



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## EXTENSIÓN LATACUNGA

PROYECTO REALIZADO PREVIO LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN



# Ingeniería Electrónica

## CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN.

### Autores:

David Miguel Ugsha Guanotasig

Luis Javier Ugsha Guanotasig

# TEMA

“Diseño e implementación de un sistema HMI utilizando dispositivos de diferentes tecnologías y comunicaciones inalámbricas para la supervisión y control en tiempo real de la central hidroeléctrica “Catazacón” del cantón Pangua perteneciente a la empresa eléctrica provincial Cotopaxi Elepco S.A.”

# ANTECEDENTES

Hace algunas décadas se inició el desarrollo de tecnologías aplicables en el campo de la energía limpia, y una de las opciones que más atención ha recibido son las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH). Precisamente con la finalidad de abastecer energía eléctrica a un bajo costo para pequeñas industrias y comunidades rurales.



La energía Limpia como es el caso de una central hidroeléctrica, se caracterizan porque en su proceso de transformación y aprovechamiento en energía útil, utilizan recursos autosustentables, entre estas fuentes está la hidráulica como una opción apropiada para aportar energía al sistema.

La energía hidráulica es una energía limpia, que sustituye a los combustibles de origen fósil y nuclear juntos con sus desechos debido a la operación y mantenimiento.

Por lo que la energía hidráulica, tiene un bajo impacto ambiental ya que el agua como combustible no se consume, pero es explotada a su paso y no empeora su calidad ni se producen emisiones contaminantes.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) de la Empresa Eléctrica ELEPCO S.A. Hoy en día buscan mejorar la calidad con la que se entrega la energía eléctrica al sistema nacional interconectado.



Por tanto el consejo nacional de electricidad CONELEC; determina que es necesario que, ELEPCO S.A; provea la información del sistema de supervisión y control a la corporación CENACE para que monitoree en tiempo real la información de la generación de la central Hidroeléctrica CATAZACON perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.



# **SOLUCIÓN PLANTEADA**



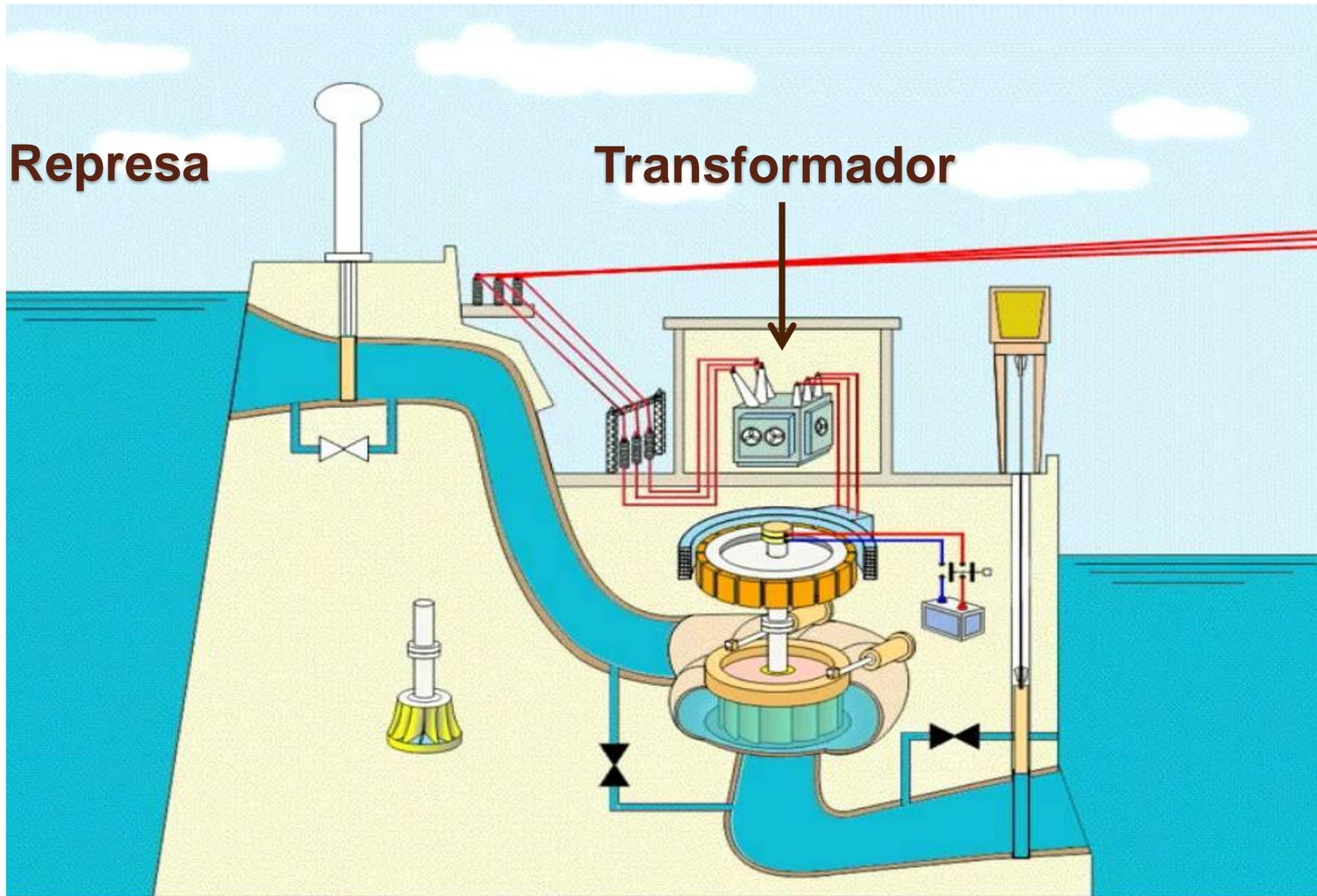
La solución planteada es el uso de equipos industriales eléctricos y electrónicos con dispositivos de comunicación inalámbrica modernos que permitan el correcto funcionamiento del proceso de generación eléctrica, permitiendo la supervisión y control de la operación, registro de variables en tiempo real y el sistema de alarma desde un computador.



# DISEÑO

- 
- Funcionamiento.
  - Recolección de datos.
  - Dimensionamiento de equipos.
  - Diseño e implementación del tablero eléctrico para la supervisión y control de la temperatura de los dos grupos generadores.
  - Diseño del sistema de comunicación inalámbrico para la supervisión del nivel del tanque de presión.
  - Diseño del sistema de control
  - Diseño del HMI

# FUNCIONAMIENTO



# RECOLECCIÓN DE DATOS

En el proyecto interviene dispositivos los cuales facilitan la implementación del mismo, que luego de realizar el análisis previo para su aplicación y propósito indica un alto grado de confiabilidad en el momento de obtener un resultado esperado, para ello conlleva la recolección de datos los cuales determinaran la selección adecuada de los mismos con la finalidad de obtener una aproximación real al resultado

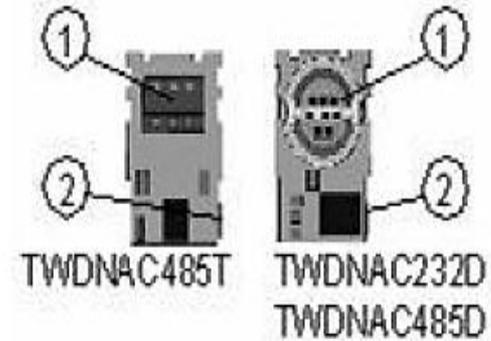
## **DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS**

Para el dimensionamiento de equipos se basó en las principales variables que intervienen en el proceso y sus rangos máximos de operación, verificar los equipos que se podían re-utilizar para disminuir costos de materiales.

