



**E S P E**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**Proyecto de tesis de grado:**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS MEDIANTE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, PARA EL GENERADOR ARRANCADOR DE LAS AERONAVES SUPER TUCANO A-29B, EN EL ALA DE COMBATE N°23 DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA - MANTA.”**

**Autores:**

**ESCOBAR ORTIZ, ANDREA MARCELA  
BASSANTE SEGOVIA, VÍCTOR SANTIAGO**

**Director:**

**ING. GALO ÁVILA.**

**Codirector:**

**ING. MARCO PILATÁSIG.**

**Manta-Ecuador**

**Septiembre 2014**

# AGENDA

Introducción.

Objetivos.

Conceptos Básicos.

Diseño del proyecto.

Alcances y limitaciones.

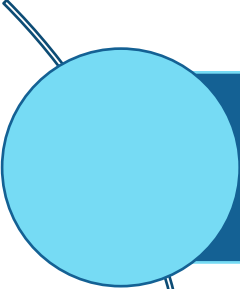
Conclusiones.

Recomendaciones.

Referencias Bibliográficas.



# INTRODUCCIÓN



En los últimos años el campo aeronáutico ha presentado un nivel tecnológico de última generación.



La FAE busca mejorar el mantenimiento aeronáutico, específicamente en los aviones A-29B.



Surge la necesidad de diseñar y construir un Banco de Pruebas para los Generadores Arrancadores.



## Objetivo General.

- Diseñar y construir un banco de pruebas mediante un controlador lógico programable para los generadores arrancadores de las aeronaves Super Tucano A-29B, en el Ala de Combate N 23 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana -Manta.



# Objetivos Específicos.

- Investigar el comportamiento de los Generadores Arrancadores de aeronaves.
- Seleccionar los diferentes componentes para la construcción del banco de pruebas.
- Conocer el funcionamiento de cada elemento que intervienen en el banco de pruebas.



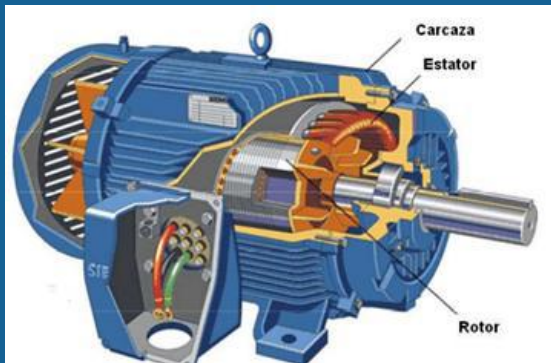
# Objetivos Específicos.

- Ensamblar en la estructura todos los elementos del Banco de Pruebas con sus respectivas conexiones.
- Realizar la programación del PLC y el HMI para el banco de pruebas de los Generadores y Arrancadores.
- Realizar pruebas a diferentes cargas para la generación, de esta forma observar el funcionamiento del generador arrancador.



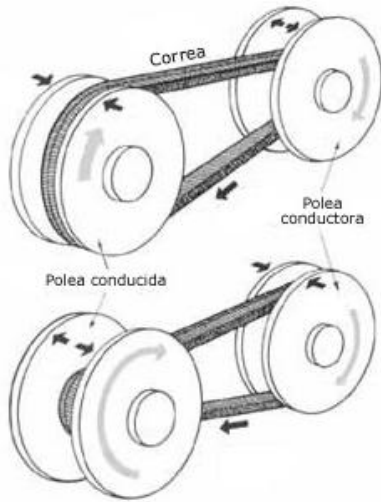
# CONCEPTOS BÁSICOS

## GENERADOR



- **Máquina eléctrica** capaz de transformar un tipo de energía en otra.
- **Generador**, convierte energía mecánica a eléctrica.
- **Motor**, cambia de energía eléctrica a energía mecánica.





Conjunto de dos poleas

**SISTEMA DE TRANSMISIÓN**

Para transmitir fuerzas y velocidades angulares entre árboles paralelos.

Acopladas por medio de una correa.



**E S P E**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA





## VARIADOR DE VELOCIDAD

Es un dispositivo o conjunto de dispositivos

Capaz de controlar la velocidad de motores.

Mecánicos

Hidráulicos

Eléctricos o Electrónicos



## TACÓMETRO

- Es un dispositivo que mide la **velocidad de giro** de un rotor de un motor en revoluciones por minuto RPM.

## VOLTÍMETRO

- Es un instrumento que permite realizar la medición de la **diferencia de potencial** (Voltios).

## AMPERÍMETRO

- Un amperímetro es un instrumento que se utiliza para medir la **intensidad de corriente** que circula por un circuito (Amperios) .



Mantiene el voltaje de salida constante, sin depender de la velocidad del motor ni las cargas.



Combina las funciones de regulación de voltaje del generador, y control de potencia del sistema.



GCU



- El Controlador Lógico Programable con Panel Gráfico de Operador de Unitronics.

# OPLC

- Posee un panel de mando integral de diseño compacto.
- Compatible con módulos de expansión de entradas y salida (I/O).



# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL OPLC.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>Dimensiones</b>	260x155x72 mm.
<b>Montaje</b>	Montaje en panel a través de los soportes.
<b>Fuente de alimentación</b>	12 o 24 Vdc.
<b>Reloj de tiempo real (RTC)</b>	Habilita las funciones del controlador de tiempo y fecha.
<b>Batería de respaldo</b>	Protege el reloj de tiempo real y los datos del sistema.



# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OPLC.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>Panel de Funciones</b>	Teclado alfanumérico y 9 teclas de función.
<b>Entradas y Salidas</b>	Soportar hasta 158 I/Os (entradas/salidas).
<b>Módulo Snap-in I/O</b>	Módulos I/O se conectan fácilmente en la parte posterior del controlador.
<b>Módulo de expansión</b>	Permiten hasta 8 módulos.
<b>Comunicación RS232</b>	Dispone de 2 puertos COM.
<b>Comunicación CANbus</b>	Puerto para redes CANbus.
<b>Puertos adicionales</b>	Puerto RS485 según el modelo de OPLC.



# SOFTWARE VISILOGIC

Es el software utilizado para crear proyectos en los controladores Vision.

Mostrar valores en tiempo real como enteros.

Representar valores en tiempo real con texto, imágenes o barras gráficas.

Mostrar mensajes de texto dinámicos en función de las condiciones de ejecución.

Permitir a un operador introducir datos mediante el teclado alfanumérico de Vision.



# APLICACIÓN DEL OPLC

Crear un programa modular, compuesto por subrutinas independientes que pueden llamar a las aplicaciones del OPLC en cualquier momento

Generar aplicaciones del OPLC mediante elementos y funciones Ladder.

Es el programa que permite al controlador realizar sus tareas de automatización.





# APLICACIÓN HMI

Asignar funciones a los botones del teclado, a los objetos de la pantalla táctil y permite al operador introducir datos mediante el teclado del control.

Crea y mostrar texto, imágenes gráficas, mostrar datos de las variables del sistema en tiempo real y ejecución de condiciones.



# APLICACIÓN LADDER

Colocar y conectar elementos de Ladder.

Aplicar comparadores, matemáticas, lógica, reloj y funciones vectoriales.

