



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA

**Departamento de
Eléctrica y Electrónica**

Carrera: Ingeniería Electromecánica



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

**"SUPERVISIÓN DE VARIABLES FÍSICAS
DE UN GRUPO ELECTRÓGENO EN
CONDICIONES DE ESTADO ESTABLE
CON UN PLC MODULAR PARA EL
LABORATORIO DE GRUPOS
ELECTRÓGENOS DE LA ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA"**



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

OBJETIVO GENERAL

Supervisar las variables físicas de un Grupo Electrónico en condiciones de estado estable con un PLC Modular para el Laboratorio de Grupos Electrónicos de la ESPE Extensión Latacunga.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Acondicionar los diferentes tipos de sensores utilizados en el generador para que puedan ser leídos por el PLC.
- Programar el PLC modular para supervisar el debido funcionamiento del generador.
- Realizar un control para operar el equipo en condiciones normales, en vacío con carga y apagado de emergencia.
- Realizar las pruebas competentes y el análisis de resultados.



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

GRUPOS ELECTRÓGENOS



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

- Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna



PARTES CONSTITUTIVAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Motor de combustión (A)

1. Filtro de aire
2. Tubo de escape
3. Alternador de carga del motor
4. Batería
5. Radiador
6. Depósito de combustible (Exterior)
7. Sensores
8. Motor de arranque

Generación (B)

9. Generador
10. Tacos anti vibrantes
11. Soporte de Gran resistencia

Control (C)

12. Sistema de control
13. Tarjeta electrónica del grupo electrógeno

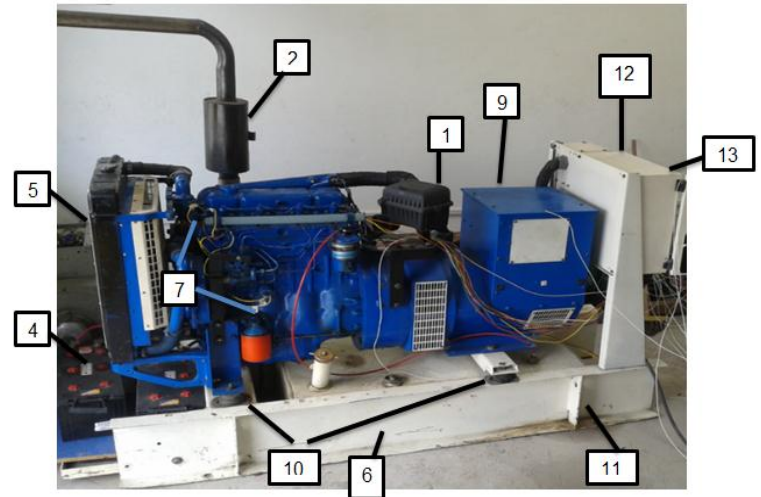


Figura 1. 1: Partes constitutivas del Grupo Electrónico



Un grupo electrógeno consta de tres pares fundamentales como indica el diagrama de bloques, estos son:

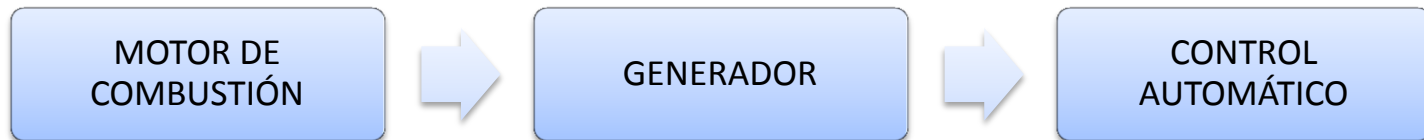


Figura 1. 2: Diagrama de Bloques del Grupo Electrónico



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

En el laboratorio de grupos electrógenos se tiene el generador con las siguientes características:

Tipo de generador:

MARCA: MOTOR Y GENERADOR F.G. WILSON

MODELO: MPWPA60

NUMERO DE SERIE: W6937/C/16

REVOLUCIONES: 1800 RPM

POTENCIA: 72 KW

TENSION: 220/127 V

FRECUENCIA: 60 HZ



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

PLC.-

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC) o Autómata Programable, a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en el medio industrial procesos secuenciales.



Estructura de los Autómatas Programables

Se refiere al *aspecto físico exterior del mismo*, bloques o elementos en que está dividido.

Estructura Compacta

Este tipo se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc.

Estructura Modular

Como su nombre lo indica, la estructura de este tipo de Autómatas se divide en módulos o partes del mismo que realizan funciones específicas.



VARIABLE

El término variable se puede definir como toda aquella característica o cualidad que identifica a una realidad y que se puede medir, controlar y estudiar mediante un proceso de investigación

ACONDICIONAMIENTO

El acondicionamiento y procesado de la señal se utiliza para modificar la señal de tal modo que pueda operar en un tercer componente que pueda ser una pantalla o un registrador

SUPERVISIÓN

De forma básica, el sistema de supervisión es el encargado de llevar a cabo las actividades siguientes:

- Adquisición y almacenamiento de datos.
- Monitorización o vigilancia de las variables del proceso.
- Control supervisor sobre autómatas y reguladores industriales.
- Detección de fallos.
- Diagnóstico de fallos
- Reconfiguración.



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

DISEÑO Y SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Para realizar el diseño, selección y el acondicionamiento de los diferentes tipos de variables, se ha procedido a realizar pruebas a los sensores existentes para tomar datos y tabularlos, de esta forma obtener las ecuaciones que indicaran cómo se comporta el sensor

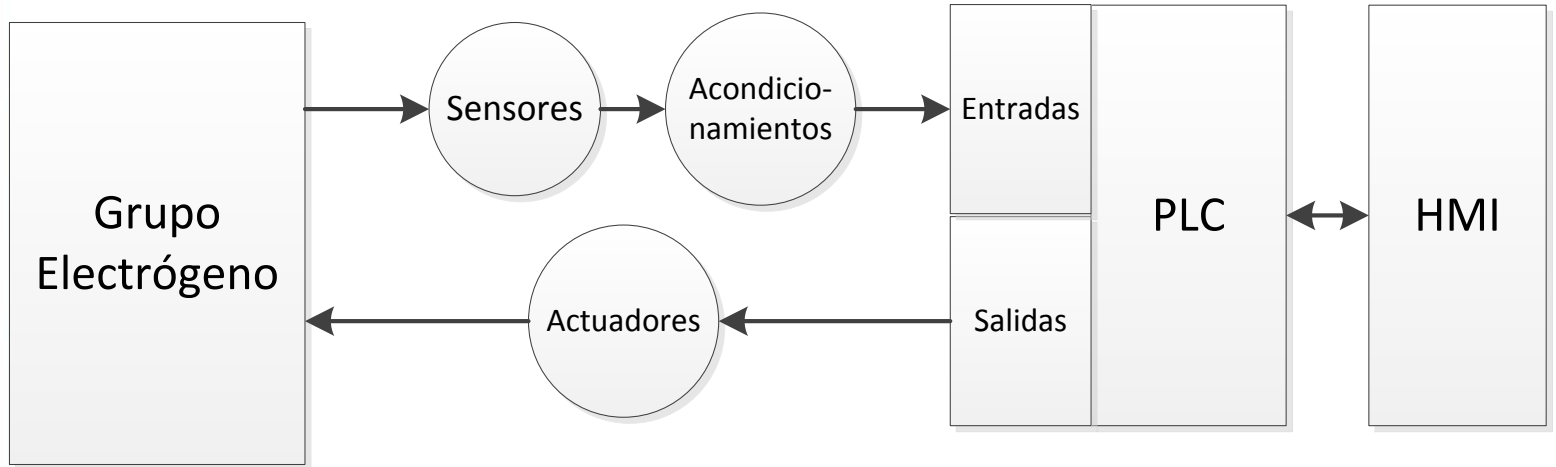


Diagrama de bloques del diseño general del proyecto



Selección del sensor de Temperatura

El sensor de temperatura es un termistor de tipo resistivo.

NTC: Estos sensores de coeficiente negativo de temperatura, la resistencia eléctrica va disminuyendo conforme la temperatura va aumentando .

