, consecución de repuestos o modernizaciones que se requieran. La propuesta de sustituir el deteriorado y obsoleto panel de control del grupo electrógeno FG Wilson, modelo: P44E, llevo al desarrollo de una cantidad de pasos para entender el funcionamiento y características de sus componentes, elaborar un diseño basado en los sistemas que integran al grupo electrógeno en cuestión, y culminar con un diseño de control basado en un controlador lógico programable, que es la propuesta planteada en este trabajo. Si bien es cierta la existencia en el mercado de controladores diseñados específicamente para el manejo de plantas eléctricas, la alternativa de implementar el uso de un controlador programable, permite el desarrollo de capacidades técnicas y humanas para dar soluciones y plantear propuestas de diseños de control de acuerdo a las necesidades. El nuevo diseño de control no sujeta al grupo electrógeno a utilizar repuestos específicos, como sensores y actuadores, pudiendo sustituirse estos, modificando solamente sus parámetros de operación. A demás, se pueden incluir nuevas características en el nuevo diseño de control, como: Protección y señalización de alto o bajo voltaje, frecuencia, sobre velocidad, entre otras. El nuevo diseño de control basado en un programador lógico de control, puede ser utilizado en grupos electrógenos de diferentes marcas, convirtiéndose en un repuesto genérico para soluciones de control en estos equipos. La implementación de un programador lógico de control, como diseño de control de un grupo electrógeno, permite dar una respuesta rápida a las fallas que se pudiesen presentaren los paneles de control originales, por ser los programadores lógicos de control equipos de fácil consecución en el mercado. Sus características técnicas, la calidad de su fabricación, y la confiabilidad de estos equipos, los convierten en una alternativa eficaz para el control y monitoreo de grupos electrógenos. Otro aspecto importante de la utilización de este nuevo diseño de control, es la facilidad de su operación, estando sujeto al diseño amigable a realizar el programador. La capacidad de comunicación a distancia con otros

dispositivos, es otra ventaja al utilizar programadores lógicos de control, característica que no posee el panel de control original, colocando al grupo electrógeno a la vanguardia de los actuales paneles de control que poseen las plantas eléctricas modernas.

RECOMENDACIONES

El reemplazo del actual panel de control debe ser realizado en el menor tiempo posible, ya que se encuentra comprometidas partes muy costosas del grupo electrógeno, como lo es el motor diesel, donde no se puede apreciar los valores de presión de aceite. La medición de los valores de voltajes y corrientes están limitadas, al igual que las señalizaciones por leds de paro por temperatura y presión, impidiendo una correcta visualización de la operación de la planta eléctrica.

De producirse una falla de algunos de los sensores del motor (temperatura o presión de aceite) con el uso del panel de control original, obligaría la búsqueda del sensor original, sin posibilidad de poder adaptar un sensor similar.

Es importante destacar que la implementación de este nuevo diseño de control debe ser ejecutado por personal técnico calificado en las disciplinas de ingeniería eléctrica, con sólidos conocimientos en el funcionamiento de grupos electrógenos y programación de programadores lógicos de control. Personal técnico electromecánico y de carpintería metalmecánica, son necesarios para la adaptación de las partes involucradas y el cableado de las mismas. La utilización de la marca de programador lógico de control propuesta, no limita la utilización de otras marcas que puedan cumplir con las características requeridas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Acuña (2012). “Modernización de la Arquitectura del Sistema de Supervisión de la Casa de Máquinas I, de la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar”.
<http://saber.ucv.ve/handle/123456789/4302>

Acondicionador de variable frecuencia
<http://www.disai.net/producto/convertidores-de-senal/>

Cantos (2009). Historia de los PLC´s.<https://es.slideshare.net/carcpolo/2-historia-de-los-plc-s>

Carrillo (2011). “Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado” 2^{da} Edición, Fondo editorial UNERMB.

Colegio Juan XXIII. (Mayo 2006). Compendio manuales de usuario Siemens.