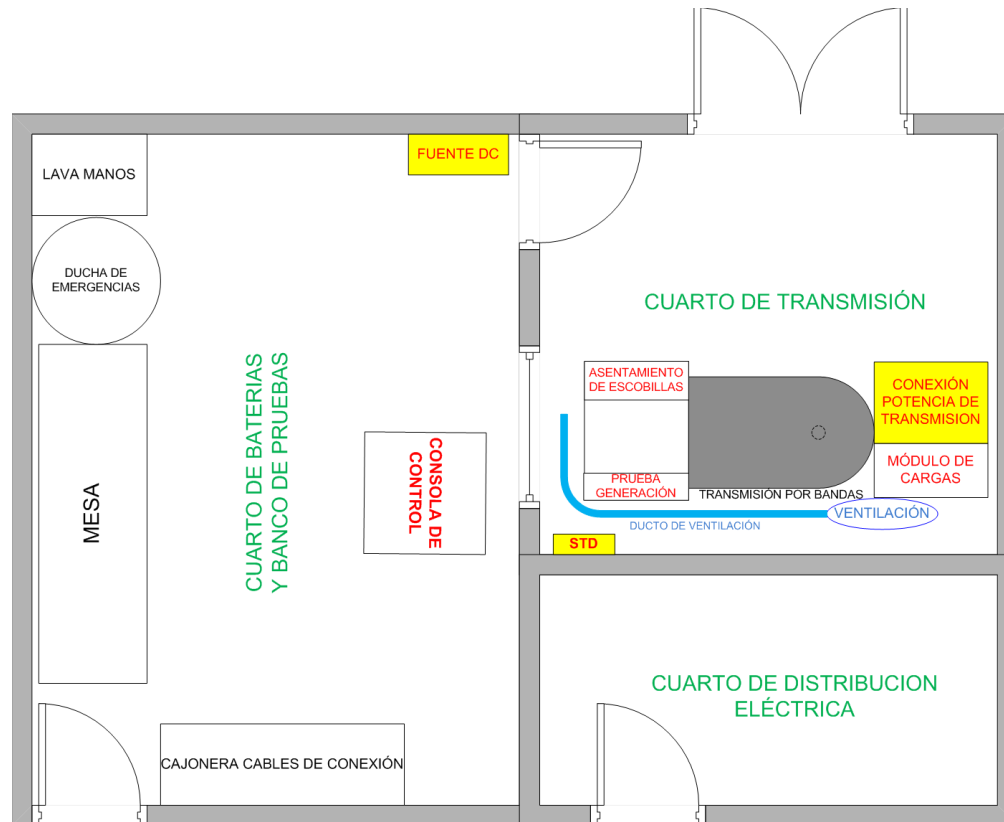
Insertar bloques de función (FB) en su programa.

Construir módulos y subrutinas del programa, y el uso de subrutinas internas, saltos y etiquetas.

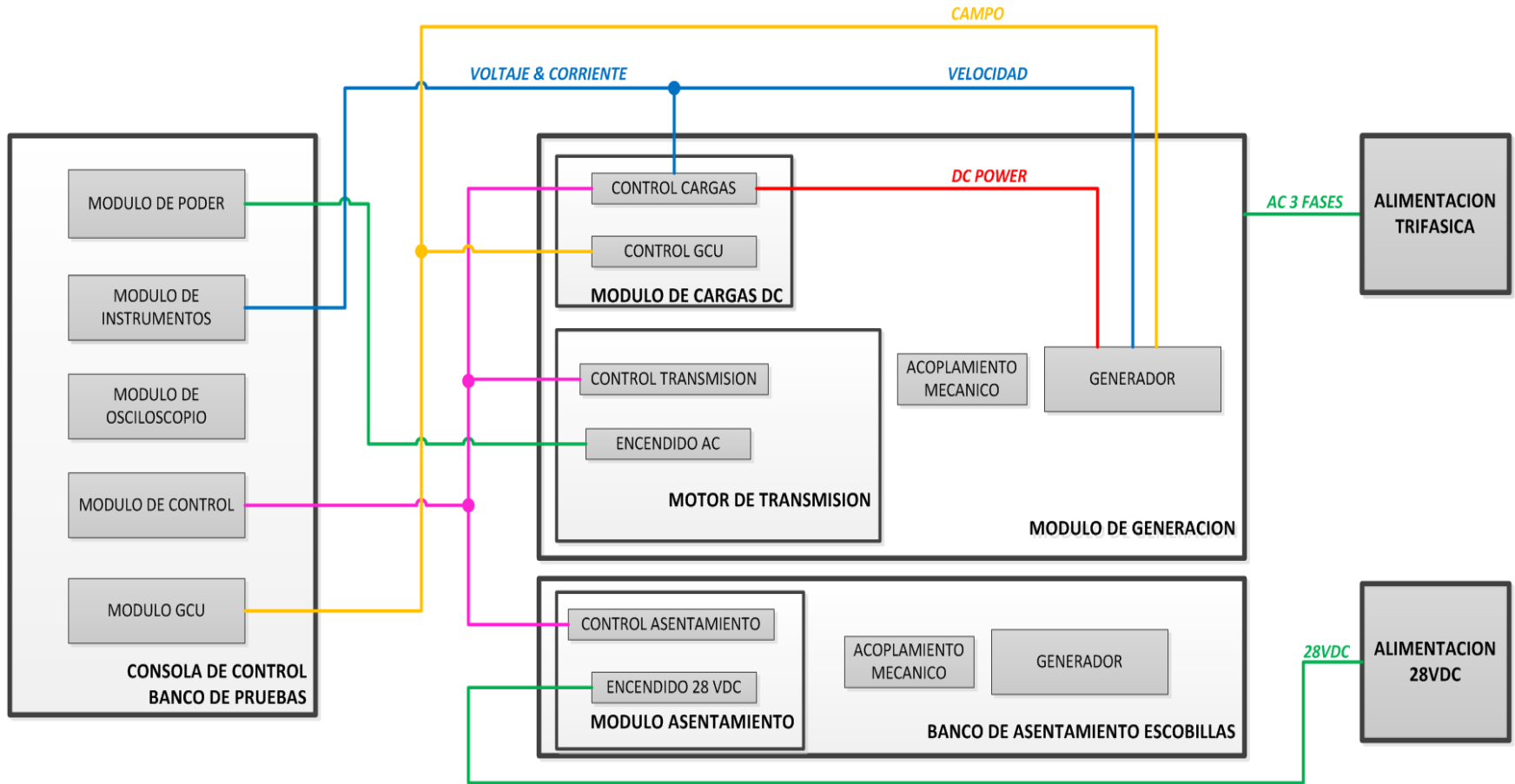


# DISEÑO DEL PROYECTO

## CROQUIS DEL BANCO DE PRUEBAS



# DIAGRAMA DE BLOQUES DEL BANCO



# PROPÓSITO DEL BANCO DE PRUEBAS

Es instalar, probar, regular y descartar todas las fallas posibles de los generadores y unidades de control de generación.

Los módulos que conforman este banco son:

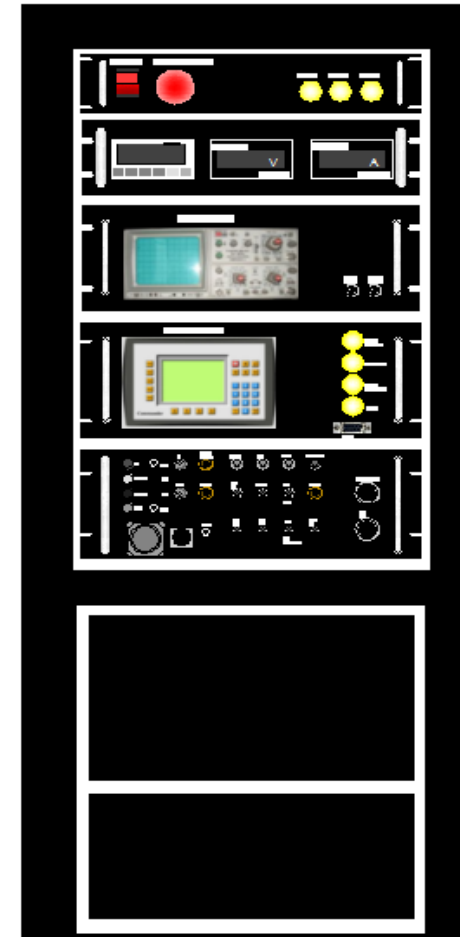
Módulo de Alimentación.

Módulo de Instrumentos.

Módulo de Osciloscopio.

