



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

**“ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA PARA LA SUPERVISIÓN DE LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA HIDROTAMBO S.A. UBICADA EN LA PROVINCIA DE BOLÍVAR”**

AUTORES:

JARAMILLO CARRILLO, DANIEL FERNANDO

YUMISACA DUCHE, SOFÍA LISSETTE

DIRECTOR:

ING. TIPÁN CONDOLO, EDGAR FERNANDO

VERSIÓN: 1.1



Contenido

1.- Introducción

2.- Objetivos

3.- Diseño

4.- Desarrollo

5.- Pruebas y Resultados

6.- Conclusiones y Trabajos Futuros

Introducción



Ubicación: Cantón Chillanes - Provincia de Bolívar

Funcionamiento: 2016

Tipo Central: De Pasada

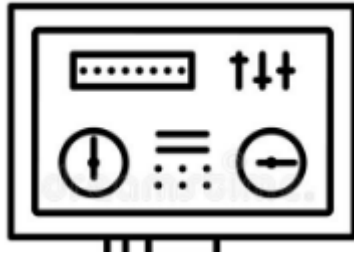
Turbinas: Dos tipo Francis

Potencia: 8MW

Caudal: Diciembre a junio es de $5.4\text{m}^3/\text{s}$, en los meses restantes es de $1.96\text{m}^3/\text{s}$.