Características

- Este sensor tiene un rango aproximado de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $140\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Este sensor trabaja a 12 Vcc (de corriente continua)
- Trabaja en un rango de 25 grados, que equivaldría a una resistencia de 100 K Ohm, y 100 grados a una resistencia de 1 Ohm.



Diseño del acondicionamiento de la Temperatura del Motor



Para realizar el control de la temperatura del motor se procede a realizar el siguiente proceso.

Diagrama de bloques del acondicionamiento de temperatura



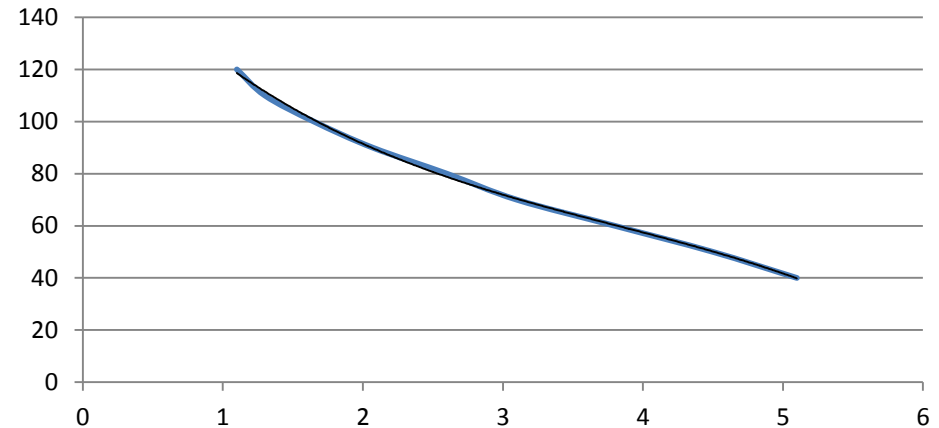
Diseño del acondicionamiento de la Temperatura del Motor

Se mide el voltaje del sensor, variando su temperatura, cuyos datos se muestran en la siguiente tabla, para obtener la correspondiente ecuación característica del sensor

Voltaje del Sensor (V)	Temperatura del Indicador (°C)
5,1	40
4,5	50
3,8	60
3,1	70
2,6	80
2,07	90
1,65	100
1,3	110
1,1	120

VOLTAJE VS TEMPERATURA

$$y = -1,0524x^3 + 12x^2 - 59,533x + 170,95$$





Diseño del acondicionamiento de la Temperatura del Motor

A continuación se muestra la configuración del amplificador operacional para utilizarlo como seguidor de tensión.

$$v_0 = - \left(\frac{R_f}{R_2} v_1 + \frac{R_f}{R_1} v_2 \right)$$

Donde:

v_0 = Voltaje de salida o voltaje de offset

v_1 = Voltajes de entrada del sensor

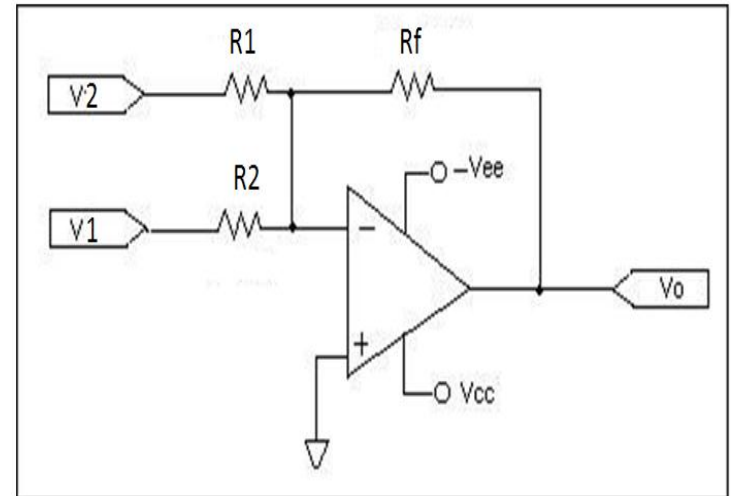
v_2 = Voltaje de entrada fijo

R_f = Resistencia de ganancia

R_1, R_2 = Resistencias independientes

$-V_{ee}$ = Voltaje negativo

V_{cc} = Voltaje positivo





ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Diseño del acondicionamiento de la Temperatura del Motor

Utilizando la ecuación anterior se tiene, una ecuación de la forma:

$$y = ax + b$$

Donde:

$$a = \frac{R_f}{R_2}$$

$$b = \frac{R_f}{R_1} v^2$$

De esta manera se calculan los valores correspondientes de las resistencias



Diseño del acondicionamiento de la Temperatura del Motor

A continuación se calculan las resistencias para obtener los niveles deseados de voltaje a la salida del acondicionamiento para que pueda leer el PLC, con los datos obtenidos del sensor y los niveles de voltaje deseados

Voltaje de Entrada al Acon. (V)	Voltaje de Salida (V)
1,1	2,5
5	5,1

Utilizando la ecuación de la recta, se tiene :

$$y = 0,625x + 1,8125$$



Diseño del acondicionamiento de la Temperatura del Motor

Resolviendo se tiene:

$$R_f = 2,2K\Omega$$

$$R_2 = 3,3K\Omega + 220\Omega$$

$$R1 = 14,55K\Omega = 12K\Omega + 2,2k\Omega + 250\Omega + 100\Omega$$

Una vez calculadas las resistencias se procede a calcular la ecuación para programarla en el PLC

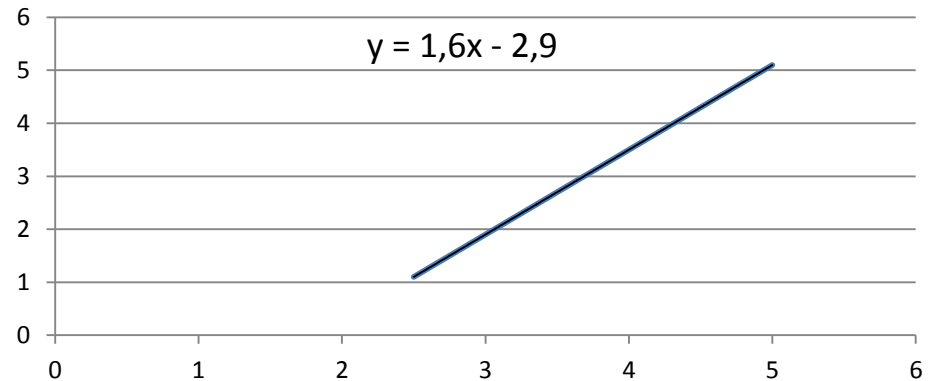
Voltaje de Entrada al PLC (V)	Voltaje de Salida Interna (V)
5	5,1
2,5	1,1



Diseño del acondicionamiento de la Temperatura del Motor

Voltaje de Entrada al PLC (V)	Voltaje de Salida Interna (V)
5	5,1
2,5	1,1

V. ENTRADA AL PLC VS V. SALIDA INTERNA



Una vez obtenidas las 2 ecuaciones, la ecuación del sensor y la ecuación del acondicionamiento, se realiza el siguiente procedimiento para obtener la ecuación para el PLC.

$$y = -1.0524x^3 + 12x^2 - 59.533x + 170.95 \quad (1)$$

$$y = 1,6x - 2,9 \quad (2)$$

Reemplazamos y de la ecuación 2 en x de la ecuación 1 y resolviendo:

$$y = -4,311x^3 + 54,16x^2 - 249,096x + 470,183$$



El resultado de la ecuación anterior es la medida real de la temperatura en función de voltaje. Esta ecuación se programa en el PLC.