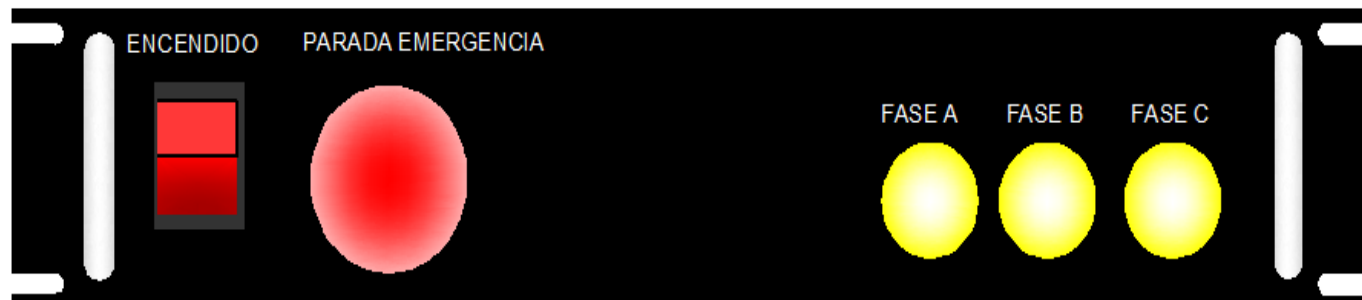
Módulo de Control.

Módulo de GCU.



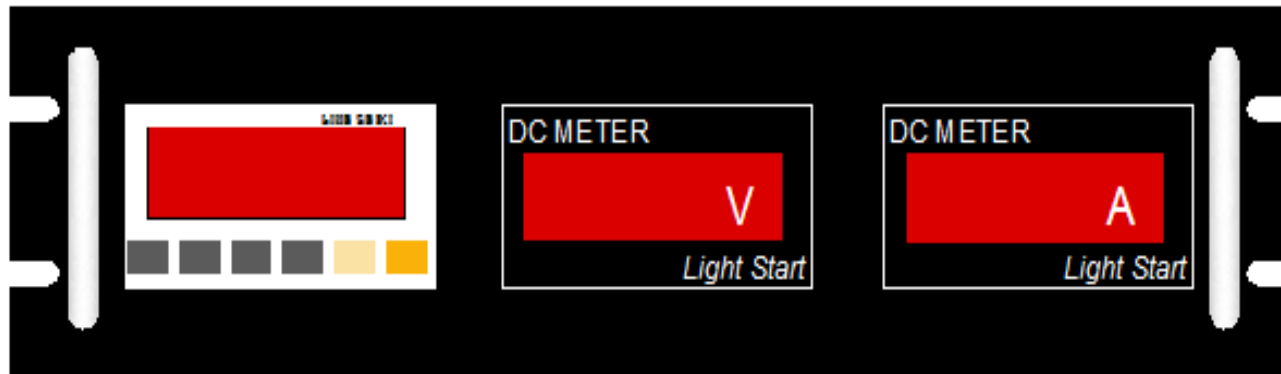
# MÓDULO DE ALIMENTACIÓN

Permite la distribución de potencia eléctrica de 220 Vac a 60 Hz con tres fases, hacia la consola tanto para la alimentación de los módulos, equipo de prueba como los circuitos de control del generador.



# MÓDULO DE INSTRUMENTOS

Permite la lectura de parámetros de operación de la transmisión y del sistema de generación, en él se visualizan los parámetros de velocidad, voltaje y corriente de generación.



# MÓDULO DE OSCILOSCOPIO

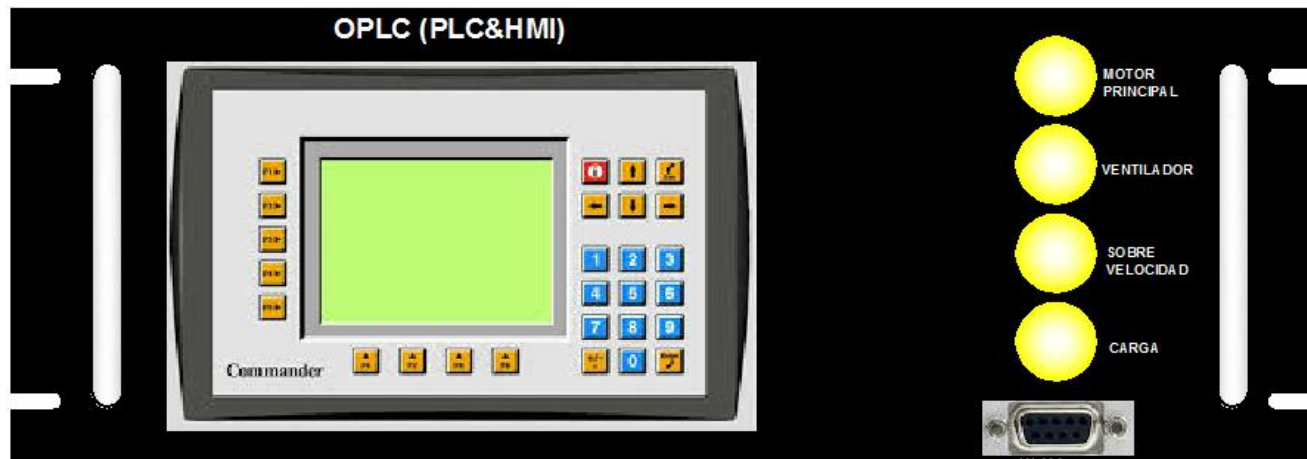
El módulo de osciloscopio tiene como finalidad permitir visualizar los diferentes tipos de señales originadas en el sistema de generación y GCU.





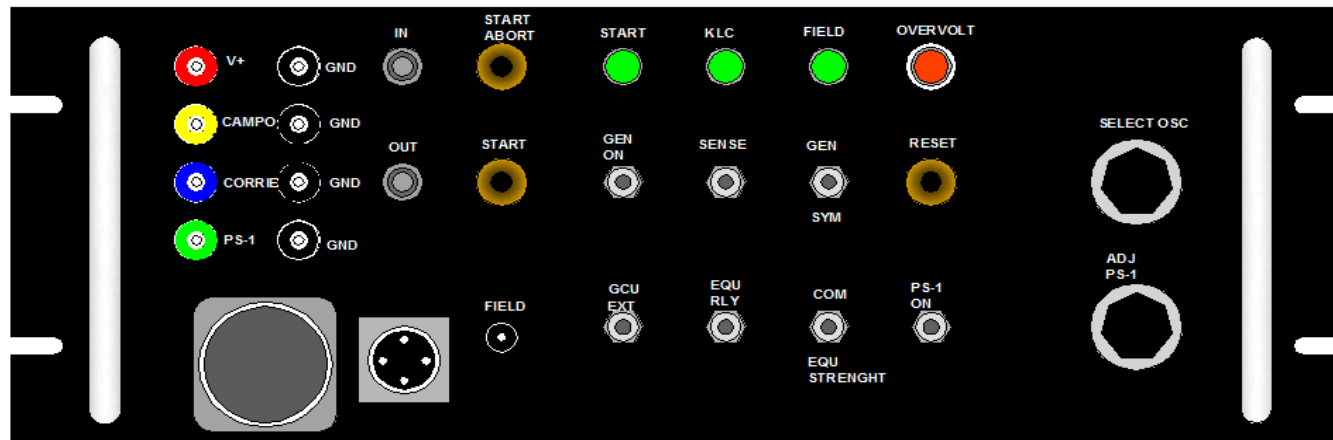
# MÓDULO DE CONTROL

El sistema de control está formado esencialmente por el OPLC, con un software especializado para la operación sencilla y control de la transmisión, permite activar los circuitos principales de la transmisión, controlar la velocidad y monitorear la operación del mismo.