PLC TWDLCAA16DRF  
ac/dc/relay



Adaptador de comunicaciones TWDNAC232D



Multímetro digita  
I LOVATO DMK3



Transformador de Corriente



Medidor Controlador  
Indicador de presión  
EZ-ZONE®



Medidor Controlador  
Indicador de temperatura  
MT-543Ri



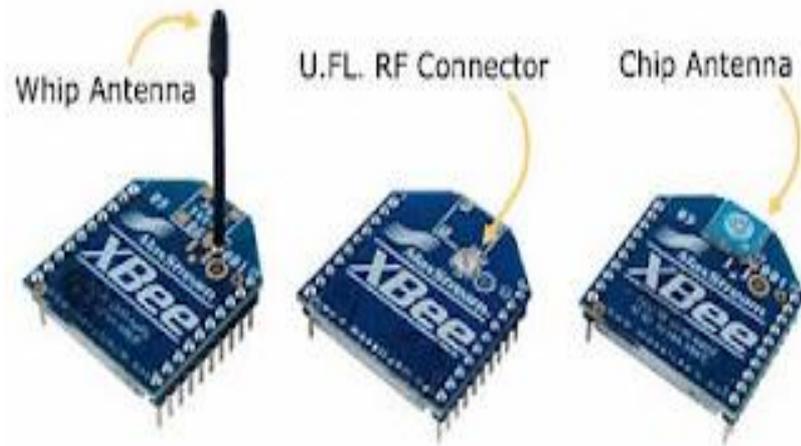
Transmisor de Presión  
MOD. Xa-904.I



Sensor Termo resistor  
PT-100



## Módulo de comunicación X-BEE



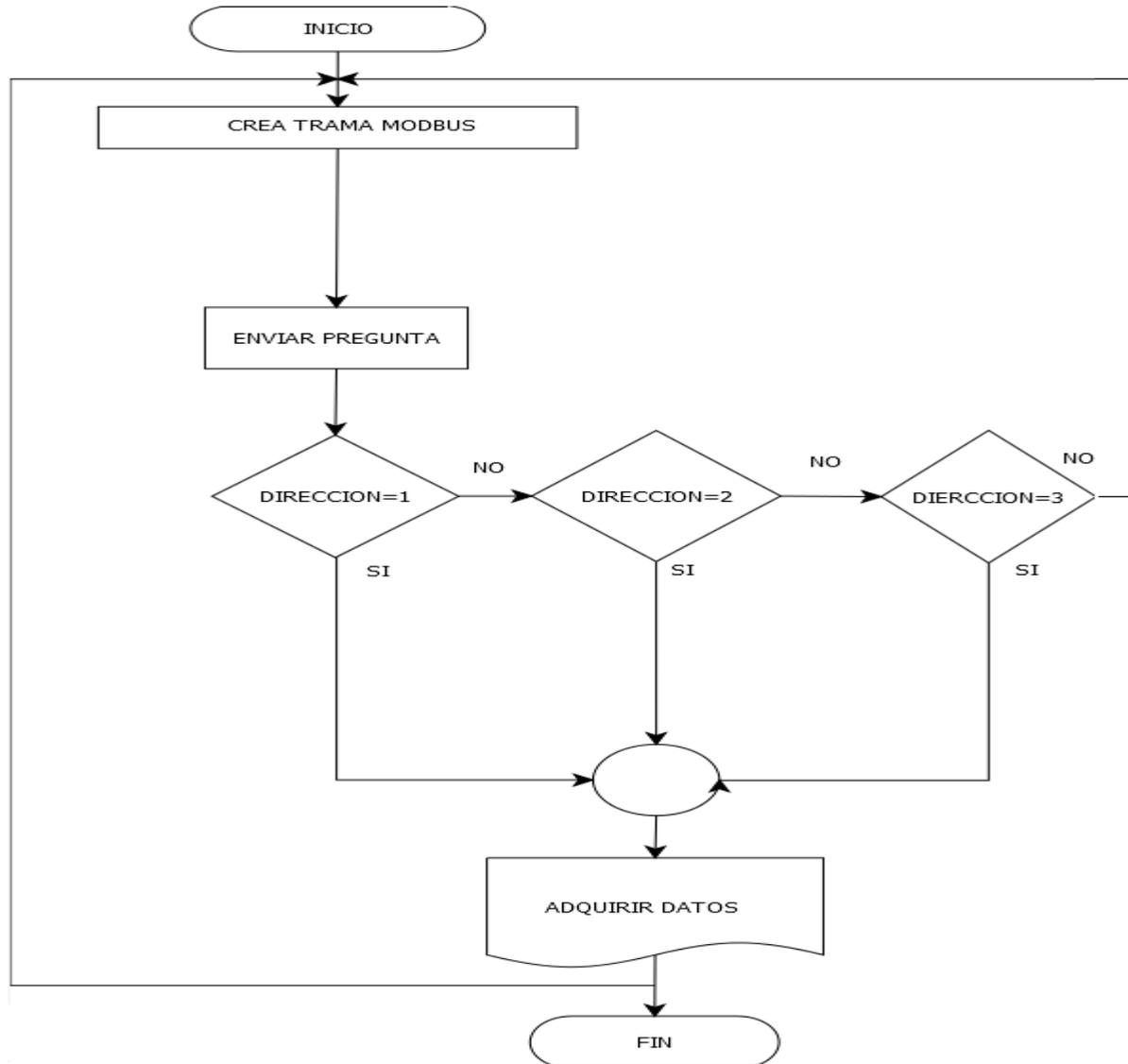
## Sensor tipo Boya-Flotador



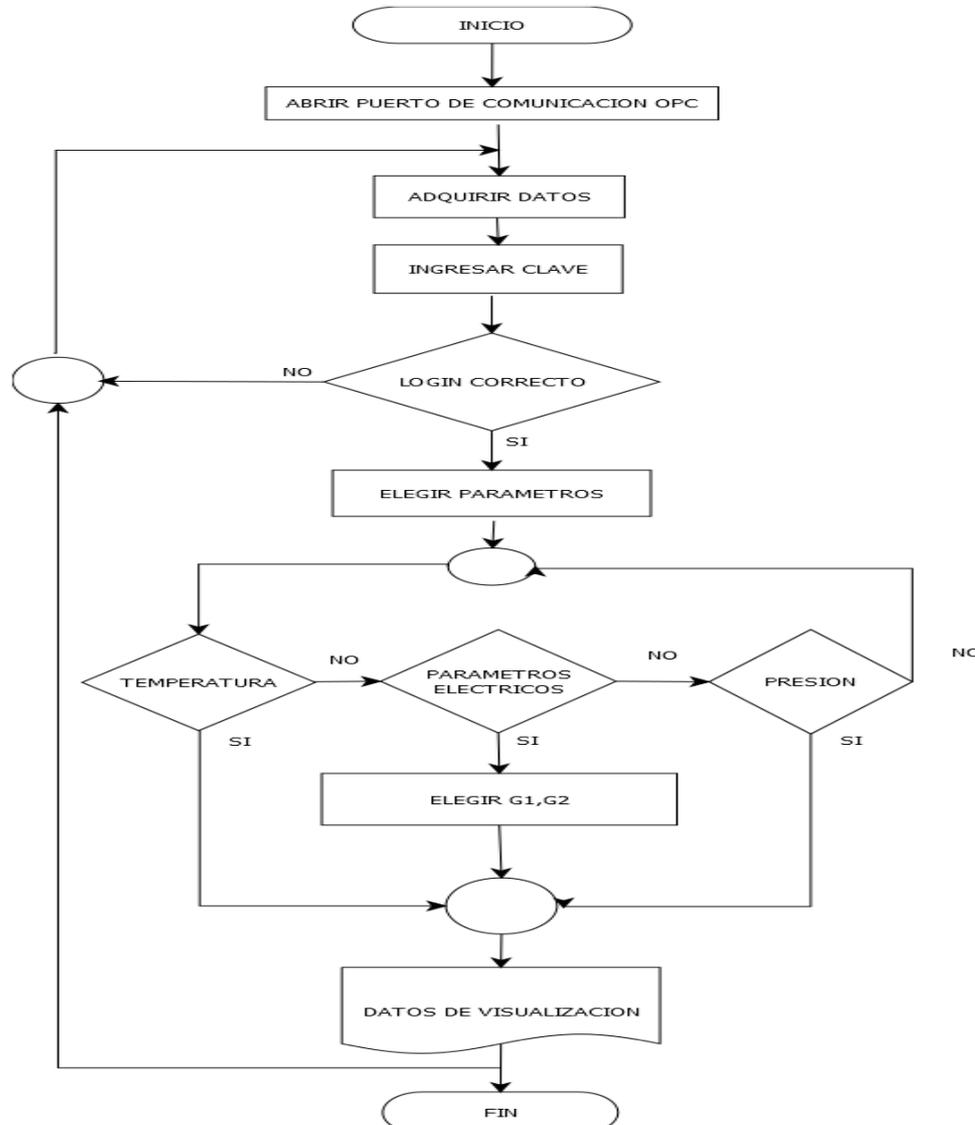
# DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