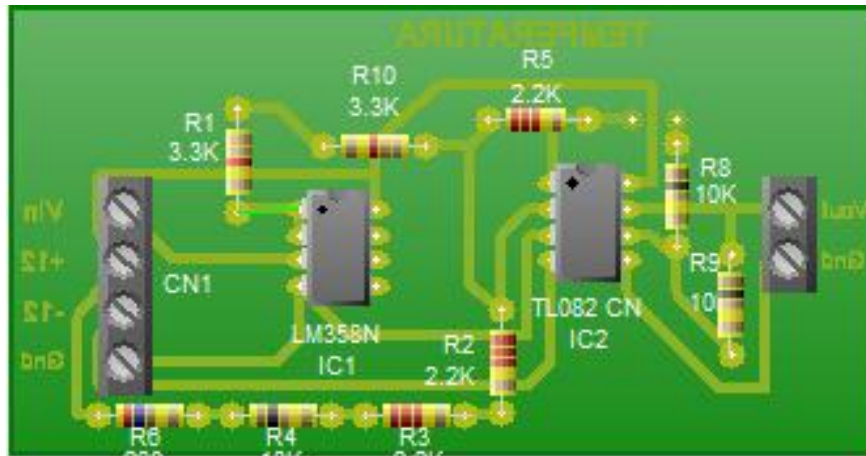
Para realizar el acondicionamiento del sensor se utilizó lo siguiente:

- Fuente de alimentación de 12 Vcc
- Fuente de alimentación de -12 Vcc
- Un amplificador operacional LM358
- Un amplificador operacional TL082
- Resistencias de 3.3 k, 220, 10k, 2.2k, 12k

Por medio del software PCBWizard se diseñó las placas de los acondicionamientos como se muestra en la siguiente figura.



Implementación del Hardware



Montaje de elementos del circuito de temperatura



Diseño del acondicionamiento del sensor de presión

El motor de combustión interna posee un sensor de presión (ver figura 2.9) que se vigila con un interruptor normalmente cerrado; se abre en condiciones normales de funcionamiento. Si la presión de aceite cae por debajo de los 2.11 kg/cm^2 (22psi) se cierra el interruptor

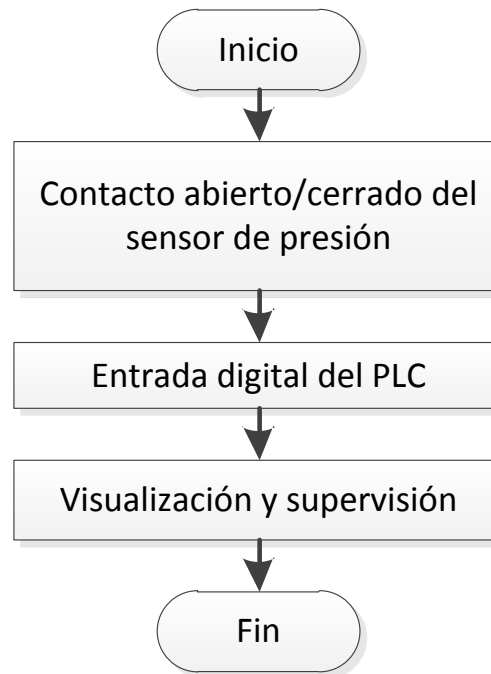
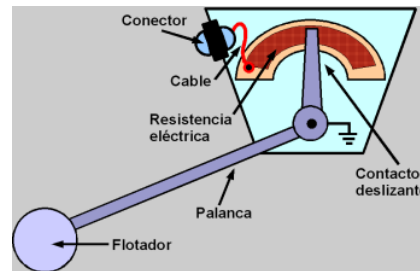


Diagrama de bloques del acondicionamiento de temperatura



Diseño del acondicionamiento del sensor de nivel de combustible

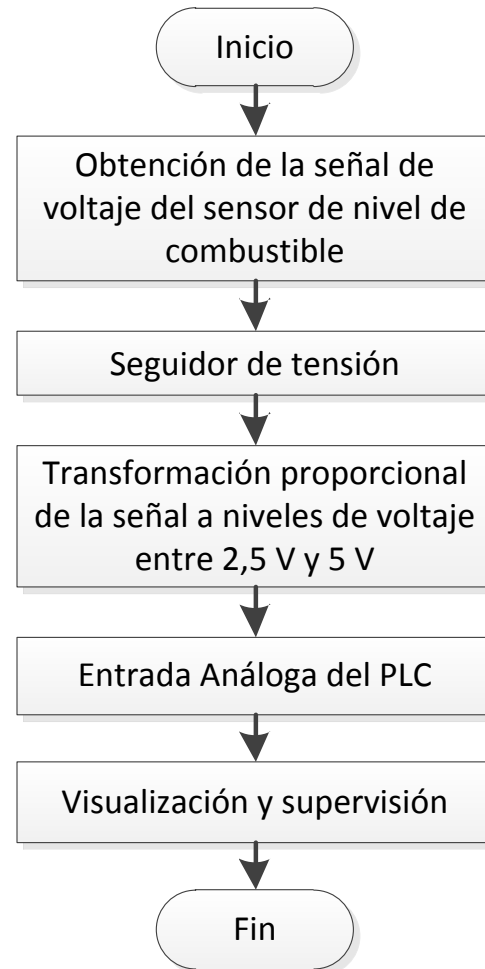
Este sensor es de tipo potenciométrico porque es un dispositivo electromecánico que consta de una resistencia lineal de valor fijo sobre la que se desplaza un contacto deslizante, el cursor, que la divide eléctricamente.



El movimiento de la boya, hace que la palanca se mueva. La posición superior o “1” indica que está lleno el depósito de combustible, la posición inferior o “0” indica que el depósito está vacío. El flotador hace mover la palanca que a su vez mueve el contacto deslizante, lo que origina un cambio en la resistencia medida entre el terminal, utilizándolo como divisor de tensión. Siendo 1 la capacidad máxima del tanque que es 0.72 m^3

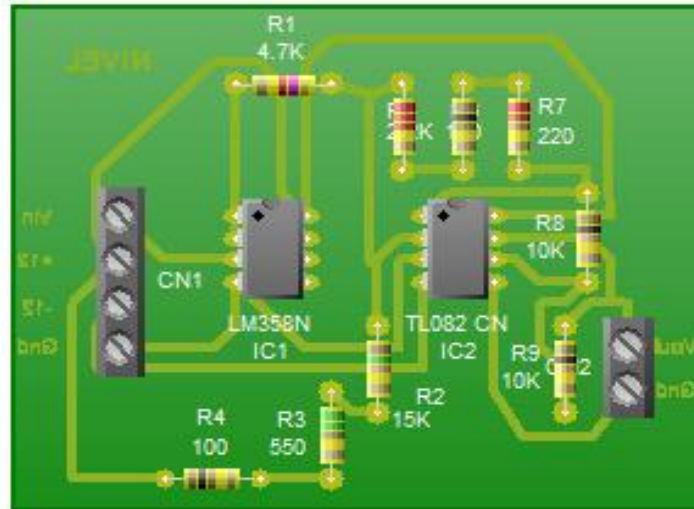


Diseño del acondicionamiento del sensor de nivel de combustible





Implementación del Hardware



Montaje de los elementos del sensor de nivel de combustible



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Diseño del acondicionamiento del voltaje de batería

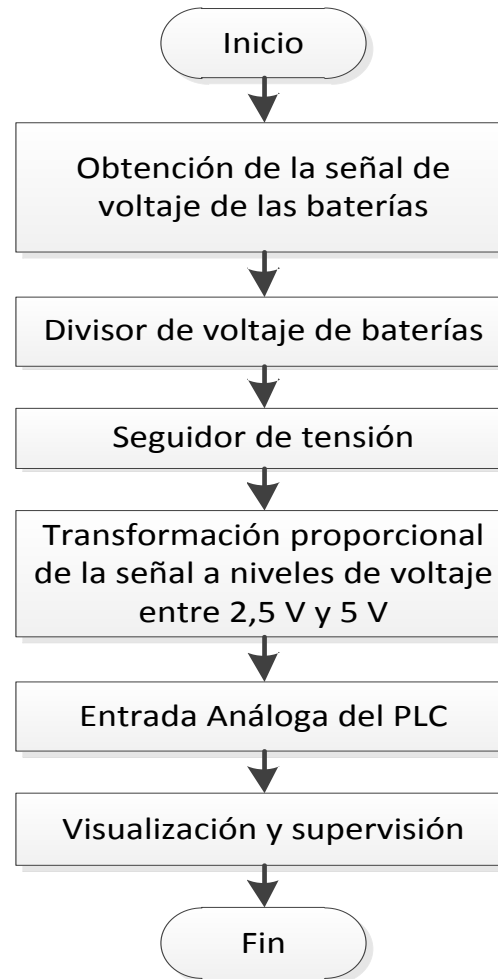
El banco de Baterías está compuesto por lo siguiente:
2 baterías de 25 placas, 12 voltios, 165 Amperios
1 batería de 12 placas, 12 voltios. 60 Amperios