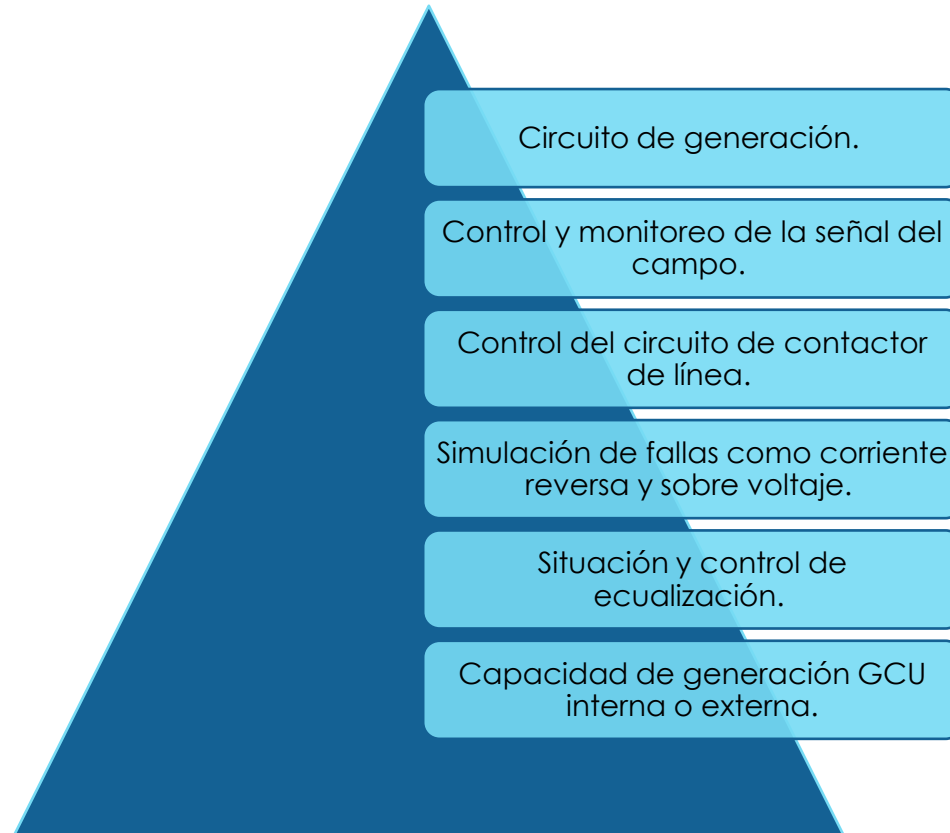


# MÓDULO DE GCU

Diseñado especialmente para la integración y pruebas de los generadores de corriente continua y la GCU.

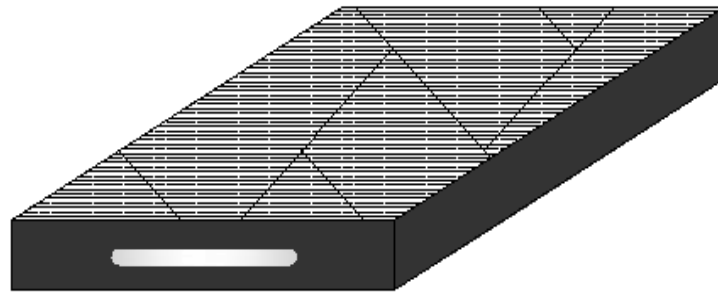


# APLICACIONES MÓDULO GCU



# MESA

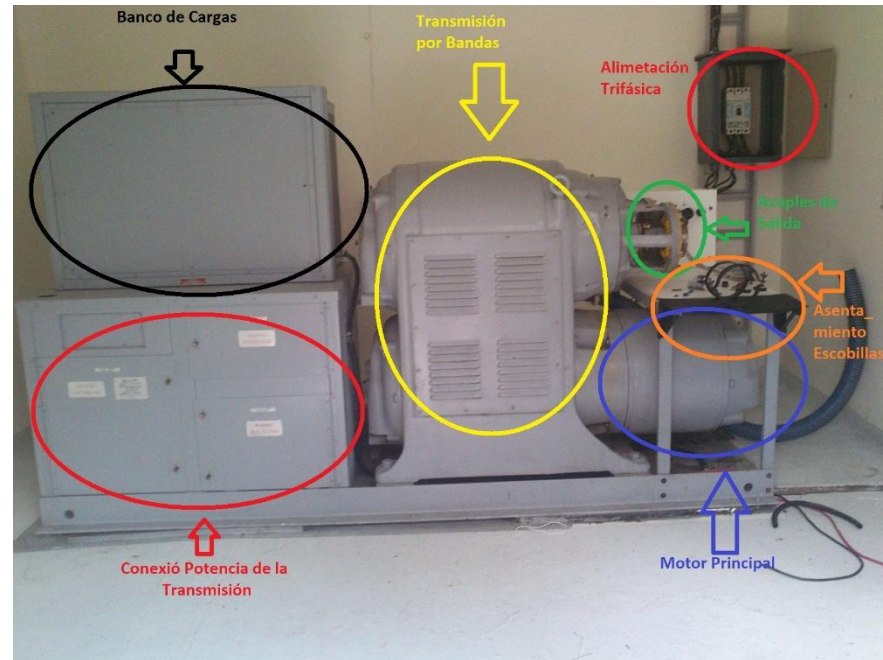
Además de los módulos el banco cuenta con una bandeja que hace las veces de mesa. Útil para tomar anotaciones, llenar reportes, colocar un computador portátil adquirir información del banco, instalar las GCU durante pruebas de integración dinámica.



# TRANSMISIÓN

La transmisión está compuesta por los siguientes módulos o sistemas:

- Banco de cargas
- Compartimiento del sistema eléctrico
- Variador de velocidad



Posee una serie de elementos eléctricos necesarios para la activación de cargas, además tiene un sistema de funcionamiento y activación de la ventilación.

- **Banco de cargas**

Este compartimiento está compuesto por: el switch cambio sentido de dirección, unidad de poder, motor principal y ventilador del sistema de refrigeración forzada.

- **Compartimiento del sistema eléctrico**

El variador de velocidad está compuesto por un motor de dirección reversible y el sistema de transmisión hacia el variador de velocidad.

- **Variador de velocidad**



# ALGORITMO DE CONTROL

## Configuración de hardware del OPLC

Se debe especificar:

- El tipo.
- La dirección
- Operación (I/O).



# Programación del OPLC

El OPLC Vision 280V de Unitronics para su programación requiere del Software VisiLogic 9.7.9, el mismo que permite realizar el algoritmo de control y la vinculación de las variables del proceso, visualizarlas en un HMI e interactuar desde una pantalla táctil.





Untitled - Untronics VisiLogic OPLC IDE - [Ladder Application (! Main Module! Main Routine)]