Conmutadores ABB (2003).
<https://library.e.abb.com/public/b985e03b226c13fb832572bb00613355/Conmutadores%20de%20levas%20CamLine.pdf>

Elección de PLC y de Sistemas de Documentación Adecuados
<https://www.e3seriescenter.com/blog-de-ingenieria-electrica-moderna/eleccion-de-plc-y-de-sistemas-de-documentacion-adequados>

Espinoza, Pérez, Vergel (2011). “Presentación clase PLC´s”. Autómatas Programables Controladores Lógicos Programables PLC's”.

Fernández, Duarte. (2015). “Automatismo para el monitoreo y control de un grupo electrógeno con arranque eléctrico”.
<http://www.redalyc.org/html/2654/265443638020/>

Guillén, Maya. (2017). “Modernización del Sistema de Control para la Generación y Distribución de Vapor en la Clínica Novaclínica Santa Cecilia S.A.”
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/12911>

Hurtado (Mayo 2008). Metodología de la investigación holística.<http://investigacionholistica.blogspot.com/2008/02/la-investigacion-proyectiva.html>

Módulo analógico Siemens (2008)
https://www.ebay.com/sch/i.html?_from=R40&_trksid=p2047675.m570.l1313.TR0.TRC0.H0.Xlogo+modulo+anal%C3%B3gico.TRS0&_nkw=logo+modulo+anal%C3%B3gico&_sacat=0

Panel de control DSE 7410 (2011)
<https://www.deepseapl.com/genset/manual-auto-start-control-modules/dse7410>

Pantalla TDE Siemens
(2008). https://www.ebay.com/sch/i.html?_from=R40&_trksid=p2050601.m570.l1313.TR1.TRC0.A0.H0.Xlogo+td.TRS0&_nkw=logo+td&_sacat=0

Pantalla TDE Siemens (2008).
<https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logic/logo-text-display/pages/default.aspx>

Plantas Eléctricas FG. Wilson (2000) Manual de operaciones 408-209

Sensores de presión de aceite Diesel Technic (2004)
<https://partnerportal.dieseltechnic.com/es/sensor-de-presion-118300.html>

Siemens. (Septiembre 2007). Manual del sistema de automatización S7-200.
<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200ManualSistema.pdf>

Siemens. (1999). “EIS7-200 en una hora”.
http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio1/archivos/plc_s7_200/1h_prim_es.pdf

Siemens. (2000). “El S7-200 en dos horas”.
<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200-2HORAS.PDF>

Wikipedia. (2017). Controlador lógico programable.
https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable

Wikipedia. Normas IEC 61131. (2017) https://es.wikipedia.org/wiki/IEC_61131

10 aspectos para elegir un autómatas PLC
<http://www.infopl.net/blogs-automatizacion/item/101501-10-aspectos-para-elegir-automata-plc>

ANEXOS

Datos Técnicos LOGO 8! Pure 12/24

Cuadro 12: Datos técnicos LOGO 8! 12/24

	LOGO! 12/24RCE _o LOGO! 12/24RCE
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada	12/24 V DC
Rango admisible	10,8 V DC a 28,8 V DC
Protección contra inversión de polaridad	Sí
Consumo de corriente • 12 V DC • 24 V DC	• De 50 mA a 165 mA • De 25 mA a 90 mA
Compensación de fallos de tensión • 12 V DC • 24 V DC	• Típ. 2 ms • Típ. 5 ms
Disipación • 12 V DC • 24 V DC	• De 0,6 W a 2,0 W • De 0,6 W a 2,2 W
Respaldo del reloj en tiempo real a 25 °C	Típ. 20 días