Para realizar el diseño del acondicionamiento se tomó en cuenta que la señal de voltaje debe estar en el rango de 0 a 20 Vcc, ya que el voltaje generador por el alternador es mayor al de las baterías

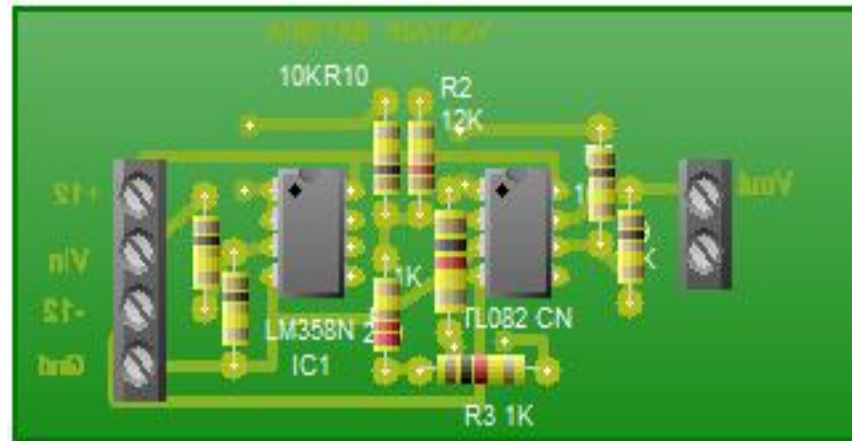


Diseño del acondicionamiento del voltaje de baterías





Implementación del Hardware



Montaje de los elementos del acondicionamiento de la señal de voltaje de la batería



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Diseño del acondicionamiento de la señal de corriente

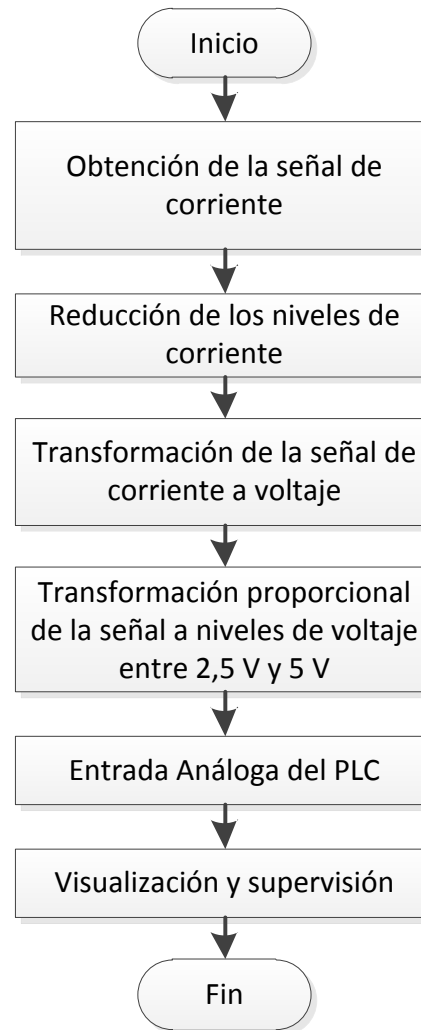
Para realizar el diseño del acondicionamiento de los transformadores de corriente se toma en cuenta su relación de transformación de 150/5.



Se redujo los niveles de corriente, a través de los transformadores de corriente, para después convertir esta señal de corriente a voltaje por medio de los sensores de corriente de efecto Hall, y por último realizar un seguidor-inversor para obtener la señal de salida entre el rangos de voltaje entre 2,5 Vcc y 5 Vcc

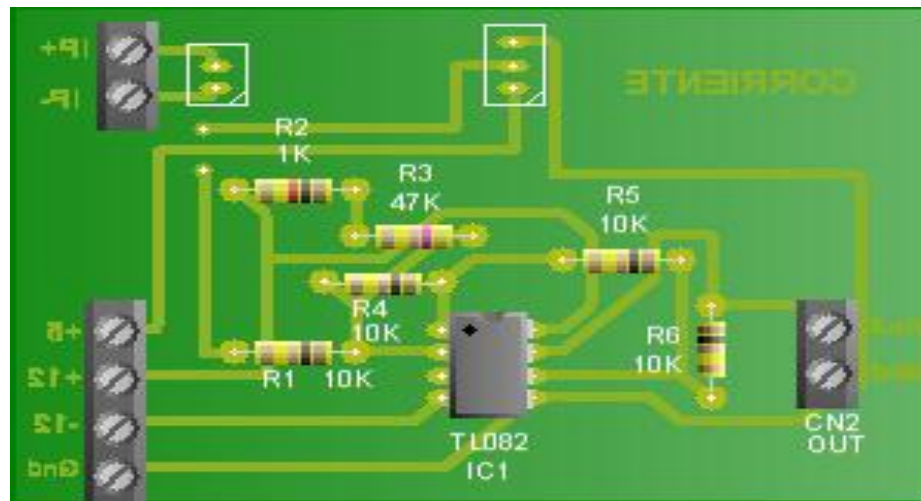


Diseño del acondicionamiento de la señal de corriente





Implementación del Hardware



Montaje de los elementos del acondicionamiento de la señal de corriente



Diseño del acondicionamiento de la señal de voltaje

- Se utilizó un transformador de voltaje reduciendo el voltaje de entrada entre 110 y 125 Vac generados por el grupo electrógeno, a 6 Vac.
- Una vez reducido el potencial, se rectificó la señal a onda completa, para después filtrar la señal con un capacitor.
- Para estabilizar la señal se utilizó un amplificador operacional. Para que los valores de voltaje de la señal este entre 2,5 y 5 Vcc, con los que pueda trabajar el PLC.

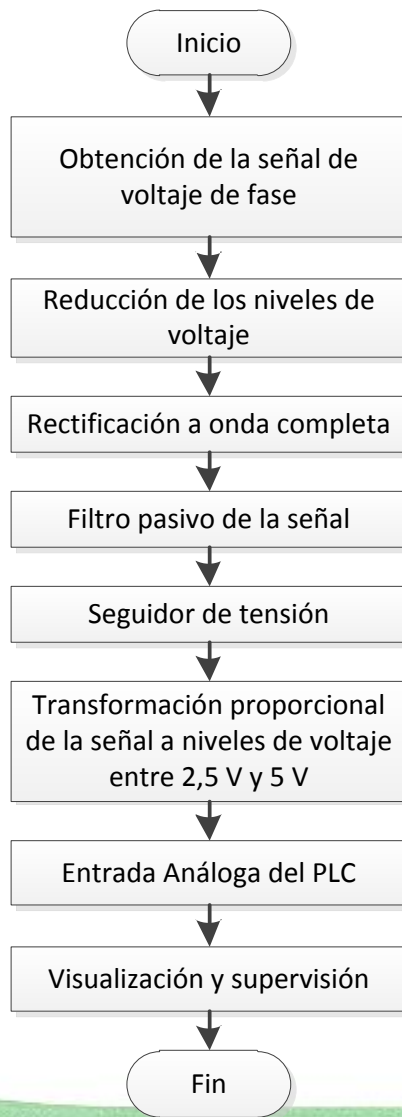
La selección del transformador está relacionada con todas estas cualidades antes mencionadas. Un transformador se utiliza cuando deseamos aumentar una tensión, pero también se lo utiliza para cuando deseamos reducir una tensión.