Project Edit View Insert Build Connection Ladder HMI Tools Help

Boolean Compare Math Logic Store Vector Strings Lists Data Tables Com FB's

1

2

3

4

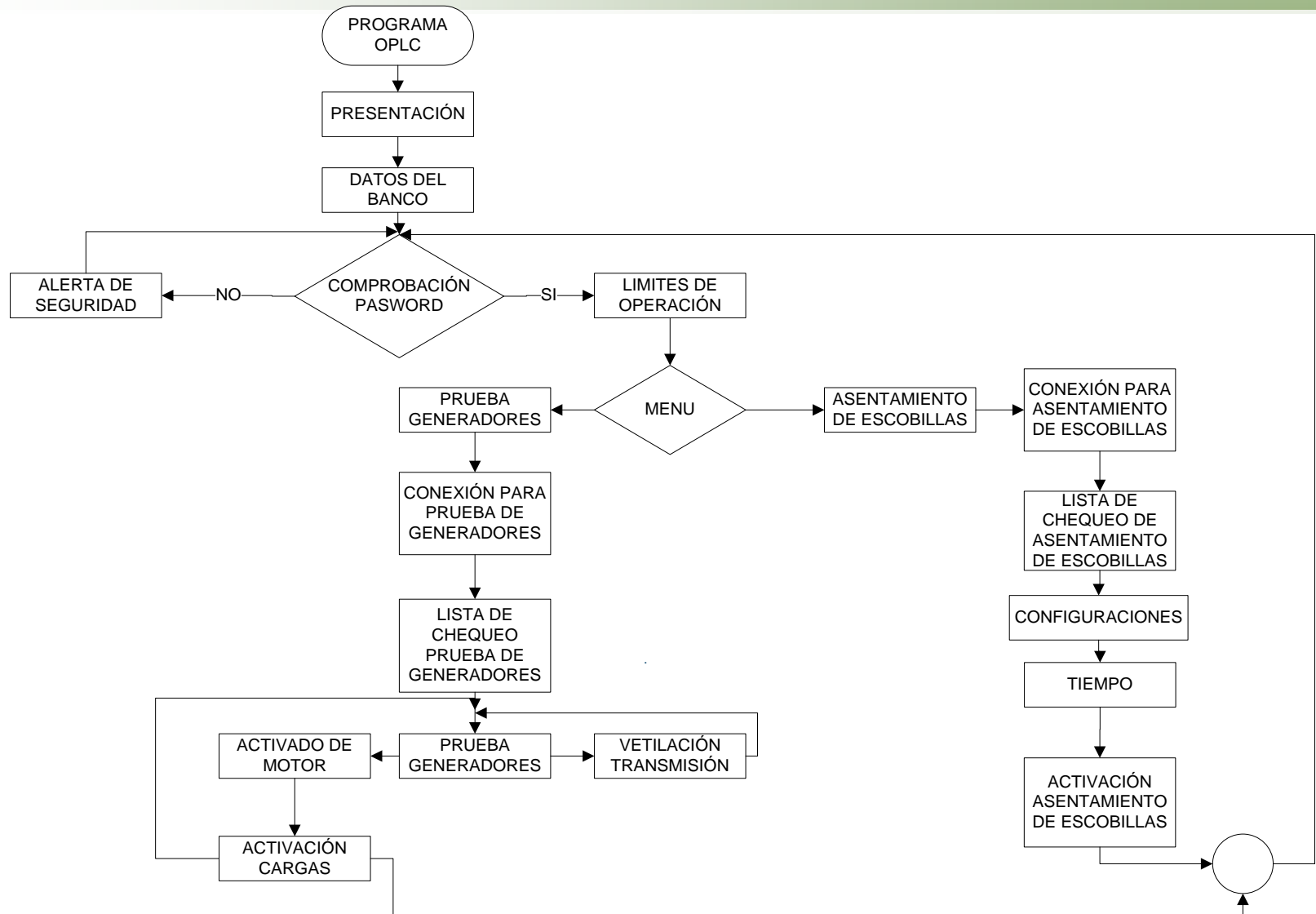
X		Opr.	Addr.	Use	Format	Description
I	Inputs					
O	Outputs	SI	0	<input checked="" type="checkbox"/>	DEC	Scan Time, Resolution: Units of 1 mSec
T	Timers	SI	1	<input type="checkbox"/>	DEC	
MB	Memory Bits	SI	2	<input type="checkbox"/>	DEC	
MI	Memory Integer	SI	3	<input type="checkbox"/>	DEC	
ML	Memory Long	SI	4	<input type="checkbox"/>	DEC	
DW	Double Word	SI	5	<input type="checkbox"/>	DEC	
MF	Memory Float	SI	6	<input checked="" type="checkbox"/>	DEC	Current key pressed (V120/130/230/260/280)
SB	System Bits	SI	7	<input checked="" type="checkbox"/>	DEC	LCD Contrast Control: (V120/280/290 only) 0=Min. Contrast, 50=Med. Contrast, 100=Max. Contrast
SI	System Integer	SI	8	<input checked="" type="checkbox"/>	DEC	Unit ID
SL	System Long					

Operands Watches Memory Find Compile Event Log Project Optimizer

Serial: Com 1\_57600 000%

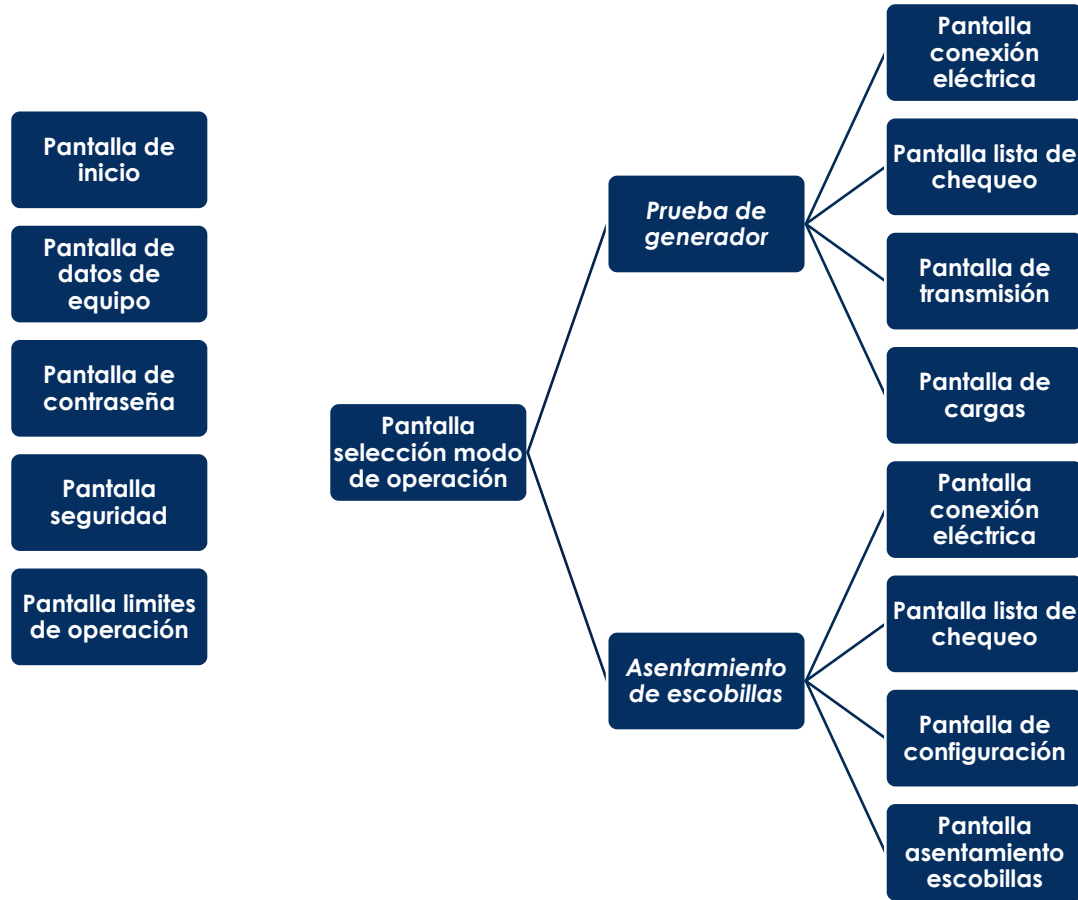


# PROGRAMACIÓN EN LADDER DEL OPLC



# DESCRIPCIÓN HMI

Es la interface humano máquina, que permite interactuar mediante el módulo OPLC de una forma amigable con el sistema de transmisión y el módulo de control.