Introducción

Sistema no vigente



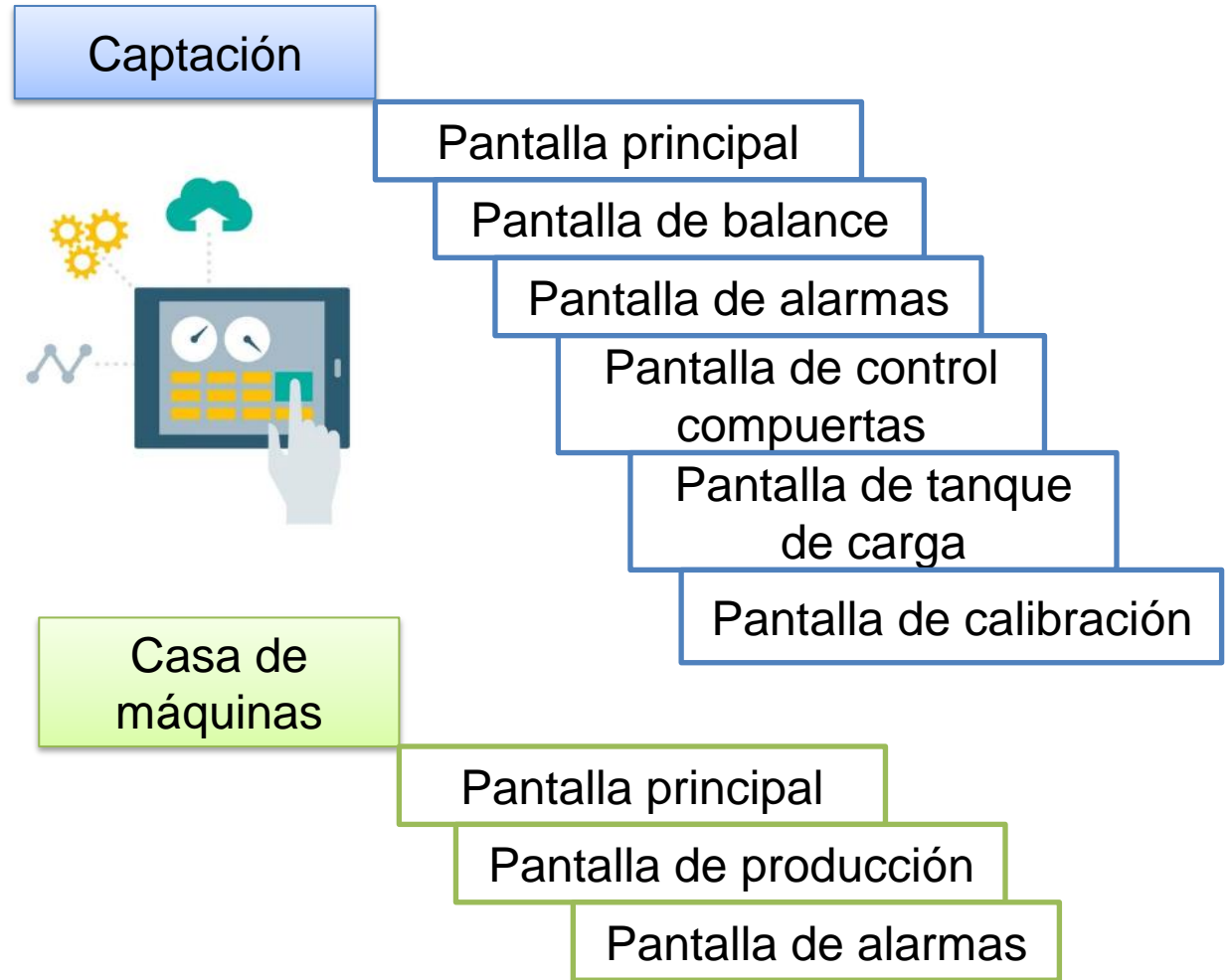
Implementado en el año
2016

Dos interfaces destinadas
al monitoreo

Control local de
compuertas

Zonas distantes del cuarto
de control

Sistema propuesto



Objetivos

General

Actualizar el sistema SCADA utilizando equipamiento TBox RTU para la supervisión de la Central Hidroeléctrica Hidrotambo S.A.