- Las principales variables físicas que intervienen en el proceso de generación hidroeléctrica son monitoreadas y controladas en el sistema de supervisión y monitoreo a través de una interfase HMI

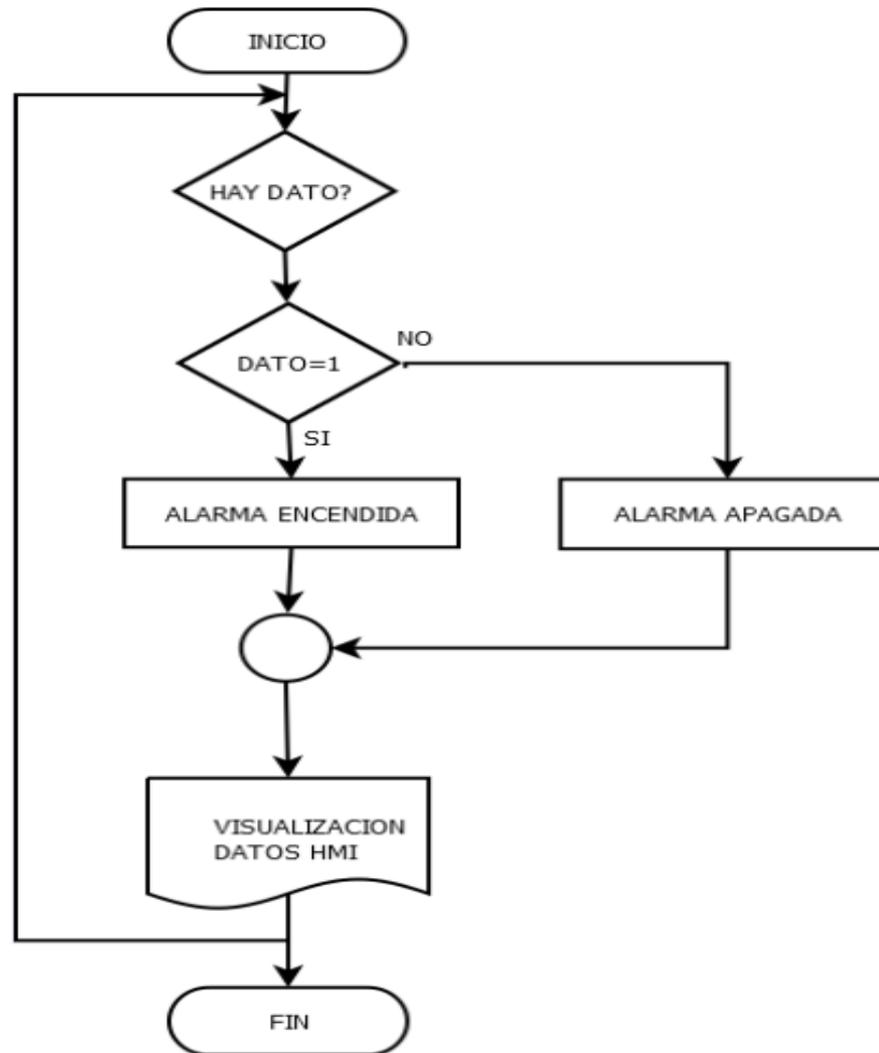
# Lógica de programación de la Comunicación Modbus Maestro-Esclavo



# Lógica de programación del Funcionamiento de la interface HMI



# Lógica de programación de la alarma de nivel alto en el tanque de presión



# DISEÑO DEL HMI

Para iniciar el diseño de la interfaz humano máquina, se basa en el concepto de que el operador debe sentirse cómodo y familiarizado con la pantalla que va a interactuar, dicho esto se empieza con la descripción de cada una de las pantallas que se ha diseñado.

# PANTALLA DE INICIO

PRINCIPAL.vi

File Edit View Project Operate Tools Window Help

CENRAL DE GENERACION CATAZACON

00:17:02  
08/12/2013

elepco s.a.

TEMPERATURA NIVEL GENERACION DATOS DE OPERACION

INGRESO CERRAR SECCION STOP

NEOCONTROL

ELEPCO S.A.  
Empresa Eléctrica Provincial Cotacachi S.A.

# PANTALLA DE INGRESO



The image shows a screenshot of a user login window. The window title is "Ingreso de usuario" and it has a close button (X) in the top right corner. The main content area has a dark blue background with the text "INGRESO DE USUARIO" in large, bold, blue letters. Below this, there are two input fields: "Nombre" with the text "SCADA" and "Contraseña" with four asterisks "\*\*\*\*". At the bottom, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