- Voltaje: 110/12 Vac.
- Corriente 1 Amp.
- Tipo: Tap central



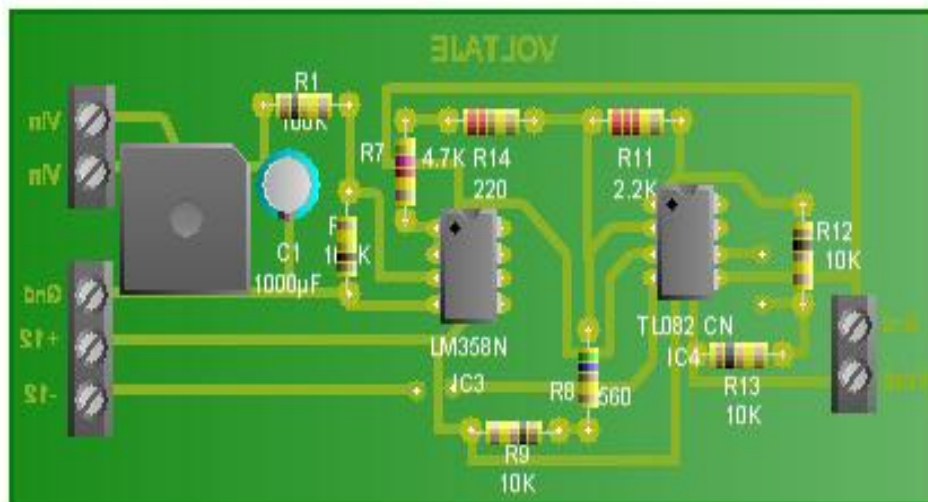


Diseño del acondicionamiento de la señal de voltaje





Implementación del Hardware



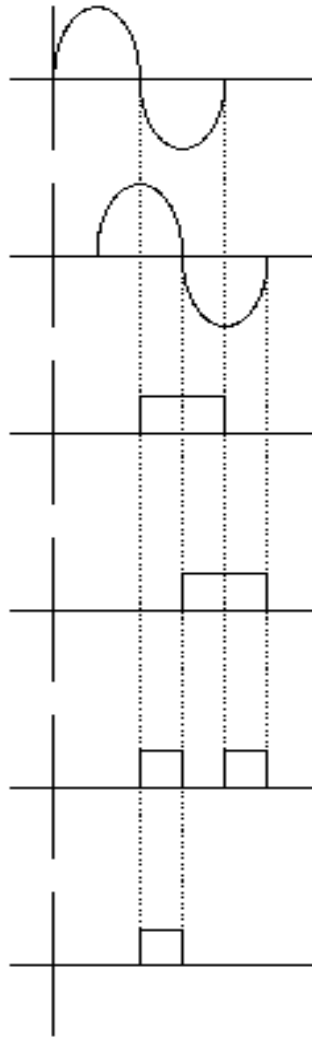
Montaje de los elementos del acondicionamiento de la señal de voltaje



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

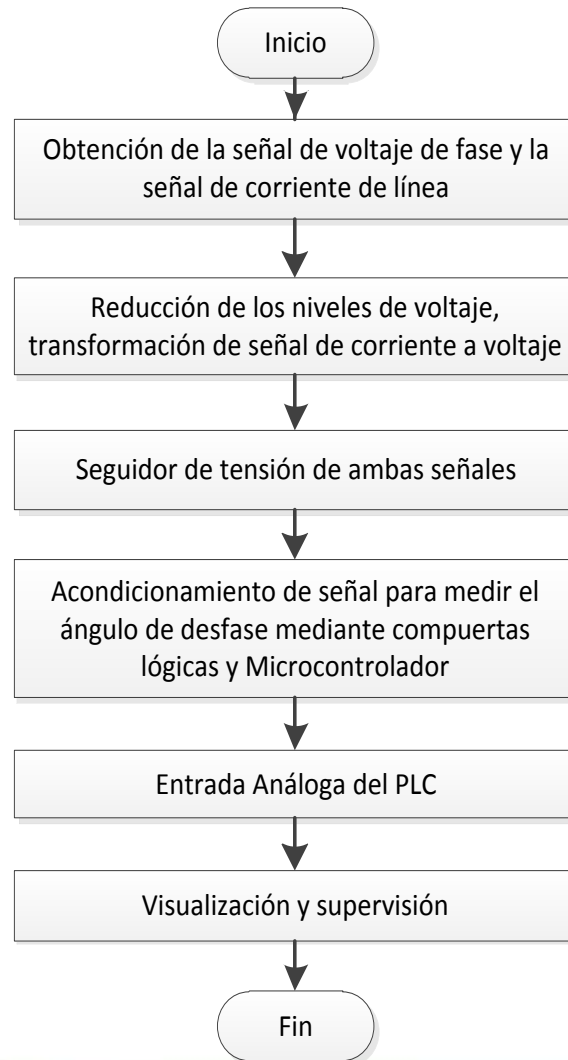
Diseño del acondicionamiento del factor de potencia



- Se toma como referencia el cruce por cero de la onda de voltaje.
- De igual manera se toma en cuenta el cruce por cero de la onda de corriente.
- Señal cuadrada de la onda de voltaje en la compuerta NOT.
- Señal cuadrada de la onda de corriente en la compuerta NOT.
- Señal cuadrada resultado de la comparación de las señales de voltaje y corriente en la compuerta EXOR,
- Onda cuadrada resultado de la comparación entre el cruce por cero y la cresta negativa. Se medirá el Período de esta señal.

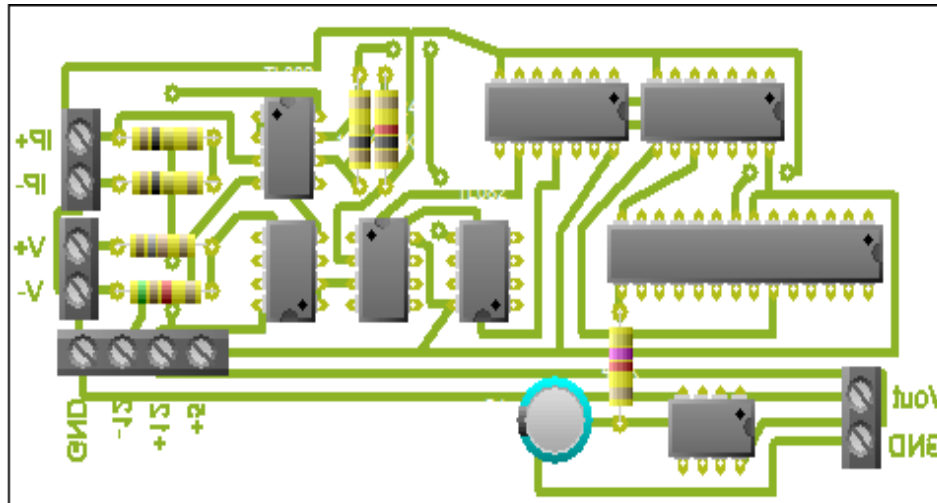


Diseño del acondicionamiento de la señal de voltaje





Implementación del Hardware



Montaje de los elementos del acondicionamiento del factor de potencia



ESPE

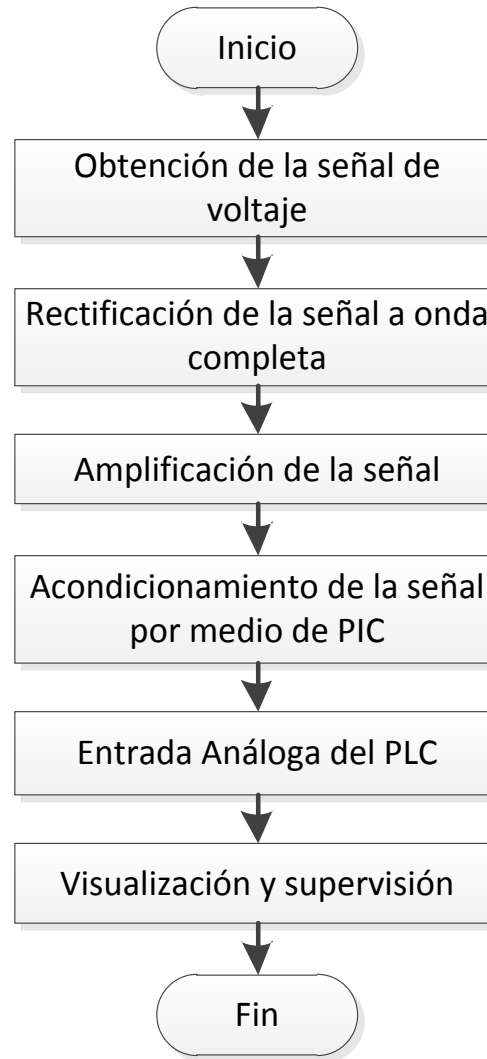
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Diseño del acondicionamiento de la señal de frecuencia

Para acondicionar la señal de frecuencia se utilizó un micro controlador PIC 16F628A que contará el número de pulsos que se genere durante 1 segundo. Para mejorar la precisión del conteo, la señal que entra al micro es rectificadora a onda completa. Se utilizó la función de PWM para enviar la señal DC al PLC, debido a que es un tren de pulsos, se filtró la señal con un capacitor.