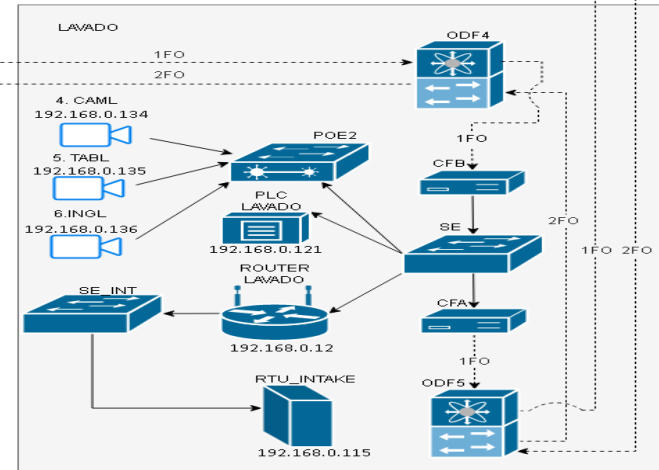
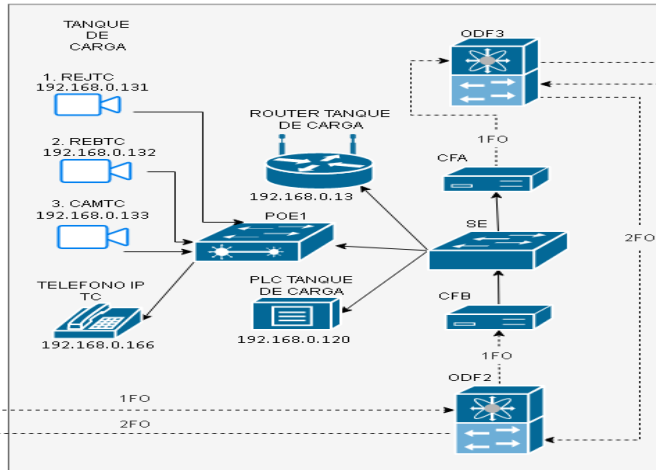
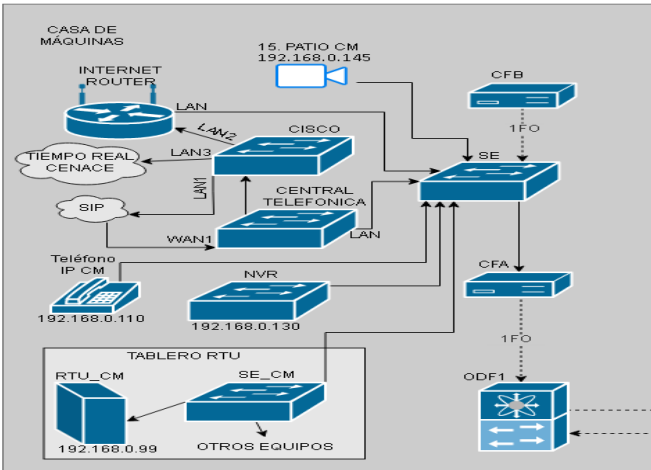
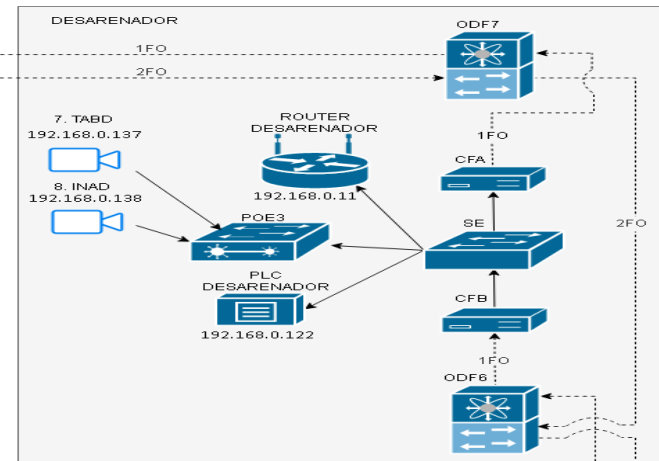
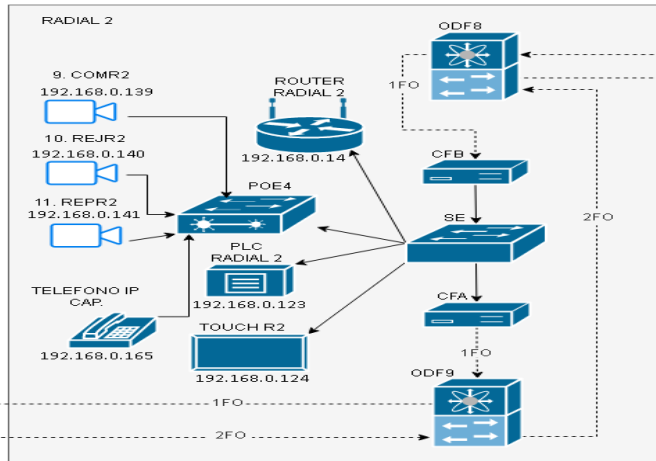
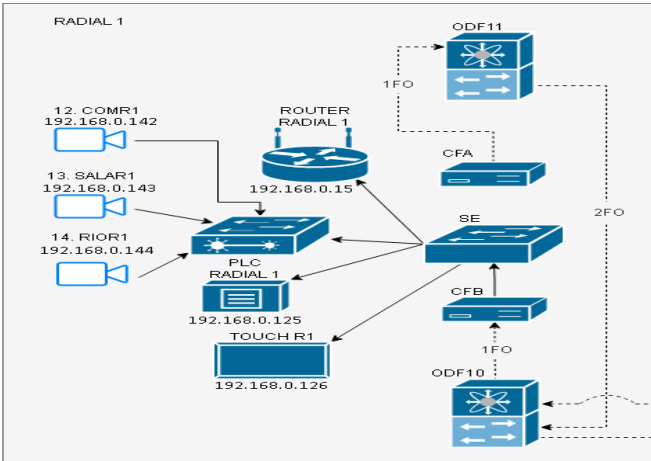
Específicos

- Identificar las variables que controlan las zonas de captación y casa de máquinas, a través de las RTUs que se encuentran disponibles para enlazarlas con las pantallas de control y monitoreo.
- Desarrollar gráficas de producción de energía y flujo de agua utilizando los cálculos y programación respectiva para su visualización en las pantallas de monitoreo.
- Establecer el enlace de comunicación de la nueva red de PLCs con las RTUs mediante la configuración de parámetros en un software SCADA para la adquisición de datos.
- Diseñar las interfaces de supervisión basado en la norma ISA 101, utilizando un software especializado para las zonas de captación y casa de máquinas de la central hidroeléctrica.
- Simular el funcionamiento del sistema de supervisión a través de pruebas individuales de las zonas de captación y casa de máquinas, así como del sistema total para la detección oportuna de errores.