**Ingreso de usuario**

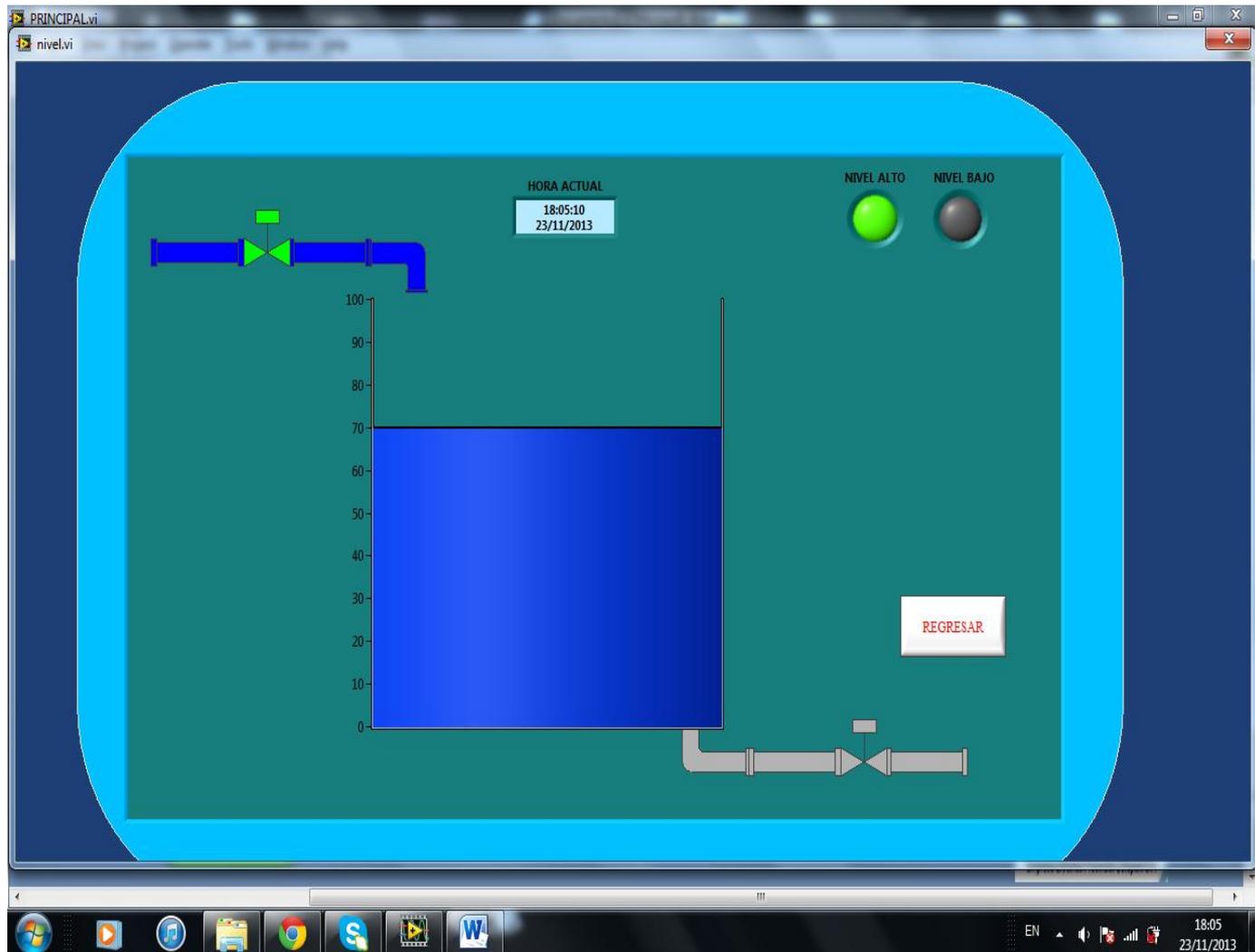
## INGRESO DE USUARIO

**Nombre**

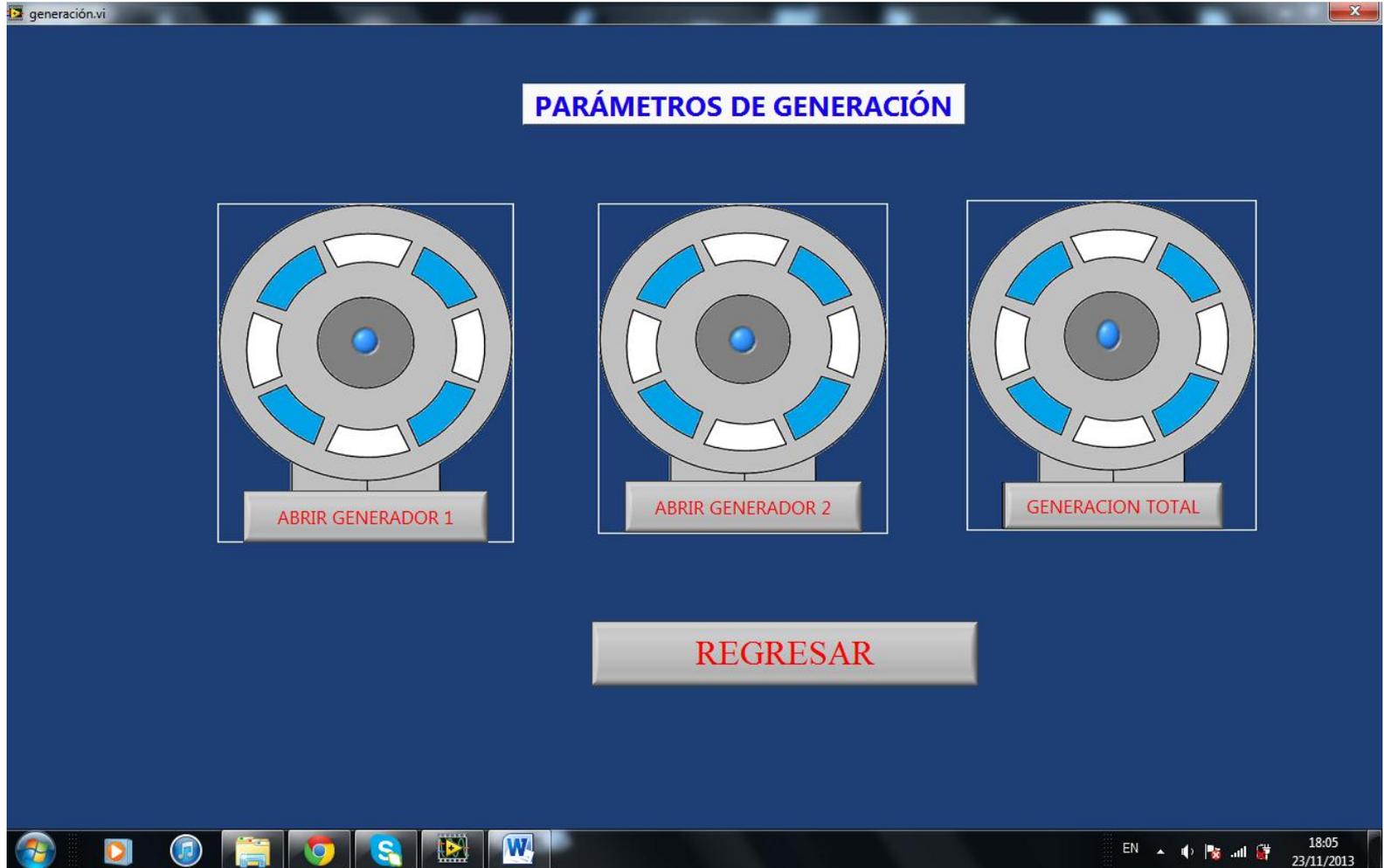
**Contraseña**

**Aceptar** **Cancelar**

# INTERFACE DEL NIVEL DEL TANQUE DE PRESION



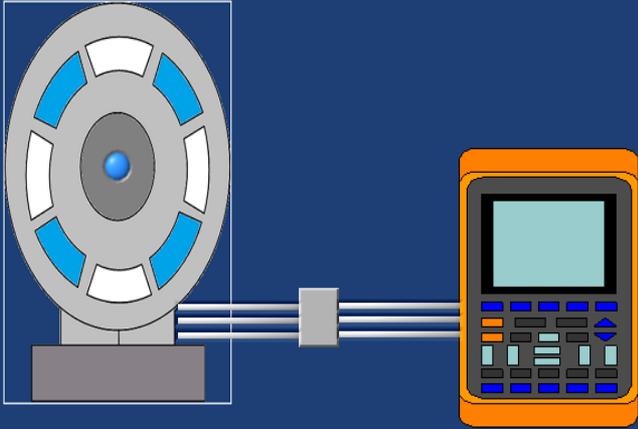
# INTERFACE DE LOS 2 GENERADORES Y VALOR TOTAL LOS DOS GRUPOS



# VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS EN EL GENERADOR 1

generator1.vi

## DATOS DE GENERACION GENERADOR 1

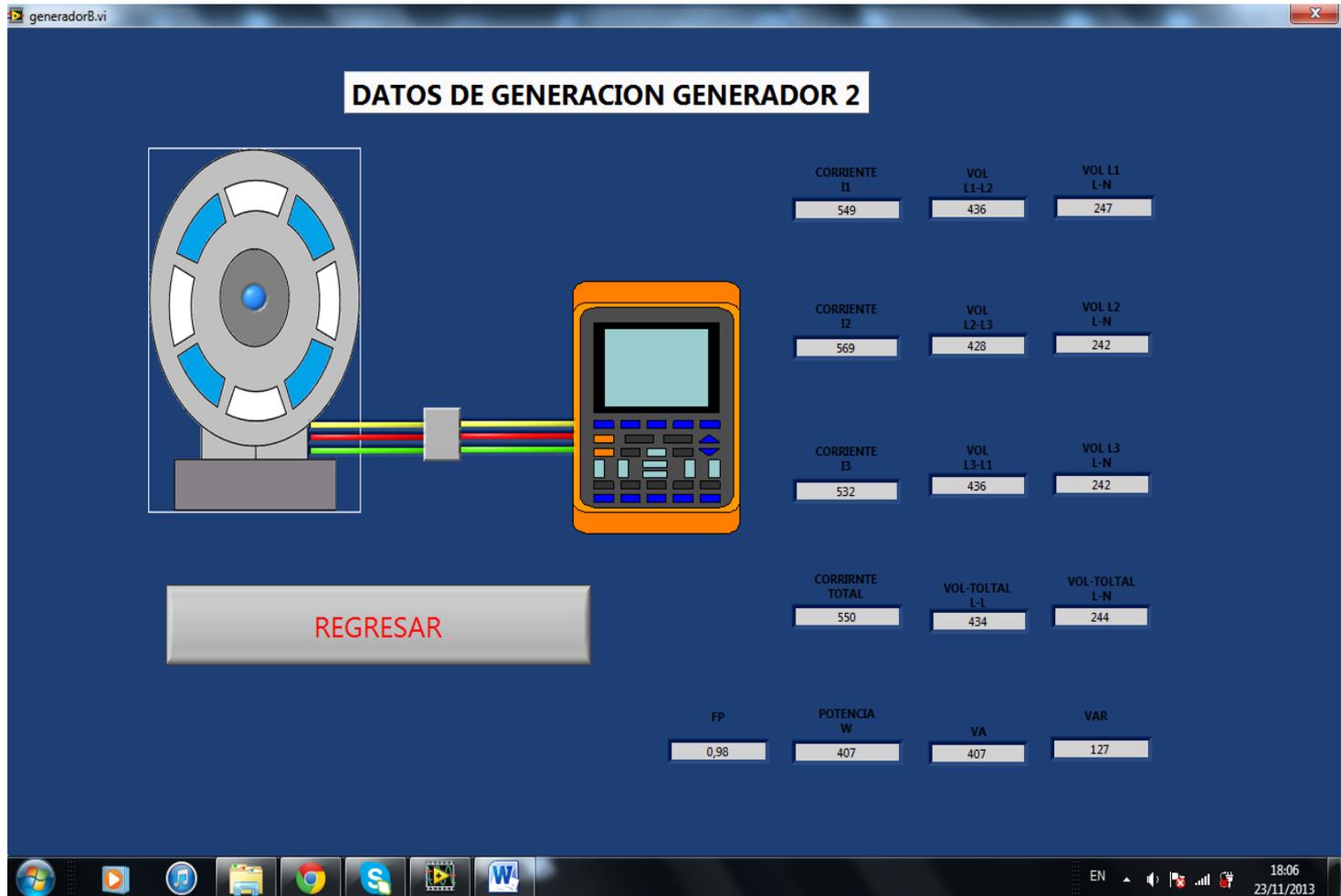


REGRESAR

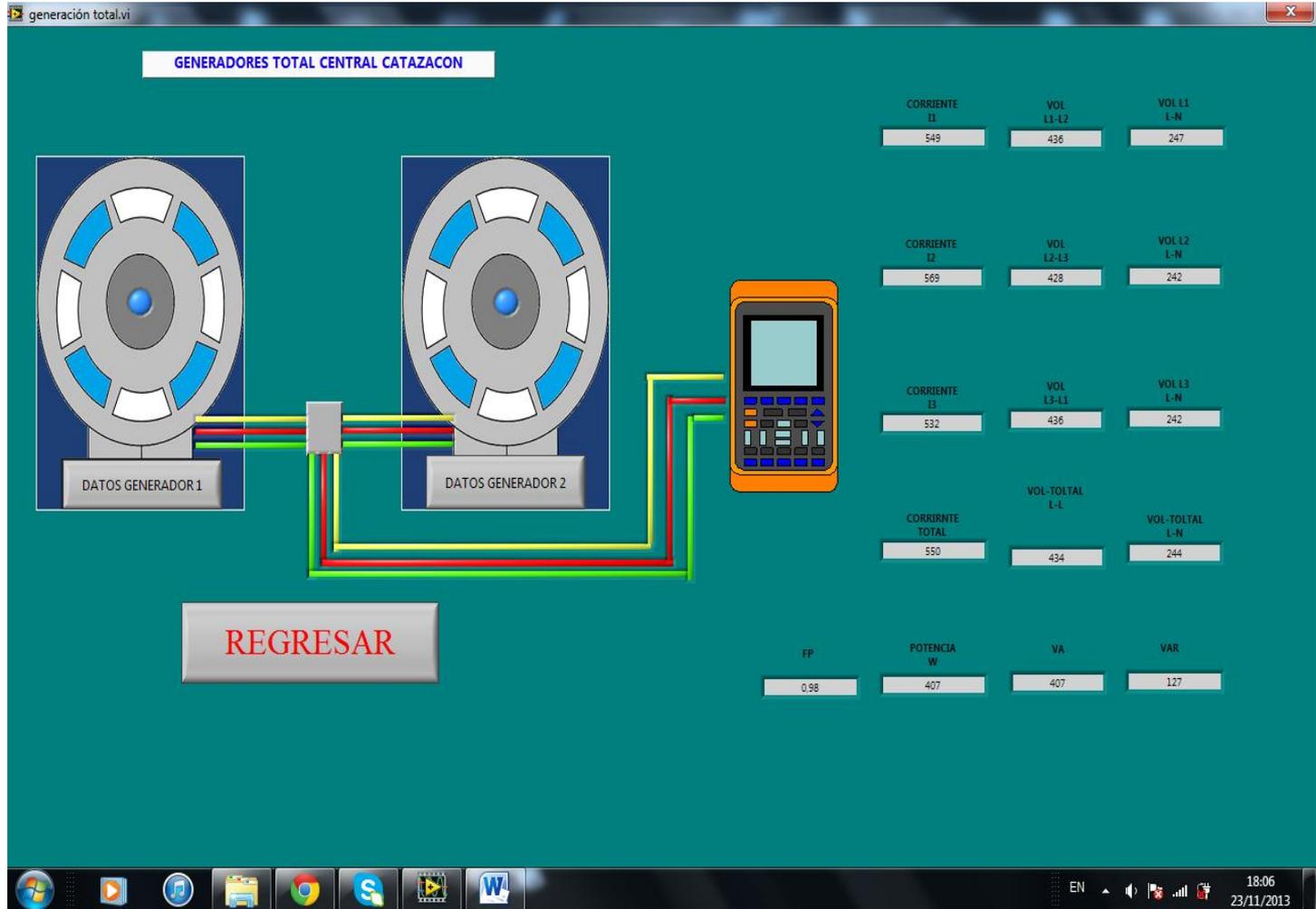
CORRIENTE I1	VOL L1 (L-N)	VOL L1-L2	
549	0	0	
CORRIENTE I2	VOL L2 (L-N)	VOL L2-L3	
0	0	0	
CORRIENTE I3	VOL L3 L-N	VOL L3-L1	
0	0	0	
CORRIENTE TOTAL	VOL-TOL L-N	VOL-TOL L-L	
0	0	0	
FP G1	POTENCIA W	VAR	VA
0	0	0	0

Windows taskbar: 18:06 23/11/2013

# VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS EN EL GENERADOR 2



# VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS DE GENERACIÓN TOTAL



# VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS DE GENERACIÓN TOTAL EN DOCUMENTO .TXT

PRINCIPAL.vi

File Edit View Project Operate Tools Window Help

datos\_generacion.vi

## CENRAL DE GENERACION CATAZACON



### DATOS DE GENERACION

Fecha	Hora	VLNT-G	I1-G1	I2-G2	I3-G3	WT-G1	VLNT-G	I1-G2	I2-G2	I3-G2	WT-G2	VLNT-G	I1-GT	I2-GT	I3-GT	WT-GT
23/11/2013	18:03:08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00
23/11/2013	18:03:38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00
23/11/2013	18:04:08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00
23/11/2013	18:04:38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00
23/11/2013	18:05:08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00
23/11/2013	18:05:38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00
23/11/2013	18:06:09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00
23/11/2013	18:06:39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00
23/11/2013	18:07:09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00	244,00	549,00	569,00	532,00	407,00
23/11/2013	18:07:39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	244,00	552,00	572,00	535,00	405,00	244,00	552,00	572,00	535,00	405,00
23/11/2013	18:08:09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	248,00	552,00	572,00	535,00	405,00	248,00	552,00	572,00	535,00	405,00

FECHA ACTUAL  
23/11/2013

**ABRIR ARCHIVO**      **GENERACION**

**REGRESAR**

NEOCONTR

18:08 23/11/2013



# VISUALIZACIÓN DE DATOS DE GENERACIÓN EN ARCHIVO EXCEL

datos de generacion.xls - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Complementos