Fuente: Manual LOGO!8.FS4

Datos Técnicos Módulo de Ampliación Analógico AM2

Cuadro 13: Datos técnicos módulo de ampliación analógico AM2

LOGO! AM2	
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada	12/24 V DC
Rango admisible	10,8 V DC a 28,8 V DC
Consumo de corriente	De 25 mA a 30 mA
Compensación de fallos de tensión	Típ. 10 ms
Disipación a	
<ul style="list-style-type: none"> • 12 V DC • 24 V DC 	<ul style="list-style-type: none"> • De 0,3 W a 0,4 W • De 0,6 W a 0,7 W
Aislamiento galvánico	No
Protección contra inversión de polaridad	Sí
Borne de puesta a tierra	Para poner a tierra y apantallar el cable de medición analógico
Entradas analógicas	
Cantidad	2
Tipo	Unipolar
Rango de entrada	0 V DC a 10 V DC (impedancia de entrada 76 k Ω) o 0/4 a 20 mA (impedancia de entrada <250 Ω)
Resolución	10 bits, normalizada de 0 a 1000
Tiempo de ciclo para generar valores analógicos	50 ms
Aislamiento galvánico	No
Longitud de cable (blindado y trenzado)	Máx. 10 m
Alimentación del encóder	Ninguno
Límite de error	$\pm 1,5$ %
Supresión de frecuencias perturbadoras	55 Hz

Fuente: Manual LOGO!8.FS4

Datos Técnicos Módulo Visualizador de Textos TDE

Cuadro 14: Datos técnicos módulo visualizador de textos TDE

	LOGO! TDE
Datos mecánicos	
Teclado	Teclado de membrana de 10 teclas
Display	Display gráfico FSTN de 160 x 96 (columnas x filas), retroiluminación con LED (blanco/ámbar/rojo)
	LOGO! TDE
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada	24 V AC/DC 12 V DC
Rango admisible	20,4 V AC a 26,4 V AC 10,2 V DC a 28,8 V DC
Frecuencia de red admisible	47Hz a 63 Hz
Consumo de corriente (con Ethernet y retroiluminación blanca activos)	<ul style="list-style-type: none"> • 12 V DC • 24 V DC • 24 V AC <ul style="list-style-type: none"> • Típ. 150 mA • Típ. 75 mA • Típ. 145 mA
Grado de protección	
	IP20 para el LOGO! TDE excluyendo el panel frontal IP65 para el panel frontal del LOGO! TDE
Puerto de comunicación	
Rendimiento de Ethernet	Dos interfaces Ethernet con velocidad de transferencia de datos de 10/100 M dúplex/semidúplex
Distancia de conexión	Máx. 30 m
Display LCD y retroiluminación	
Vida útil de la retroiluminación ¹⁾	20.000 horas
Vida útil del display ²⁾	50.000 horas
Montaje	
Dimensiones del orificio de montaje (AnxAI)	(119 + 0,5 mm) x (78,5 + 0,5 mm)
Condiciones de montaje	Monte el LOGO! TDE en posición vertical sobre una superficie plana de un envoltorio IP 65 o de tipo 4x/12.

Fuente: Manual LOGO!8.FS4

Datos Técnicos Acondicionador de Señales TRM3

Cuadro 15: Datos técnicos acondicionador de señales TRM3

TRANSMISOR de MEDIDAS ELÉCTRICAS

para todos los tipos de redes : monofásica, trifásica equilibrada y desequilibrada 3/4 Hilos

TRM3

DISAI
Automatic Systems

T-962 448 450 www.disai.net

El TRM3 es un **transmisor de medida** aislado que permite convertir los parámetros de las redes eléctricas alternativas : tensión, corriente, potencia, frecuencia, cosinus...

Universal, tiene mas de **25 parámetros** medibles que se afectan por escoger en la programación sobre los canales de salida.

Además, es enteramente configurable por el usuario con un software para PC.

Funciones

- ▶ **Calibres de entrada programables :**
Corriente 1A y 5AAC,
(asegurado por un conector atomillado)
Tensión 150V y 500VAC.
- ▶ **Aislamiento galvanico :**
Entradas / Alimentación / salidas : 4 kV
Entre las salidas : 1 kV
- ▶ Amplio intervalo de alimentación.
(Alimentación tensión baja opcional)
- ▶ Tiempo de respuesta < 120 ms.
- ▶ Dimensiones reducidas.
- ▶ Conectores desenchufables para conexiones atomillables.