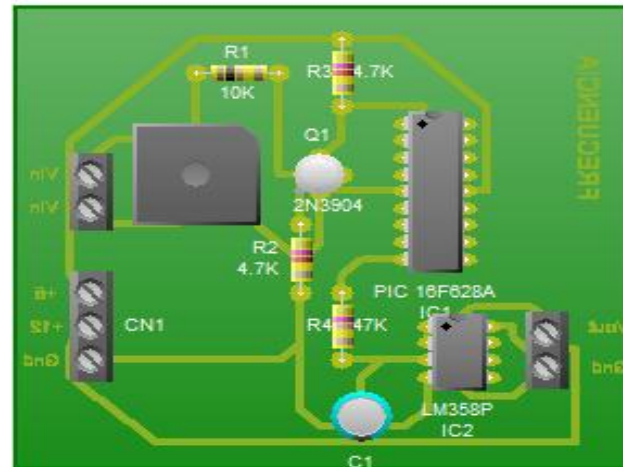


Diseño del acondicionamiento de la señal de frecuencia





Implementación del Hardware



Montaje de los elementos del acondicionamiento de la señal de frecuencia



DISEÑO DEL SOFTWARE DEL PROYECTO

Diseño de la programación para el PLC

Para realizar la programación se debe tener en cuenta lo que se va a realizar en el proyecto de supervisión de las variables y el hardware, para lo cual se ha seleccionado el PLC 5/30 .

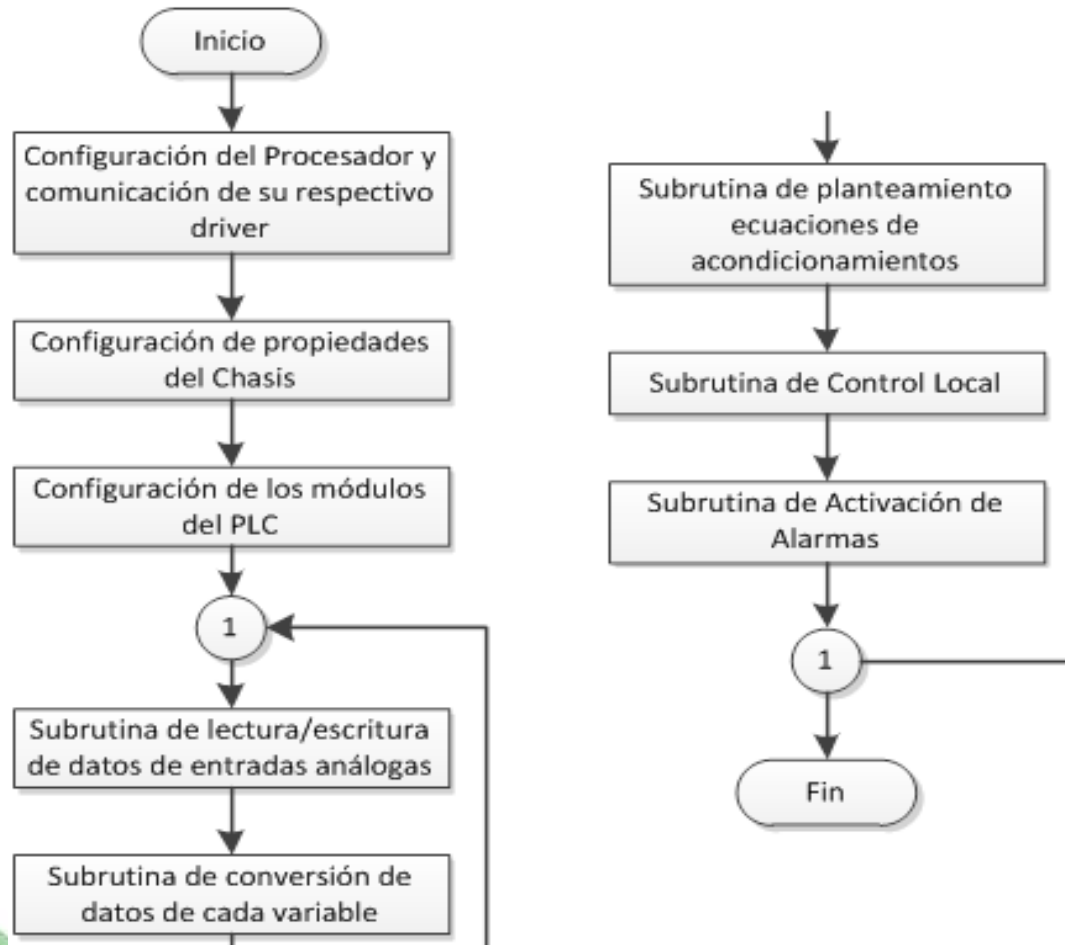
A continuación se enlista las partes principales del PLC 5:

- Chasis
- Fuente de alimentación
- Procesador 5/30
- Módulos
- Accesorios

El procesador PLC 5/30 de la marca Allen Bradley se utilizó para este proyecto. Además se escogió también por la compatibilidad que tiene con la Pantalla de Visualización Panel View Plus 1000 de la marca Allen Bradley, y que se utilizará en este proyecto para realizar el HMI



Programación del PLC



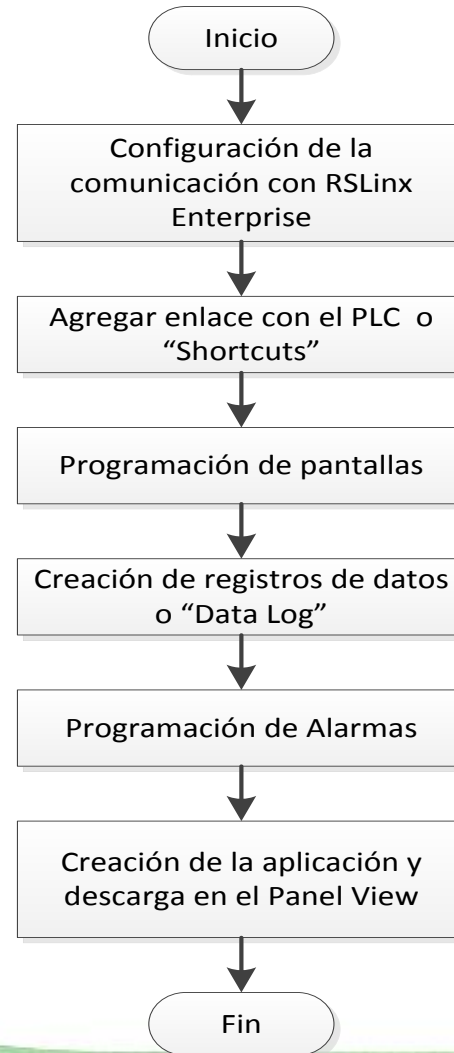


Diseño del HMI

Para el diseño del HMI se ha seleccionado el Panel View Plus 1000, de la marca Allen Bradley, posee un puerto RS232 compatible con el puerto de comunicación CH0 del PLC, en el anexo I se detalla la configuración de pines para establecer la comunicación entre estos dispositivos, además de su disponibilidad en el laboratorio de grupos electrógenos. El diagrama de bloques que se utilizará del HMI se muestra en la figura 2.1 y el respectivo software que se utiliza para programar el PanelView es FactoryTalk View Studio, además es compatible con el PLC 5/30.