Calibri 11 Fuente Alineación Número

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Celdas

Autosuma Rellenar Borrar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

A1 Fecha

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Fecha	Hora	VLNT-G1	I1-G1	I2-G1	I3-G1	WT-G1	VLNT-G2	I1-G2	I2-G2	I3-G2	WT-G2	VLNT-GT	I1-GT	I2-GT	I3-GT
2	23/11/2013	18:03:08	0	0	0	0	0	244	549	569	532	407	244	549	569	
3	23/11/2013	18:03:38	0	0	0	0	0	244	549	569	532	407	244	549	569	
4	23/11/2013	18:04:08	0	0	0	0	0	244	549	569	532	407	244	549	569	
5	23/11/2013	18:04:38	0	0	0	0	0	244	549	569	532	407	244	549	569	
6	23/11/2013	18:05:08	0	0	0	0	0	244	549	569	532	407	244	549	569	
7	23/11/2013	18:05:38	0	0	0	0	0	244	549	569	532	407	244	549	569	
8	23/11/2013	18:06:09	0	0	0	0	0	244	549	569	532	407	244	549	569	
9	23/11/2013	18:06:39	0	0	0	0	0	244	549	569	532	407	244	549	569	
10	23/11/2013	18:07:09	0	0	0	0	0	244	549	569	532	407	244	549	569	
11	23/11/2013	18:07:39	0	0	0	0	0	244	552	572	535	405	244	552	572	
12	23/11/2013	18:08:09	0	0	0	0	0	248	552	572	535	405	248	552	572	
13	23/11/2013	18:08:39	0	0	0	0	0	248	552	572	535	405	248	552	572	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	21/11/2013	17:06:38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	21/11/2013	17:07:08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	21/11/2013	17:07:38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	21/11/2013	17:08:08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	21/11/2013	17:08:38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	21/11/2013	17:09:08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	21/11/2013	17:09:38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	21/11/2013	17:10:08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	21/11/2013	17:10:38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	21/11/2013	17:11:08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

datos de generacion

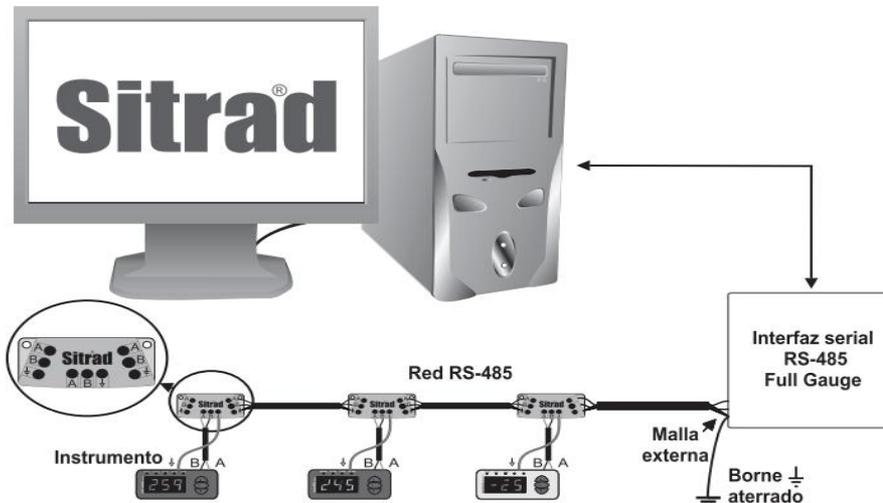
Listo 100%

18:10 23/11/2013

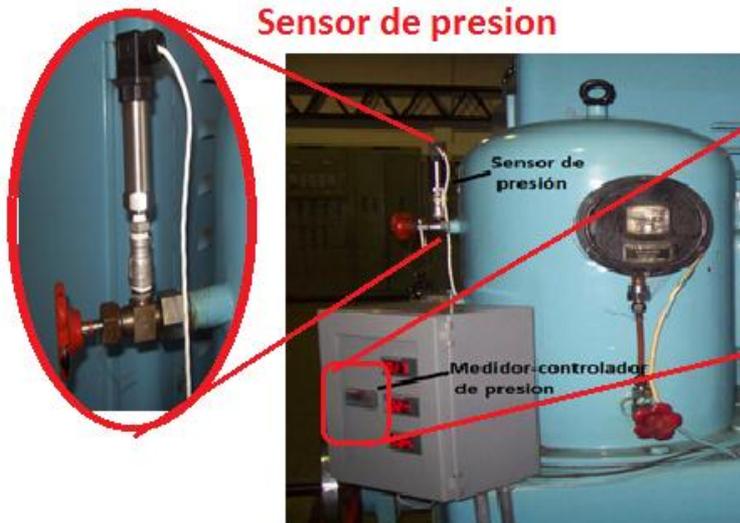
# IMPLEMENTACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y SUPERVICION

- Temperatura
- Presión
- Nivel
- Medidas de parámetro eléctricos

# TEMPERATURA

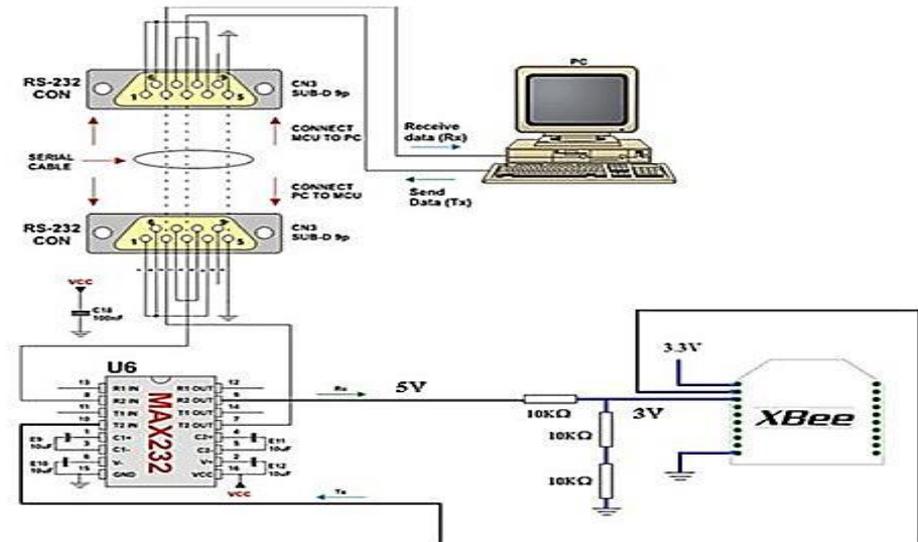
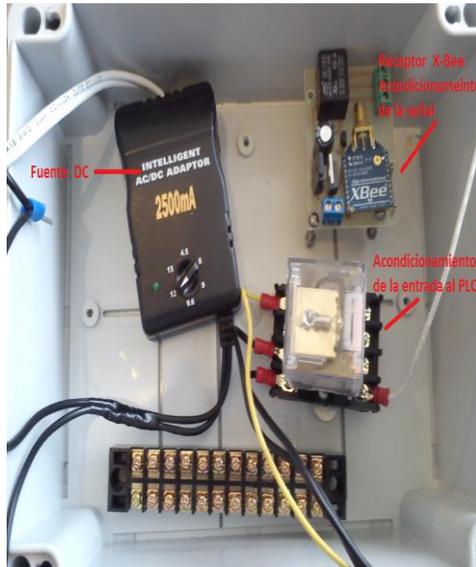