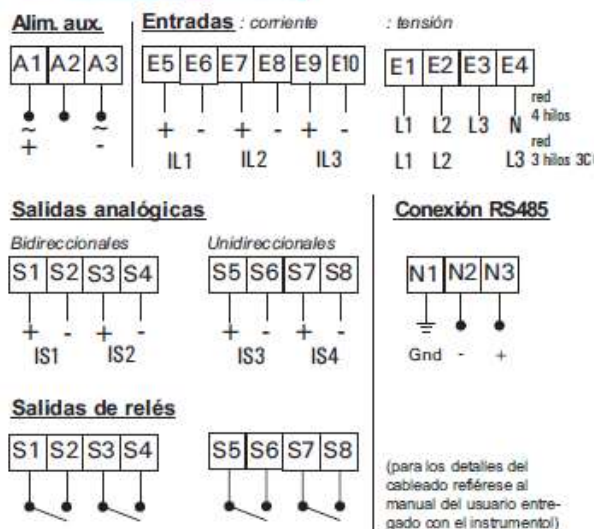
Opciones de salida

- ▶ **Salidas analógicas o / y relés :**
(1 a 4 salidas posibles)
 - Salidas de corriente uni e bidireccionales
0/5mA, 0/10mA, 0/20mA, 4/20mA
-5/5mA, -10/10mA, -20/20mA
 - Salida de tensión (opcional) :
-10/10V, 0/10V, -5/5V, 0/5V
 - Salida de relés : umbral o pulsos
- ▶ **Salida numérica Modbus/Jbus**
(conexión RS485 2 hilos)

Ambiente

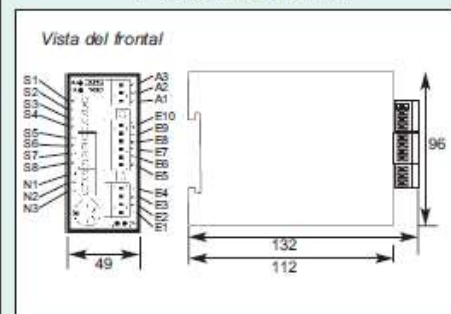
- ▶ Temperatura de función : -10°C a +55°C.
- ▶ Temperatura de almacén : -25°C a +70°C
- ▶ Pruebas dimaticas (10 días) :
40°C/93%HR, CEI68-2-3
- ▶ Marcado

Conexiones



Presentación

Dimensiones : (A x L x P) 96 x 49 x 112 mm
(P=132, terminales incluidos)



Protección : Caja / terminales : IP 20

Caja : Auto-extinguible de ABS negro UL94V0
Enchufable sobre carril DIN simétrico
Conectores desenchufables para conexiones atomilladas (2,5mm², flexibles o rígidas)