Diseño del HMI





PRUEBAS Y RESULTADOS

Datos tomados con el analizador de red

PROTOCOLO DE PRUEBAS ANALIZADOR DE RED POWER PAD	GRUPO: ELECTROGENO MOTOR: PERKINS GENE: F.G. WILSON						ESPE-L REALIZADO POR: CARLOS CHILUISA Y ANDRES HERRERA FECHA: 20-12-2012								
CARGA APLICADA	GRUPO ELECTRÓGENO														
	TENSION LINEA (VAC)			TENSION FASE(VAC)			CORRIENTE (AMP)			FREC (HZ)	Ep.	POT. ACT P (W)	POT. REAC. Q (VAR)	POT.AP AR. S (VA)	
	VLR	VLS	VLT	VFR	VFS	VFT	IR	IS	IT						
SIN CARGA	217	217	217	125	125	125	0	0	0	62.9	0	0	0	0	
1 M. 2 HP	217	217	217	125	125	125	2.4	2.4	2.4	63.2	0.141	42.7	298.5	301.6	
1 M. 5 HP	218	218	218	125	125	125	5.4	5.5	5.4	62.9	0.308	294.8	903.3	956.1	
2 MOTORES	218	218	218	125	125	125	7.8	7.9	8.0	63.21	0.697	311.1	919.4	970.6	
PRUEBAS ACEPTADAS POR:												OBSERVACIONES:			
FECHA:															



PRUEBAS Y RESULTADOS

Variables eléctricas supervisadas por el PLC

CARGA APLICADA	GRUPO ELECTROGENO													
	TENSION LINEA (VAC)			TENSION FASE (VAC)			CORRIENTE (AMP)			FREC (HZ)	Ep.	POT. ACT P (W)	POT. REAC. Q (VAR)	POT.A PAR. S (VA)
	VLR	VLS	VLT	VFR	VFS	VFT	IR	IS	IT					
SIN CARGA	218	219	218	125	125	125	0	0	0	62.3	0	0	0	0
1 M. 2 HP	218	219	218	125	125	125	2.5	2.5	2.5	62.5	0.134	39.6	275	298.7
1 M. 5 HP	218	219	218	125	125	125	5.7	5.4	5.4	62.8	0.423	287.6	890.1	925.7
2 MOTORS	218	219	218	122	125	125	8	7.5	7.5	62.8	0.594	298.5	896.6	1036
PRUEBAS ACEPTADAS POR:												OBSERVACIONES:		
FECHA:														



PRUEBAS Y RESULTADOS

Variables físicas tomadas por medidores analógicos

TIEMPO DE FUNCIONA-MIENTO	GRUPO ELECTRÓGENO				
	TEMP. °C	NIVEL COMBUS (GAL)	PRES. DE ACEITE Psi	RPM	VOL. BAT. (Vcc)
15 MIN	45 °C	9.66	22-100 psi	1850	13.8
30MIN	58 °C	9.66	22-100 psi	1850	13.9
45MIN	50 °C	9.66	22-100 psi	1850	13.8
1 HORA	65 °C	9.66	22-100 psi	1850	13.8
2 HORAS	65 °C	9.24	22-100 psi	1850	13.9
PRUEBAS ACEPTADAS POR:					OBSERVACIONES:
FECHA:					



PRUEBAS Y RESULTADOS

Variables físicas supervisadas por el PLC

TIEMPO DE FUNCIONA-MIENTO	GRUPO ELECTRÓGENO				
	TEMP. °C P.VEW	NIVEL COMBUS P.VEW (GAL)	PRES. DE ACEITE P.VEW (Psi)	RPM P.VEW	VOL. BAT. P.VIEW (Vcc)
15 MIN	47 °C	10.08	22-100 psi	1855	13.9
30MIN	57°C	10.08	22-100 psi	1850	13.9
45MIN	58°C	9.66	22-100 psi	1850	13.9
1 HORA	65 °C	9.24	22-100 psi	1855	13.9
2 HORAS	65 °C	9.24	22-100 psi	1850	13.8
PRUEBAS ACEPTADAS POR:				OBSERVACIONES:	
FECHA:					



CÁLCULO DEL ERROR RELATIVO

Variables eléctricas

VARIABLES ELÉCTRICAS	ERROR RELATIVO ESTIMADO %
Voltajes de línea	(+/-) 0.4 %
Voltajes de fase	(+/-) 0 %
Corrientes	(+/-) 0.07 %
Frecuencia	(+/-) 0.8 %
Factor de potencia	(+/-) 4.3 %
Potencias	(+/-) 2 %
ERROR PROMEDIO	1.26 %



CÁLCULO DEL ERROR RELATIVO

Variables físicas

VARIABLES FISICAS	ERROR RELATIVO ESTIMADO %
Temperatura	(+/-) 0.09%
Nivel del combustible	(+/-) 1.8 %
Velocidad (rpm)	(+/-) 0.9 %
Voltaje de las baterías	(+/-) 0.1 %
ERROR PROMEDIO	0.72 %



“Valor “exacto”, “verdadero” o “ideal” es igual a un valor medido mediante un método “ideal”. (Método con el que se realiza la calibración del instrumento para obtener un “patrón de referencia”= para valores de la entrada dentro del margen de medida se obtienen valores bien definidos de la magnitud de salida).

Error-equivocación: El error es inevitable: incertidumbre en la medida (discrepancia entre el resultado obtenido y el “verdadero” valor de la magnitud medida).

Maneras de expresar el error relativo en porcentaje:

En general:

- Error relativo $> 10 \%$ es un mal resultado
- Error relativo $< 1 \%$ es un resultado excelente.



ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico de este proyecto se basa principalmente en la determinación de los costos que conlleva la realización del mismo, para esto se realiza un estudio detallado de los costos directos e indirectos, como se indican a continuación:

Costos directos :

- Costos de mantenimiento/materia prima
- Elementos normalizados

Costos indirectos:

- Materiales indirectos
- Costos de ingeniería
- Gastos varios.

El costo total del proyecto se obtiene mediante la suma de los costos directos e indirectos.



ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

Costos de mantenimiento cada 400 horas de uso

MATERIALES	UNIDAD	VALOR UNITARIO USD\$	CANTIDAD	V. TOTAL USD\$
Aceite	Caneca (5 Galones Americanos)	75,00	1	75,00
Filtro de aceite	N/A	30,00	1	25,00
Filtro de aire	N/A	25,00	1	30,00
Banda de distribución	N/A	80,00	1	80,00
TOTAL				210,00

Costos de operación

HORAS DE USOS POR TANQUE LLENO (42 GALONES)	HORAS DE USO TOTAL	TOTAL DE GALONES	PRECIO DE GALON USD	VALOR TOTAL USD
28	322,405	214,93	1,10	235,43



Costo total = 210,00 + 235,43

Costo total = 445,43 USD

Costos de elementos normalizados

MATERIALES	CANTIDAD	V. UNITARIO \$	V. TOTAL \$
Relés 12 Vcc 5 Amp	2	4,50	9,00
Relés 24 Vcc 8 Amp	7	6,00	42,00
Fuente 12 Vcc 4 Amp	1	30,00	30,00
Fuente 24 Vcc 4 Amp	1	80,00	80,00
Cable RS 232 (2,50 m)	1	8,00	8,00
Elementos electrónicos para los circuitos de acondicionamiento		150,00	150,00
Sensores de efecto Hall	3	35,00	105,00
Borneras	50	1,50	75,00
Cable flexible N°14	10 metros	0,65	6,50
Cable flexible N°12	20 metros	0,80	16,00
Sensor de nivel potencio métrico e indicador	1	40	40,00
Relé para motor de arranque (crank relay)	1	35	35,00
Armario con doble fondo	1	300,00	300,00
Borneras de batería	2	3,50	7,00
Fusibles 100 Vcc 5 A	4	4,50	18,00
Varios	1	300,00	300,00
TOTAL			\$ 816,50



Costo total directo

COSTOS	TOTAL
Costos de mantenimiento total	\$ 445,43
Elemento normalizados	\$ 816,50
COSTO TOTAL	\$ 1.261,93

ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

Costos de ingeniería

Al realizar el desarrollo de estas funciones se establece que el tiempo empleado en la ejecución de dichas funciones anteriormente descritas es de aproximadamente 250 horas.