Diseño

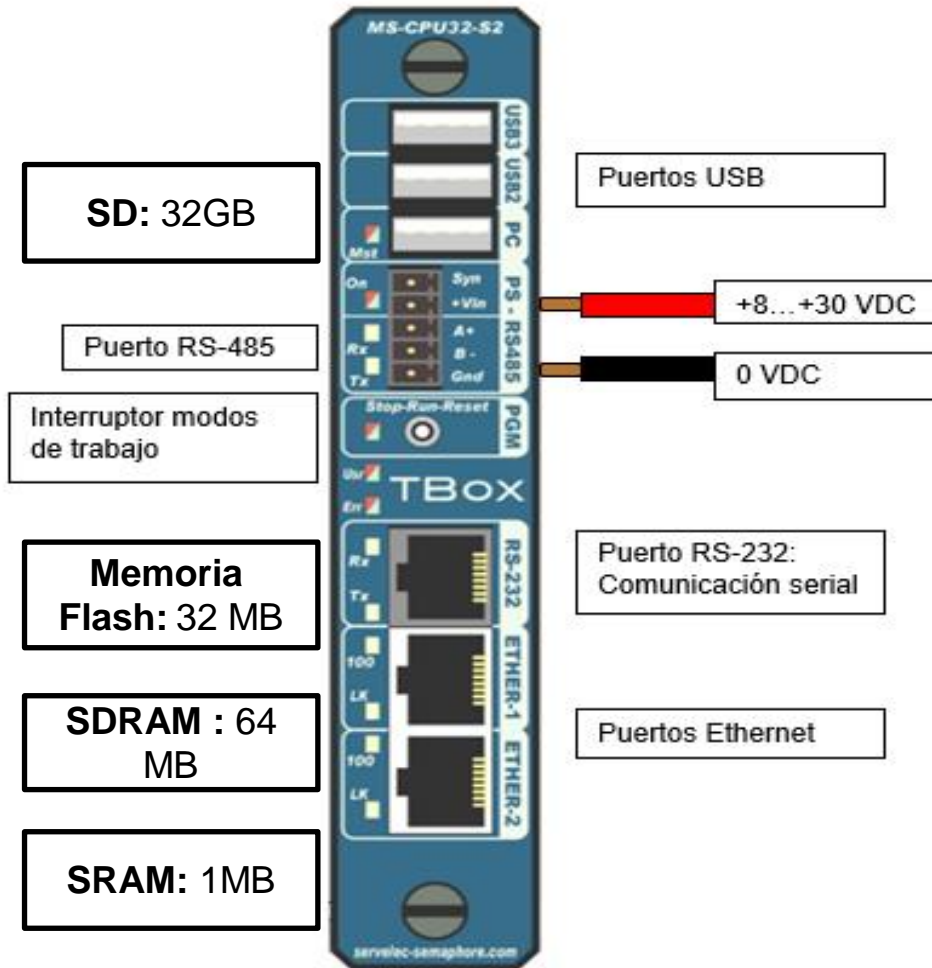
Arquitectura de red

ARQUITECTURA DE RED CENTRAL HIDROTAMBO S.A.