Peso : 200g

Características técnicas

▶ ENTRADAS		▶ ALIMENTACIÓN	
• TENSIÓN	2 gamas programables Un = 150 y 500 Vac	2 Versiones :	Alta tensión o baja tensión (especificar en el pedido)
• CORRIENTE	2 gamas programables 1 A y 5 Aac In = 1,2 A et 6 Aac	Alta tensión	90...270 Vac y 88...350 Vdc
Sobrepasas medibles	1,2 In; 1,2 Un	Baja tensión	20...40 Vac y 20...60 Vdc
Sobrecargas	permanentes : 750 V, 10 A durante 10 s : 1000 V, 50 A	Consumo	< 5 VA
Consumos	entrada tensión : resistencia 1MΩ entrada corriente : < 0,2 VA	▶ MEDIDAS	
Tensión de prueba	4 KV / 50 Hz / 1 min. con la alimentación 4 KV / 50 Hz / 1 min. con las salidas	Clase de precisión	Tensión, Corriente : 0,2 Potencia : 0,5 Energías : 1 (CEI61036) salvadas cada 5 minutos.
Frecuencia	45...65 Hz (otras frecuencias : consultar)	Derivas térmicas	< 200ppm
Tipo de red	monofásica, trifásica equilibrada o desequilibrada con o sin neutro	Método de medida	muestreo simultáneo de las 3 U y de las 3 I. Cálculo numérico sobre 32 bits.
▶ OPCIONES DE SALIDA		Filtraje numérico	programable sobre 3 niveles
• 1 a 4 salidas posibles : Analógicas y / o relés		Tiempo de ciclo	55 ms (para todos los tipos de redes)
SALIDA ANALÓGICA :		Análisis de armónicos	hasta el rango 50 en los 6 canales.
Aislamiento galvanico	4KV / entradas; 2KV / salidas relés 1KV / otras salidas analógicas	<h2 style="text-align: center;">Codificación</h2> <p>Modelo : TRM3A</p> <p>• Combinaciones de salidas posibles : de 1 a 4 salidas analógicas y / o salidas de relés</p> <p>Salidas analógicas : 2 salidas analógicas bidireccionales 2A 2 salidas bidirecc. y 2 salidas unidireccionales 4A</p> <p>Salidas de relés : umbral o pulsos 2 salidas relés 2R 4 salidas relés 4R</p> <p>• Salida numérica Salida RS485 MODBUS / JBUS N</p> <p>• Alimentación Alta Tensión : 90/270 Vac 88/350 Vdc 2 Baja Tensión : 20/40 Vac 20/60 Vdc 3</p> <p>• Opciones para especificar Salida tensión : -10 / +10 V 0 / +10 V -5 / +5 V 0 / +5 V</p> <p>Ejemplos de pedidos : - Para un TRM3 con 2 salidas analógicas, 2 salida de relés, 1 salida numérica, en alimentación alta tensión, pide la referencia : TRM3-2A2R2N2</p> <p>- Para un TRM3 con 4 salida analógica, en alimentación baja tensión, pide la referencia : TRM3-4A3</p>	
Señal de salida programable	0/5mA, 0/10mA, 4/20mA, 0/20mA, (bidireccionales : -5/5mA, -10/10mA, -20/20mA)		
Ajuste de escala	0 a 100% del intervalo de medida, por programación		
Carga admisible	hasta 700Ω (20mA)		
Resolución	24000 puntos		
Precisión	< 0,1% de la escala máxima sobre -20/20mA (<0,4% sobre -5/5 mA)		
Ondulación residual	25mV (de pico a pico) sobre carga de 500Ω		
Tiempo de respuesta	<120ms entrada → salida		
Derivas térmicas	< 150ppm		
SALIDA DE RELÉS : Umbral o pulsos			
Aislamiento galvanico	4KV / entradas; 2KV / salidas		
Potencia de corte	5A - 250 Vac		
Salida de pulsos	Anchura de pulsos : 100 / 200 / 400 ms por programación Velocidad de contage : 4 / 2 / 1 pulsos / seg. según la amplitud programada		
Salida umbral	Ajuste de los umbrales : programable histéresis : programable, 0 a 15% del umbral Aplazo (tempo.) : programable, 0 a 15 segundos		
SALIDA NUMÉRICA :			
Aislamiento galvanico	4KV / entradas; 1 KV / salidas analógicas 2KV / salidas relés		
Tipo	RS485 2 hilos - 4800, 9600, 19200 baudios		
Protocolo	MODBUS / JBUS RTU 8 bits sin paridad, medida sobre 16 bits		
<p style="text-align: center;"><i>Este instrumento esta diseñado para aplicaciones industriales. Se tiene que instalar en un armario eléctrico, o equivalente.</i></p>			

Fuente: Pagina Web Disai Automatic Systems