El valor por hora es de USD 2,00 lo que da un valor total de USD \$500



Costos de imprevistos

DESCRIPCIÓN	VALOR [USD]
Internet	30,00
Utilización de computadores	30,00
Logística y transporte	20,00
Varios	100,00
TOTAL	180,00

Costo indirecto total

COSTOS	TOTAL [USD]
Costos de ingeniería	500,00
Costos de imprevistos	180,00
COSTO TOTAL	680,00



Costo total para la supervisión del Grupo Electrónico

COSTOS	TOTAL [USD]
Costos directos	1.261,93
Costos indirectos	680,00
COSTO TOTAL	1.941,93

La inversión total del proyecto tiene el valor: \$ **1.941,93 DÓLARES AMERICANOS.**



FLUJO DE CAJA

El flujo de caja se realiza con una proyección estimada de 1 años, considerando una inversión inicial de 1.941,93 [USD] y una inversión de operación de 20,00 proyectada para un año

COSTOS	TOTAL [USD]
Materiales directos	445,43
Mano de obra directa	20,00
Otros costos indirectos	10,00
INVERSIÓN AÑO 1	475,43



Se consideran los siguientes aspectos para realizar el flujo de caja

- Se estima la alimentación de energía eléctrica a un área seleccionada de la ESPE-L (área de TIC's y Biblioteca) con un valor aproximado de 613.70 USD para el primer año, dicho valor se obtiene basándose en datos históricos de la empresa eléctrica. “Estos valores indican que, en promedio, cada consumidor de esta red experimenta o está sometido a interrupciones de energía de 322,405 horas/año. Según ELEPCO S.A.
- La meta es que al abastecer de energía eléctrica con el generador que se encuentra en el laboratorio de grupos electrógenos de la ESPE-L, se mantenga a estas áreas seleccionadas (TIC's y Biblioteca) con energía eléctrica ya que es allí donde se encuentran ubicados los servidores y ordenadores tanto como el área de investigación estudiantil



Análisis del área de TIC's

Para realizar las respectivas mediciones en el área de TIC's se utiliza el ANALIZADOR DE ENERGÍA (AEMC 3945) por un lapso de 7 días continuos y se tomaron muestras cada 10 minutos

	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Voltaje fase A	119.98	113.4	124
Voltaje fase B	121.13	115.8	125.2
Voltaje fase C	121.30	115	125.3

Valores nominales de voltaje

Valores nominales de corriente

	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
Voltaje fase A	21.94	17.3	29.8
Voltaje fase B	18.15	16.8	20.1
Voltaje fase C	5.79	1.3	13.4



Calculo de la potencia Promedio en el área de TIC's

$$S = V * I (VA)$$

$$ST = 2632.36 + 987.2 + 702.32$$

$$ST = 4321.88 VA$$

Con un factor de potencia de 0.9 estimado

$$P = ST * Fp W$$

$$P = 4321.88 * 0.9$$

$$P = 3889.69 W$$

El consumo de energía eléctrica se calcula con las horas de interrupción que se producen durante un año estimado.

$$\text{Consumo anual} = P * \text{horas de interrupción}$$

$$\text{Consumo anual} = 3889,69 W * 322,405 \text{ Horas}$$

$$\text{Consumo anual} = 1.254,056 KWH$$



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

En la empresa eléctrica ELECPO S.A., el valor del Kilovatio-Hora para instituciones públicas es de 0.081 dólares.

$$\begin{aligned} \text{Valor que se pagaría} &= \text{Consumo anual} * \frac{\text{USD}}{\text{KWH}} \\ \text{Valor que se pagaría} &= 1.254,056 \text{ KWH} * 0.081 \text{ USD/KWH} \\ \text{Valor que se pagaría} &= 101,58 \text{ USD} \end{aligned}$$



Análisis del área de Biblioteca

Carga	Cantidad	P. Unitaria Watt	P. Total Watt
Computadoras	30	300	9000
Tomacorrientes	28	200	5600
Copiadora	3	1000	3000
Lámparas	41	40	1640
Televisiones	3	70	210
Focos ahorradores	8	20	160
TOTAL Watt			19.610

A continuación se realizan los cálculos anuales de consumo y su respectivo valor anual que se pagaría.

$$\begin{aligned} \text{Consumo anual} &= P * \text{horas de interrupción} \\ \text{Consumo anual} &= 19.610 W * 322,405 \text{ Horas} \\ \text{Consumo anual} &= 6.322,36 \text{ KWH} \end{aligned}$$



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

$$\begin{aligned} \text{Valor que se pagaría} &= \text{Consumo anual} * \frac{\text{USD}}{\text{KWH}} \\ \text{Valor que se pagaría} &= 6.322,36 \text{ KWH} * 0.081 \text{ USD/KWH} \\ \text{Valor que se pagaría} &= 512,12 \text{ USD} \end{aligned}$$



Como se puede apreciar el análisis de consumo de energía en estas cargas especiales se puede recuperar el monto invertido en la supervisión del Grupo Electrónico, abasteciendo de energía eléctrica las horas que se suspendería la energía de parte de la empresa eléctrica. A continuación en la tabla 3.22 se muestran los valores anuales de consumo de energía eléctrica y el valor que no se pagaría en el corte de energía

Carga	Potencia (KW)	Consumo de energía (KWH)	Valor que se pagaría (USD)
TIC'S	3,89	1.254,05	101,58
Biblioteca	19,61	6.322,36	512,12
	TOTAL	7.576,41	613,70

Valores anuales de consumo



Flujo de Caja

DETALLES	AÑO 0	AÑO 1
INVERSIÓN	1.941,93	475,43
RECUPERACIÓN	0	613,70
FLUJO NETO	(1.941,93)	138,27

Entonces:

La utilización del proyecto es factible, pero como se puede observar en el análisis económico del flujo de caja, la recuperación de los gastos se da a largo plazo, por ende no es muy recomendable utilizarlo solo para cargas especiales sino también aumentar más carga como por ejemplo podrían ser los laboratorios o la iluminación de las aulas



CONCLUSIONES.

- Se supervisó las variables físicas y eléctricas de un Grupo Electrónico en condiciones de estado estable con un PLC Modular para el Laboratorio de Grupos Electrónicos de la ESPE Extensión Latacunga, que garantizaran la fiabilidad en la entrega y control de carga en tiempo real, así como la generación de una base de datos para el análisis y toma de decisiones.
- Se acondicionó las señales de los diferentes tipos de sensores utilizados en el generador para que puedan ser leídos por el PLC, con elementos eléctricos y electrónicos comerciales, utilizando filtros pasivos para eliminar ruido.
- Se realizó la programación del PLC modular 5/30 de AB en Ladder o escalera, que es sencilla y amigable con el programador, la misma se la puede programar en otros PLC's modulares como Control Logix y Micro Logix utilizando su correspondiente software de la misma casa fabricante.



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

- El algoritmo de control diseñado en la programación del PLC 5/30 garantiza el control y la supervisión del generador en condiciones normales, en vacío, con carga y apagado de emergencia.
- Se realizó las pruebas competentes utilizando patrones de medición para los diferentes tipos de variables, concluyendo con su respectivo análisis obteniendo resultados favorables logrando un error de (+/-) 1.26 en variables eléctricas y 0.72 en variables físicas, que según los errores de medición el error relativo tiene que estar dentro de $< 1 \%$ es un resultado excelente y $< 10 \%$ es un resultado aceptable.



RECOMENDACIONES.

- Realizar una conexión inalámbrica industrial utilizando el protocolo HART, para evitar utilizar grandes extensiones de cable, debido a que ruido producido por campos magnéticos, eléctricos, y señales electromagnéticas pueden afectar la lectura de la señales en el PLC.
- Realizar una cabina de insonorización para el generador, ya que el laboratorio de Grupo Electrógenos se encuentra en una zona peatonal muy transitada y su funcionamiento produce contaminación acústica que perturba el ambiente.
- Utilizar equipos de la misma casa fabricante AB, de última generación, que utilicen el mismo protocolo de comunicación para evitar errores de compatibilidad y mejorar la comunicación



- Utilizar un PLC de última generación como el Compact Logix, Control Logix, que tenga puertos de entrada Rs232, Ethernet, RS485, para lograr una supervisión óptima con la visualización de las variables en tiempo real.
- Realizar el mantenimiento correspondiente del Grupo Electrónico en el anexo W para su buen funcionamiento.
- Implementar un tablero de transferencia que alimente cargas especiales de la ESPE-L, como TIC'S donde se encuentran los servidores y la biblioteca que es un lugar muy concurrido por los estudiantes, en el caso de un apagado de emergencia.
- Con respecto al acceso de la programación y su modificación del código fuente será únicamente para personal autorizado, debido a que pueden realizarse modificaciones que afecten la seguridad tanto del personal como de los equipos involucrados



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN!!**