# PRESIÓN

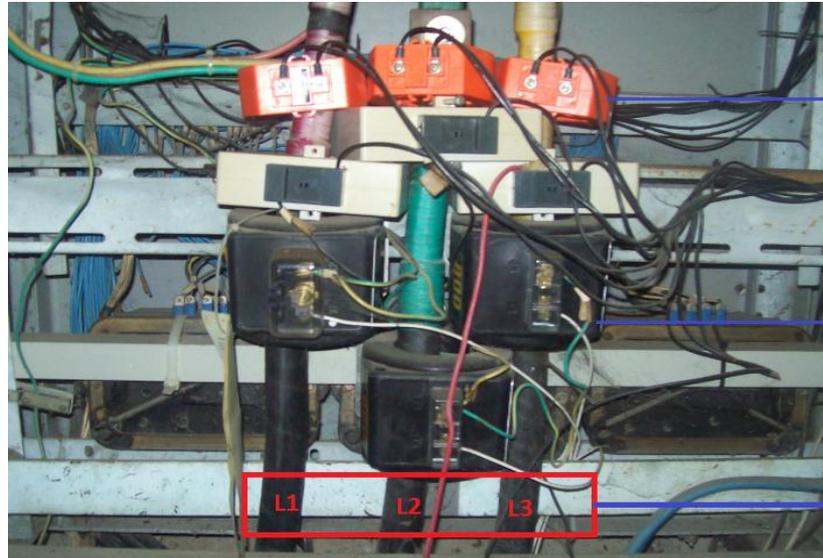


Medidor controlador de Presion

# NIVEL



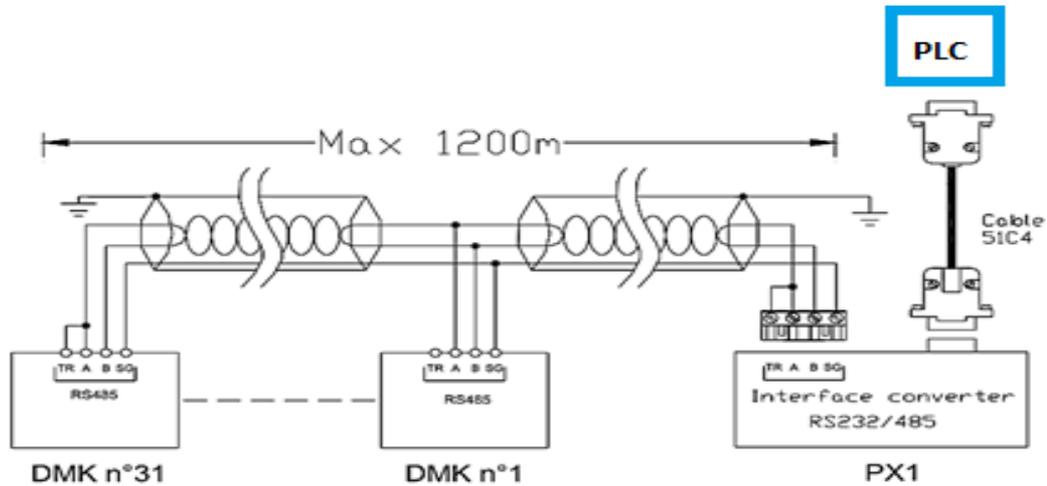
# PARÁMETROS ELÉCTRICOS



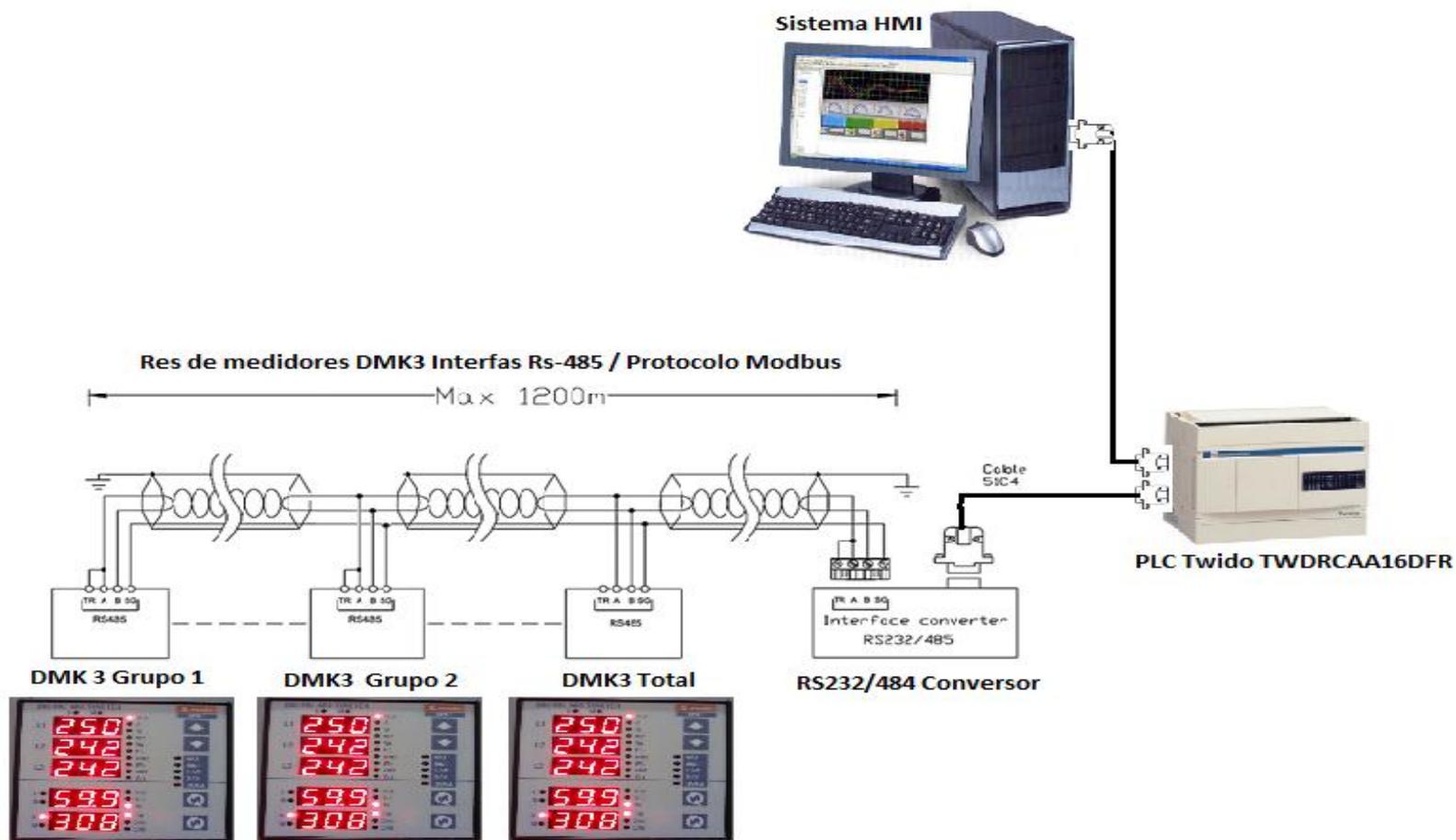
TC configuración trifasica con linea de neutro