# PANTALLA DE INICIO



# PANTALLA DE DATOS DE PLACA



# PANTALLA DE CONTRASEÑA



# PANTALLA DE SEGURIDAD



# PANTALLA LÍMITES DE OPERACIÓN





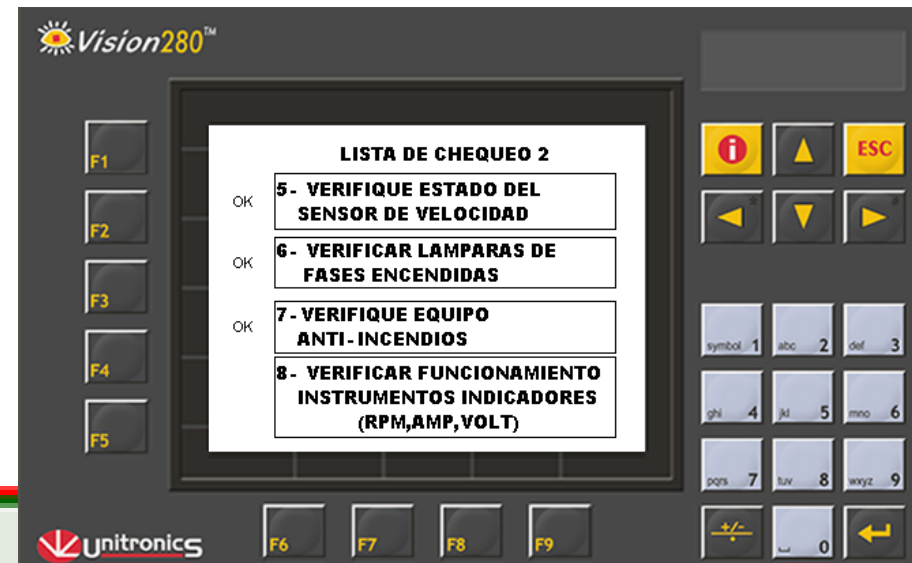
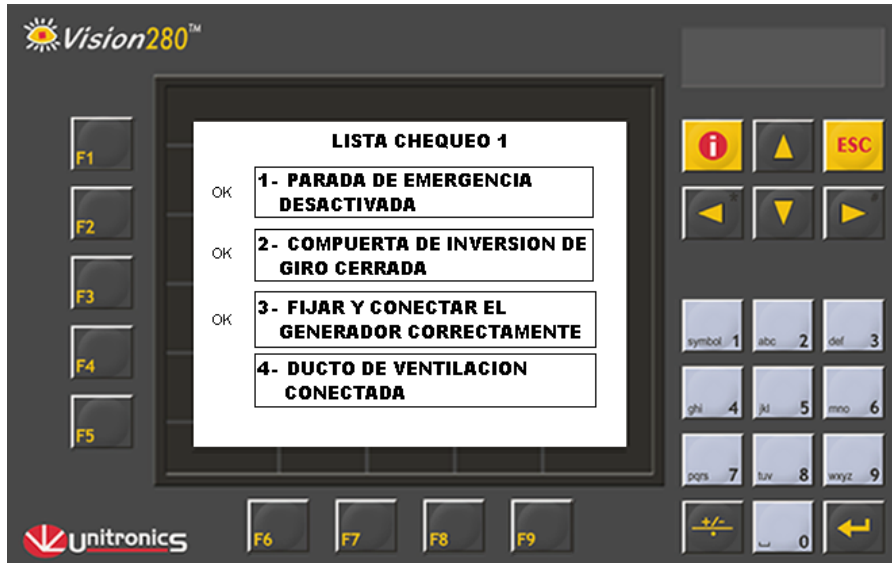
# PANTALLA DE MENÚ MODO DE OPERACIÓN



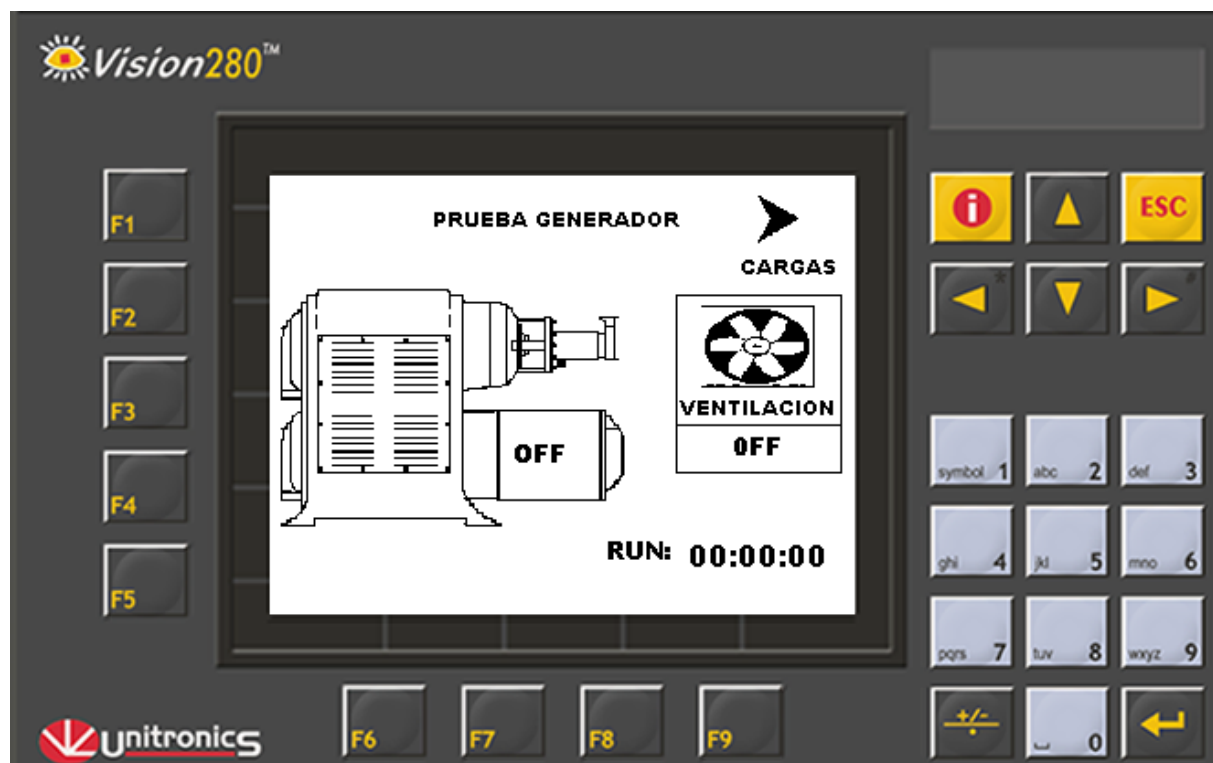
# PANTALLA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA GENERACIÓN