Diseño

RTU MS-CPU32-S2



Cumplen con los requisitos establecidos en la regulación ARCONEL

Acceso y control a los SCADA de forma remota y en tiempo real

Cuenta con una arquitectura modular y utiliza tecnología de servidor web

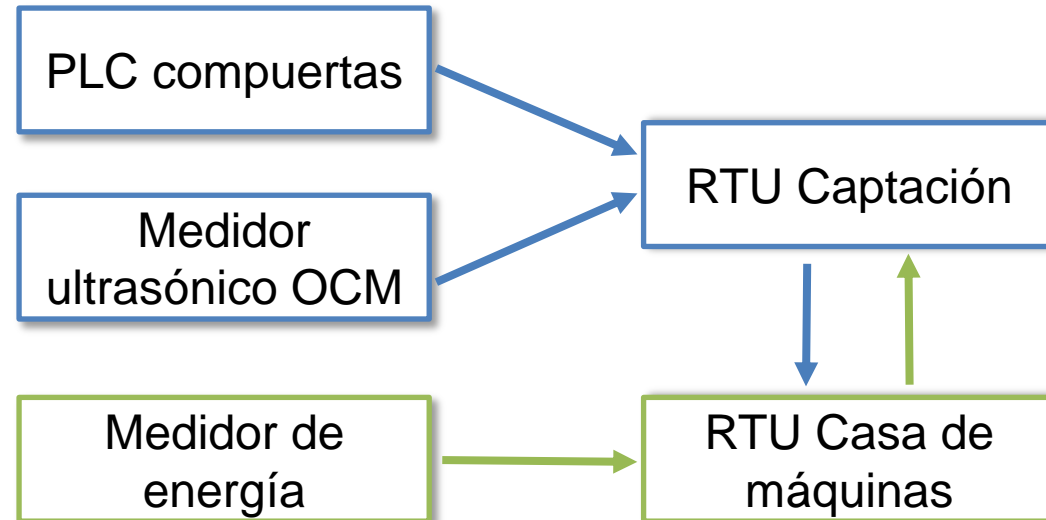
Compatible con cualquier navegador de internet



Diseño

Tabla de Recursos

Nombre de la tabla	Cantidad de variables
Control en la RTU de captación	52
Monitoreo en la RTU de captación	134
Monitoreo en la RTU de casa de máquinas	72
Total	258



Desarrollo

Configuración de la RTU

RTU Properties

General Add-ons Protection IP Security Info Advanced Runtime Parameters

Identification

RTU type: TBoxMS CPU32-S2

Name: hTamboA

Station Address: 2

SubAddress: 0

OS Version (Offline): Major 1 Minor 42

Telephone Number

Country: Ecuador (593)

Area Code:

Telephone Number:

Connect using an internal line:

Sizes

Digital Chronology: 512 records

Analog Chronology: 100 records

Time Zone

Time Zone: (UTC-05:00) Bogotá, Lima, Quito, Rio Branco

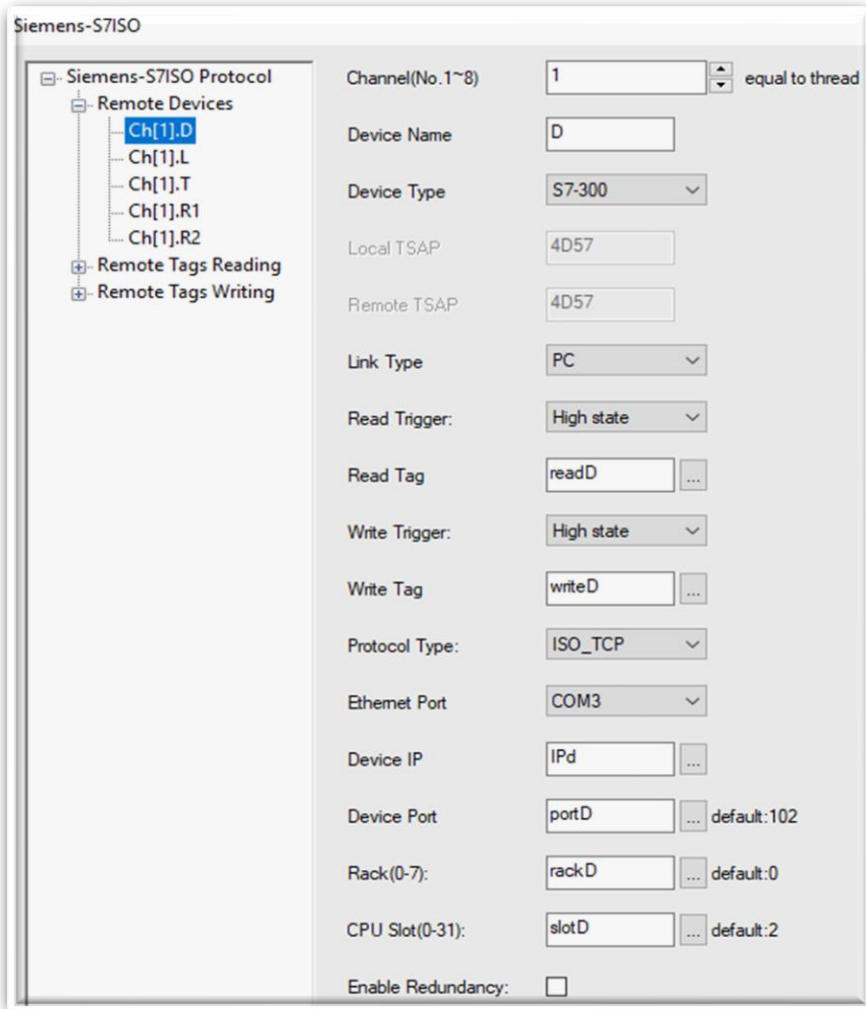
Summer / Winter Management:

Port	Type	Protocol	Informations
COM1	RS232	Modbus RTU	9600 - 8 bits - None - 1 stop
COM2	RS485	Modbus RTU	19200 - 8 bits - None - 1 stop
COM3	ETHERNET	IP	192.168.0.115 / 255.255.255.0 / 192.168.0.10
COM4	ETHERNET	IP	192.168.1.99 / 255.255.255.0 / 192.168.1.1
COM5	USB Host&Dev...	IP	
COM6	USB Host		
COM7	USB Host		

Port	Type	Protocol	Informations
COM1	RS232	Modbus RTU	9600 - 8 bits - None - 1 stop
COM2	RS485	Modbus RTU	115200 - 8 bits - Even - 1 stop
COM3	ETHERNET	IP	192.168.0.99 / 255.255.255.0 / 192.168.0.10
COM4	ETHERNET	IP	181.211.163.172 / 255.255.255.248 / 181.211.163.169

Desarrollo

Configuración S7-ISO y creación de variables



Siemens-S7ISO

Channel(No.1~8) 1 equal to thread

Device Name D

Device Type S7-300

Local TSAP 4D57

Remote TSAP 4D57

Link Type PC

Read Trigger: High state

Read Tag readD

Write Trigger: High state

Write Tag writeD

Protocol Type: ISO_TCP

Ethernet Port COM3

Device IP IPd

Device Port portD default:102

Rack(0-7): rackD default:0

CPU Slot(0-31): slotD default:2

Enable Redundancy:

	Name	Value	Address	Type	Comment	Initial V...	Modbus A...
	<input type="checkbox"/> Add a tag						
1	✓ IPt	192.168.0.120	AIV00186	DWord	IP tanque		20000
2	✓ sT	0	AIV00182	Byte	Estatus PLC T		20002
3	✓ slotT	0	AIV00187	Word			20004
4	✓ rackT	0	AIV00188	Word			20006
5	✓ portT	102	AIV00189	Word		102	20008
6	∩ writeT	1	DIV00121	Bool	Registro de escritura	1	20010
7	∩ readT	1	DIV00120	Bool	Registro de lectura	1	20011

```
*****Inicialización direcciones IP*****
IPt=StrToIP("192.168.0.120")
IP1=StrToIP("192.168.0.121")
IPd=StrToIP("192.168.0.122")
IPr1=StrToIP("192.168.0.125")
IPr2=StrToIP("192.168.0.3")
```