TP configuración trifasica con linea de neutro

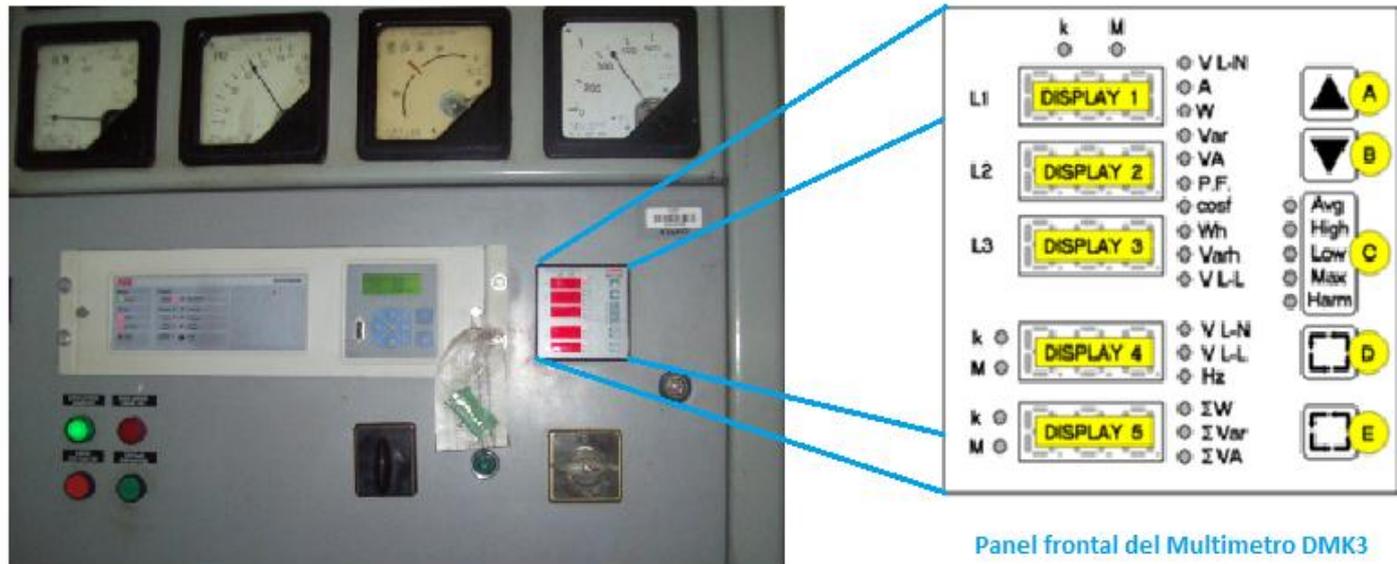
Lines de fuerza L1, L2, L3



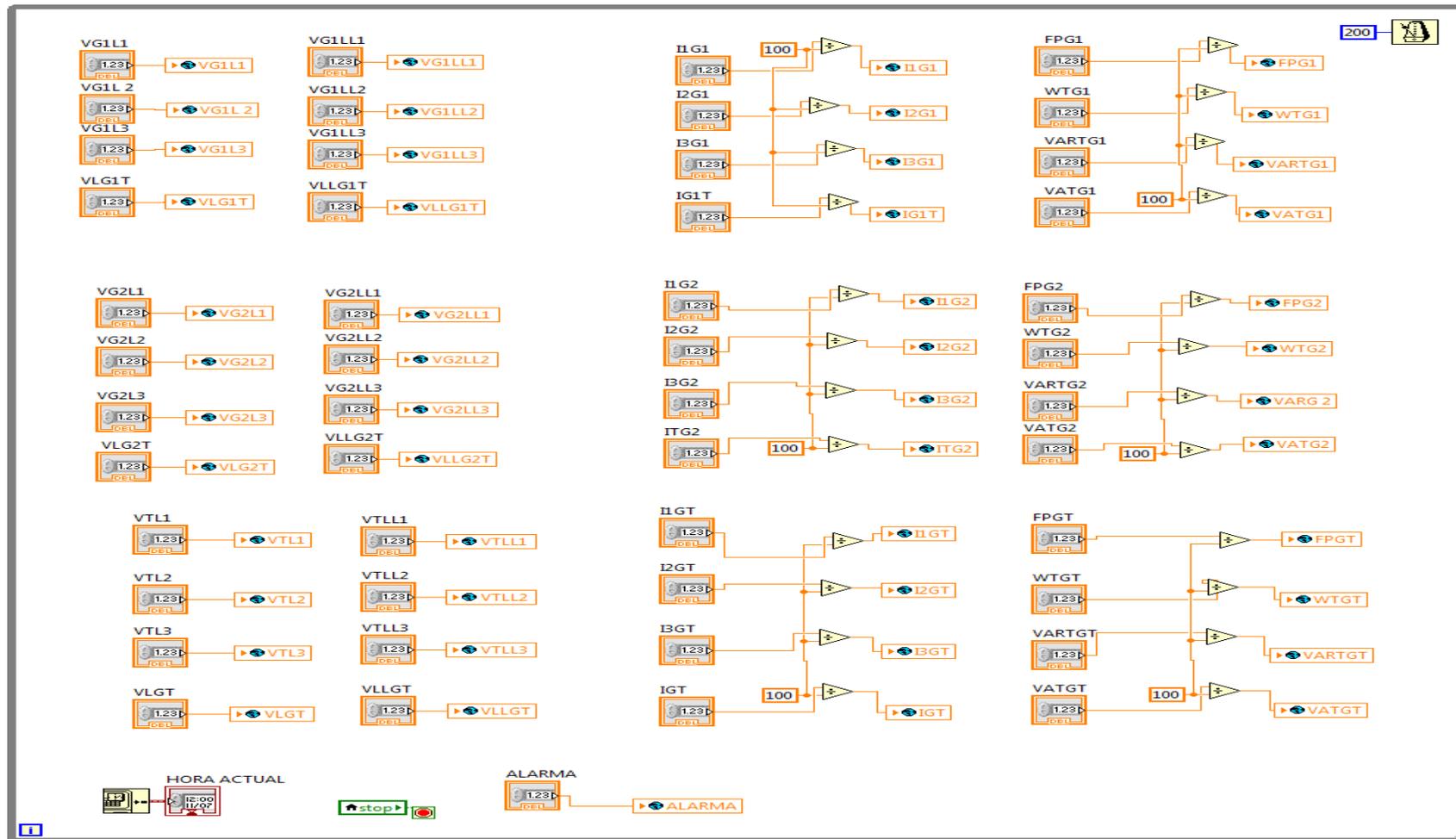
# Implementación de la red para la lectura de los Parámetros Eléctricos



# Programación de los medidores LOVATO DMK 3



# Lectura de los valores de parámetros eléctricos en el sistema HMI



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Después de finalizar el proyecto se procedió a la puesta en operación de todo los dispositivos y dando como resultado la perfecta operación de todo el sistema.

# CONCLUSIONES

Con el desarrollo del proyecto se logró cumplir con el objetivo principal propuesto, que consiste en diseñar e implementar un sistema HMI utilizando dispositivos de diferentes tecnologías y comunicaciones inalámbricas para la supervisión y control en tiempo real de la central hidroeléctrica CATAZACON.



El sistema presenta al usuario los datos registrados en un archivo de Excel en el cual puede ser revisada desde fuera de la aplicación o desde la aplicación misma para luego y mediante sus herramientas graficas se determine el comportamiento de la potencia generada para su posterior análisis



El monitoreo de las variables de temperatura, presión, voltaje, corriente, potencia, frecuencia y nivel en un interfaz HMI amigable y de fácil acceso permite a los operadores incrementar la calidad de llevar un registro de datos ordenados y fiables.



La instauración de una red RS-485 es una opción para la automatización de empresas de desarrollo industrial debido a que es un estándar para la comunicación, de tecnología abierta y de altas prestaciones de fiabilidad y determinismo.

La implementación del sistema de monitoreo de los medidores LOVATO, instalados en la central de generación CATAZACON, permite disponer de la información necesaria que los operadores registran, a diario, en una interfaz HMI gráfica y de fácil manejo.



El PLC utilizado tiene un puerto de comunicación RS-485 y la computadora un puerto serie RS-232, para poder realizar la comunicación entre estos dos dispositivos se utilizó un convertidor de RS-485 a RS-232 y viceversa.

El sistema de monitoreo permite a los operadores incrementar la calidad de registro de los datos y a su vez evitar que se acerquen a los equipos de alto voltaje para registrar los datos que sean necesarios diariamente.



Los datos que se observan en la interfaz HMI del sistema de monitoreo, están en tiempo real sin ningún tipo de retardo tanto en adquirir los datos como en presentar los datos.

Se diseñó una estructura que satisface los cambios y adecuaciones de los sensores y transmisores y así permita realizar su conexión sin dificultad.

# RECOMENDACIONES

- Cuando se desarrolla un sistema HMI de un proceso es importante determinar el número y tipo de variables físicas que van a ser monitoreadas para la selección adecuada de los dispositivos.
- Utilizar de ser posibles cables apantallados para la transmisión de los datos para evitar pérdidas ocasionadas por la presencia de interferencias electromagnéticas.
- Para trabajar con equipos de comunicación de radio frecuencia como en el caso de los radios X-Bee es de vital importancia que se los coloque dentro de un gabinete transparente y hermético el cual pueda facilitar la comunicación entre ellos y de esta manera no interferir en la señal de comunicación.

- 
- Para el correcto funcionamiento de la interfaz HMI se debe seguir las instrucciones indicadas en el manual de operación.
  - Al momento agregar equipos a la red RS-485 se debe realizar por medio de un dispositivo que facilite la integración de los mismos tal es el caso conectores R-485.

- 
- Debido al proceso de cambio tecnológico que vive nuestro país en el sector industrial y a los resultados obtenidos en este proyecto, se recomienda realizar proyectos de esta índole que además permiten adquirir nuevos conocimientos y dar soluciones efectivas.
  - Revisar periódicamente los equipos de automatización (sensores, transductores, PLCs., conexiones, etc.) para evitar falsas señales en el sistema de monitoreo.
  - La industria permita la apertura necesaria a los estudiantes para realizar proyectos de investigación y desarrollo, porque de esta manera se obtiene un beneficio mutuo entre ambas partes.



**Gracias**