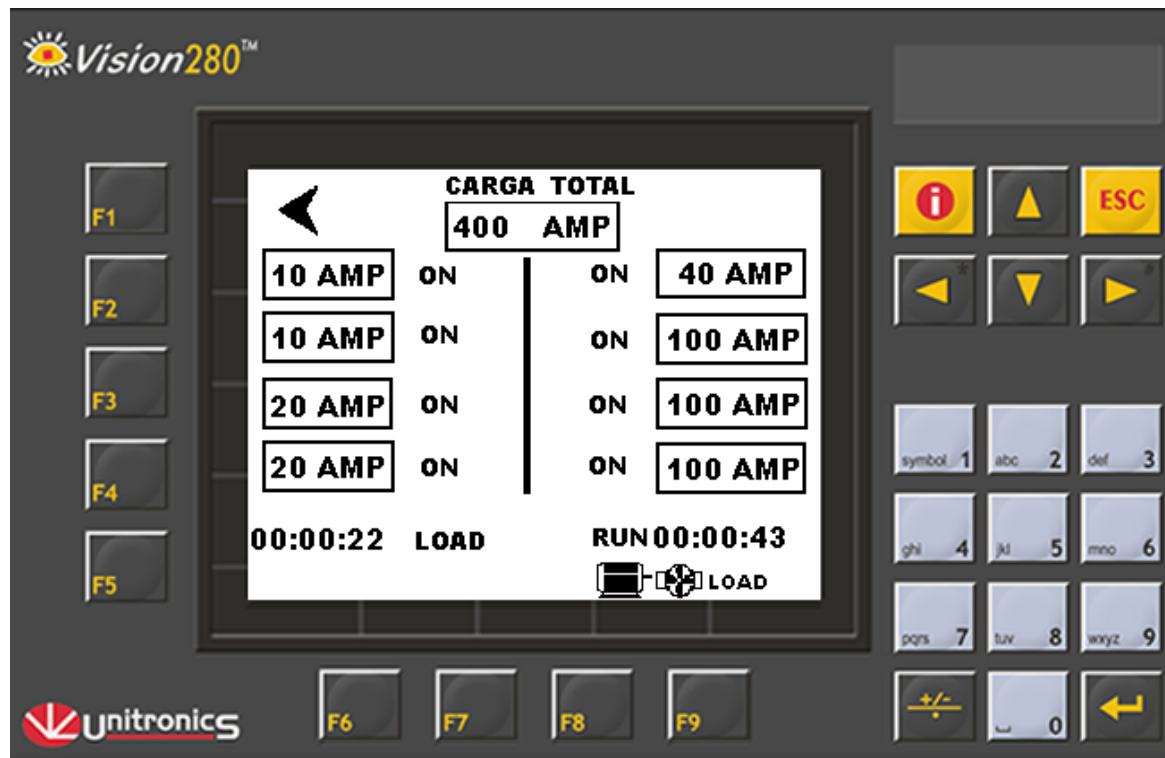
# PANTALLAS DE LISTA DE CHEQUEO GENERACIÓN



# PANTALLA PRUEBA GENERADOR



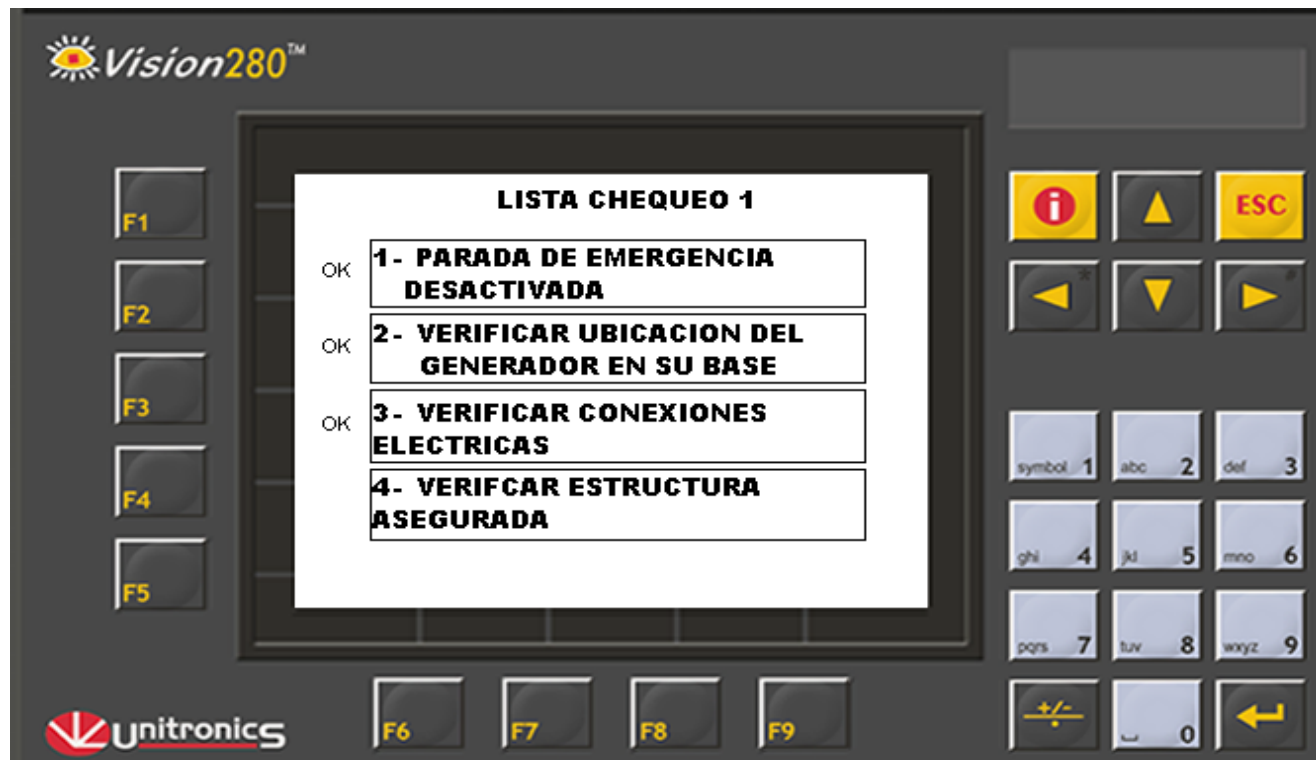
# PANTALLA DE CARGAS



# PANTALLA CONEXIÓN ELÉCTRICA ASENTAMIENTO



# PANTALLA LISTA DE CHEQUEO ASENTAMIENTO

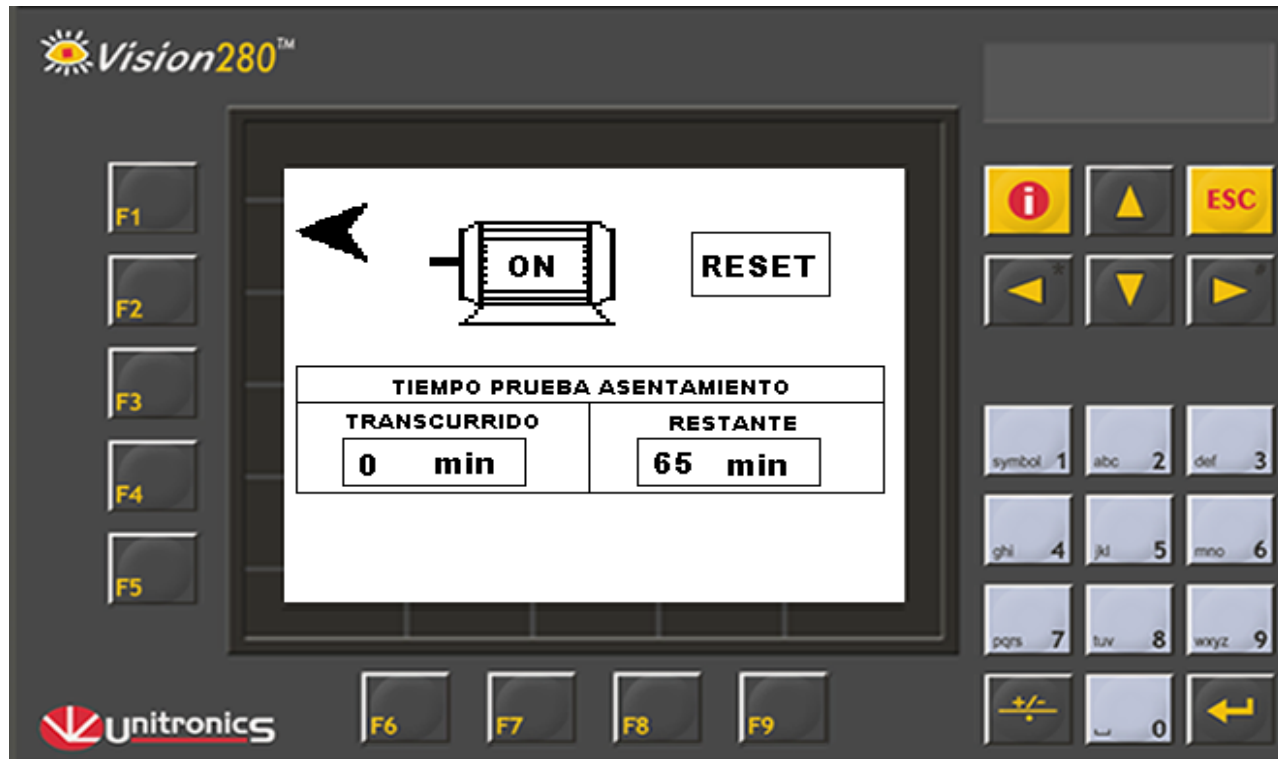


# PANTALLA CONFIGURACIÓN ASENTAMIENTO





# PANTALLA DE ASENTAMIENTO DE ESCOBILLAS



## Alcances

- Es posible el control y la supervisión del sistema de generación gracias a la utilización de la consola de control.
- Se muestra en forma gráfica la información que tiene el OPLC, además, permite al operador dar comandos para la ejecución final en el proceso.
- El OPLC al ser un operador gráfico y PLC incorporado no requiere un I/O Server para la comunicación entre el HMI y el controlador.
- Acceso entendible para el operador e identificación de eventos y alarmas mediante luces indicadoras.



- Acciones de control y seguridad cuando se hayan alcanzado los límites máximos y mínimos de operación.
- Lenguaje de programación entendible al estar distribuido en subrutinas, además, permite la inspección de sus elementos en tiempo real mediante la herramienta Test Online.
- El banco de prueba de generadores, permite verificar todos los parámetros requeridos para el funcionamiento óptimo de los generadores de la aeronave A-29B.
- El asentamiento de escobillas de los generadores se realiza mediante una estructura incorporada en el módulo de transmisión y se activa mediante el OPLC.



## Limitaciones

- Al poseer un variador de velocidad por engranajes, se debe realizar mantenimiento semestral, y no se puede realizar un control óptimo del consumo de energía eléctrica.
- Al ser un OPLC con un HMI de limitadas características, no se puede realizar gráfica de tendencias, además posee una resolución baja de 320x240 pixeles.
- No se puede realizar la prueba de generación y el asentamiento de escobillas al mismo tiempo, es necesario cambiar la ubicación del generador y sus conexiones.
- El motor de la ventilación produce vibraciones debido al desgaste de sus aspas.



## CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un banco de pruebas mediante un controlador lógico programable para los generadores arrancadores de las aeronaves Super Tucano A-29B, en el Ala de Combate N 23 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana -Manta.
- La distribución del banco de pruebas en ambientes separados, permite preservar la integridad física del personal y evitar accidentes producidos en el cuarto de transmisión.
- Al utilizar un OPLC, se permite controlar y supervisar el banco de pruebas de manera integral, al ser un controlador lógico programable con operador gráfico incorporado compacto.
- El HMI implementado es amigable con el operario, permite la interacción entre el usuario y el banco de pruebas.



- El programa en estructura Ladder diseñado e implementado en el OPLC, permite accionar los diversos procesos del banco de pruebas, al ser un lazo de control dividido en subrutinas vinculadas entre sí.
- La utilización de un motor de transmisión por bandas, emula al motor de combustión de la aeronave y verificar la operación dentro de los rangos de funcionamiento de los generadores.
- El empleo de un módulo de cargas resistivas, facilitó la simulación de cargas eléctricas que se presentan en la aeronave, de esta manera se verifica el funcionamiento de los generadores arrancadores del A-29B.
- La implementación del banco de pruebas, permite evaluar las condiciones operativas del generador al ser sometido a varios procedimientos de comprobación y análisis.



- La utilización de un motor de transmisión por bandas, emula al motor de combustión de la aeronave y verificar la operación dentro de los rangos de funcionamiento de los generadores.
- El empleo de un módulo de cargas resistivas, facilitó la simulación de cargas eléctricas que se presentan en la aeronave, de esta manera se verifica el funcionamiento de los generadores arrancadores del A-29B.
- La implementación del banco de pruebas, permite evaluar las condiciones operativas del generador al ser sometido a varios procedimientos de comprobación y análisis.
- El diseño modular del banco de pruebas, ayuda al usuario a desmontar y ensamblar fácilmente sus módulos al momento de realizar tareas de mantenimiento.



## Recomendaciones

- Para la correcta operación del banco, debe existir la señalización adecuada de cada elemento dentro de los módulos, lo que permite un fácil manejo.
- Se debe realizar una calibración anual de los instrumentos de medición, para garantizar el buen desempeño del banco de pruebas.
- Es necesario que los sistemas electromecánicos que actualmente están en uso como: motor por transmisión, ventilación y variador de frecuencia, se cambien por equipos de tecnología actualizada.





- Un correcto desempeño del banco de pruebas dependerá de la capacitación técnica del personal autorizado, conocimiento previo del funcionamiento, el adecuado manejo de los dispositivos y el uso correcto de manuales y procedimientos.
- Es indispensable utilizar cables y conectores de aviación, para las instalaciones eléctricas debido a la precisión, eficiencia y confiabilidad de los equipos utilizados.
- Es necesario contar con un módulo de expansión del OPLC Visión 280, para incorporar más entradas y salidas e interactuar dentro del mismo HMI que se implementó con una adecuada configuración.



- Para declarar las entradas y salidas se debe asignar a los diversos puertos a memorias internas del OPLC mediante la configuración de Hardware.
- Dentro de los procedimientos para operar el banco de pruebas de los generadores de la sección aviónica es indispensable los equipos de protección como: guantes, protectores de oídos, zapatos de goma y extintor.



# Referencias Bibliográficas

- [1] M. Muñoz, «MANUAL DE VUELO,» [En línea]. Available: <http://www.manualdevuelo.com/ZIPS/MANUAL%20de%20vuelo.pdf>. [Último acceso: 13 Mayo 2014].
- [2] M. A. Muñoz, «mmuñoz@manualdevuelo.com,» [En línea]. Available: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF34.html>. [Último acceso: 09 Mayo 2014].
- [3] Direct Industry, «Baterías Ni-Cd,» VirtualCompanyExpo, España, 2014.
- [4] WITH ILLUSTRATED PARTS LIST COMMUNICATIONS., Manual, C. M., Illustrated, W., & List, P., New York, 2003.
- [5] De Maquinas y Herramientas, «Amperímetros: Tipos Y Usos,» DMyH, 2012.
- [6] AUTOMATIONDIRECT, Protección de circuitos / Fusibles / desconecta, Atlanta, 2014.
- [7] F. Martín, Nuevo manual de instalaciones eléctricas, Madrid : ETS Arquitectura, 2003.
- [8] R. Leño, TEXTO DE ELT 260 MAQUINAS ELECTRICAS DE C.A. I, La Paz.
- [9] M. Villalobos, Motores Trifásicos de Inducción, Chile: Inacap, 2008.
- [10] J. Mora, Electromagnetismo y circuitos eléctricos, McGraw-Hill, 2005.



- [11] «e-educativa.catedu.es,» [En línea]. Available: [http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1101/html/3\\_transmision\\_por\\_poleas\\_y\\_correas\\_o\\_cadenas.html](http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1101/html/3_transmision_por_poleas_y_correas_o_cadenas.html). [Último acceso: 17 Junio 2014].
- [12] F. Martín, REGULACIÓN DE VELOCIDAD DE MOTORES ASINCRONOS TRIFÁSICOS, Alicante: España, 2005.
- [13] WEG, Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento, 2010.
- [14] L. Duarte, «Capítulo 30 Fuerza y momentos de torsión en un campo eléctrico,» Awesome.Inc, México, 2012.
- [15] J. Arroyo, «Funcionamiento de un Transformador, Motor Eléctrico y un Generador Eléctrico,» Plantilla Travel, 2013.
- [16] Goodrich Corporation Model, DC Starter-Generator, Reino Unido: Manual, 2003.
- [17] Industrial Automation Systems, Vision OPLC Installation Guide, Nueva Inglaterra: Unitronics, 2006.
- [18] Industrial Automation System Unitronics, Vision OPLC User Guide, Nueva Inglaterra: Unitronics, 2004.
- [19] A. Bonada, «Nueva versión del software Visilogic 9.3.1 para OPLCs UNITRONICS VISION,» de infoPLC Automatización Industrial, Barcelona, 2011.
- [20] R. Cobo, «aie.cl,» [En línea]. Available: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>. [Último acceso: 15 Julio 2014].
- [21] L. Bonilla, MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LA EXPERIENCIA EDUCATIVA DE AUTOMATIZACIÓN, Xalapa: FIME UV , 2013.