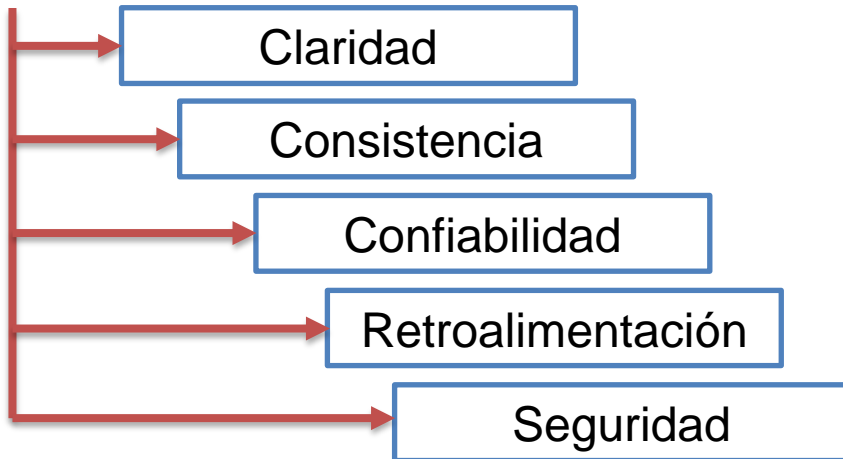
- Acepta PLCs ajenos a la marca Siemens, siempre y cuando, sean compatibles con los modelos S7-200, S7-300, S7-400, S7-1200, S7-1500 o logo!8. En este caso, el PLC VIPA es equivalente al modelo S7-300.

Desarrollo

Diseño de interfaces del sistema SCADA



ANSI/ISA 101



The screenshot shows a SCADA interface with a grey background. At the top left is the HIDROTAMBO logo and the text 'BY: HERNAN MIRANDA Apoyo: D JARAMILLO y S YUMESACA'. To the right is the I&C logo and a status indicator 'iGrid / Tbox'. In the top right corner, there is a timestamp: 'RTU date 2022 / 10 / 16 RTU time Local 21 h 57 m 31 s'. Below the header, there are two main sections. The first section is titled 'Alarmas' with a red arrow pointing to it, and 'Textos'. It contains a table with columns: Start Time, End Time, Description, Id, Recipient, Start, and End. The table is currently empty and contains the text 'Tablas de alarmas'. The second section is titled 'SOE/Sequence of Events' and contains a table with columns: Time, Name, and Value. This table is also empty and contains the text 'Tablas de eventos'. On the right side, there is a panel titled 'ALARMAS COMUNICACIONES' with a list of status indicators for PLC_D, PLC_L, PLC_T, PLC_R1, PLC_R2, OCM_D1, OCM_D2, and rtuCM. At the bottom of the interface, there are five buttons: Principal, Tanque, Compuertas, Calibración, and Balance.

Desarrollo

Diseño de interfaces del sistema SCADA

The screenshot displays a SCADA control interface titled "CONTROL PUERTAS" (Gate Control). The interface is divided into several functional areas:

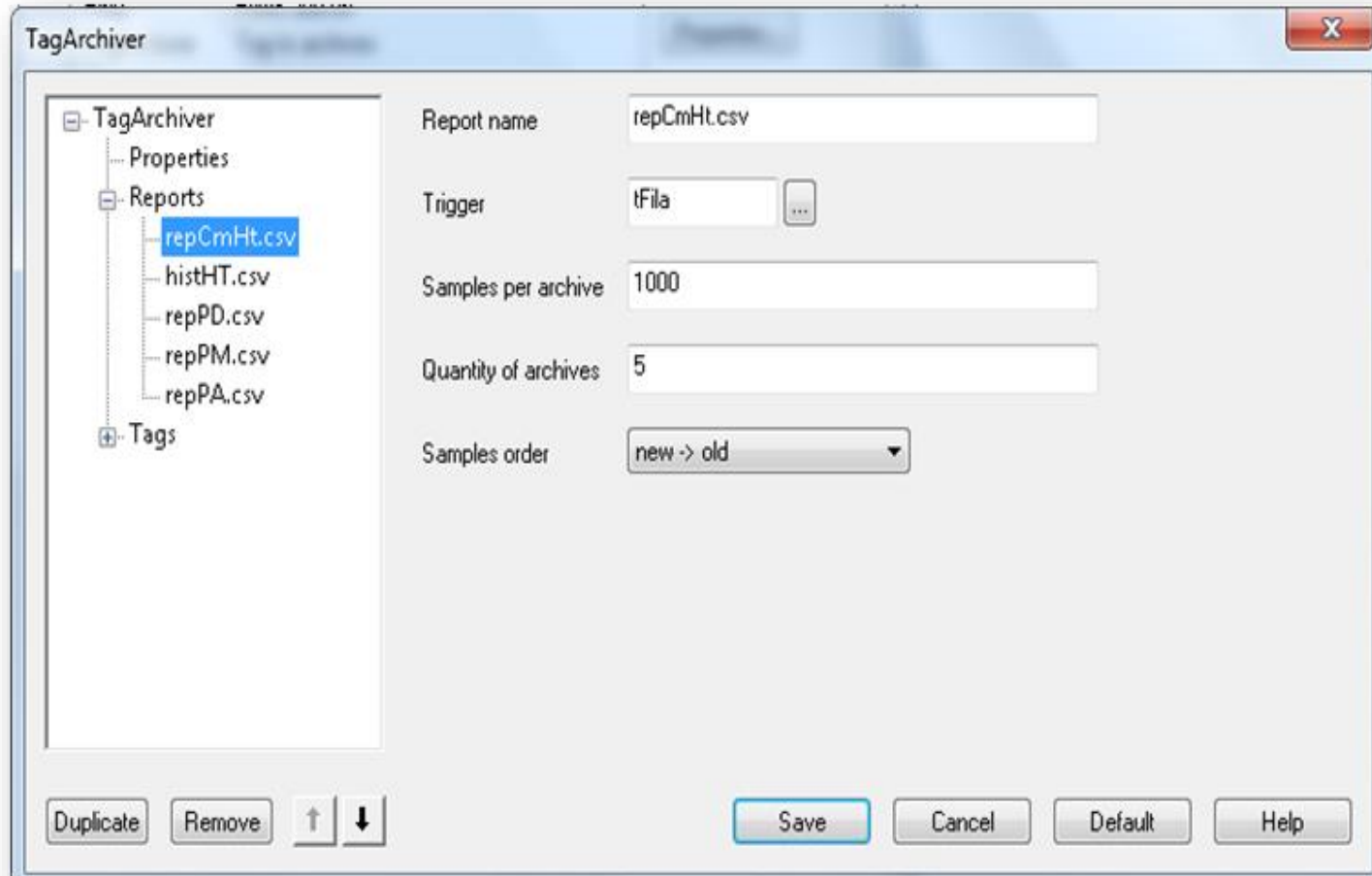
- Top Section:** Includes the "I&C" logo, "HIDROTAMBO" branding, and "BY: HERNAN MIRANDA" information. It features a date/time display (RTU date, RTU time, Local) and a status bar.
- Radial Control Panels (RADIAL 1 and RADIAL 2):** Each panel shows a pressure gauge (123.4%), a setpoint (SP), and control buttons for "Subir" (Up) and "Bajar" (Down). Emergency stop buttons (PE) are also present.
- Desarenador (DESARENADOR) and Lavado (LAVADO) Panels:** These panels show two units each with pressure gauges (173 cm, 175 cm, 150 cm, 151 cm) and control buttons for "Subir", "Bajar", and "Parar".
- Tanque de Carga (TANQUE DE CARGA) Panel:** Shows two units with pressure gauges (184.5 cm, 142 cm) and control buttons for "Subir", "Bajar", and "Parar".
- Right Side:** Contains "ALARMAS COMUNICACIONES" (Communication Alarms) and "TERMINOLOGÍA" (Terminology) sections. The terminology lists symbols for various components like Bomba, Breaker, Disparo, etc.
- Bottom Section:** Features a navigation bar with buttons for "Principal", "Tanque", "Calibración", "Balance", and "Alarmas".

Annotations with red arrows point to specific elements:

- Lista desplegable:** Points to the dropdown menu labeled "sBr1".
- Simbología industrial:** Points to the industrial-style control buttons and gauges.
- Ingreso de datos:** Points to the "SP" (Setpoint) input field.
- Botones de emergencia:** Points to the red emergency stop buttons (PE).
- Indicadores luminosos:** Points to the status indicator lights.
- Botones:** Points to the "Principal" button in the bottom navigation bar.

Desarrollo

Creación de reportes



Reportes: 4 para casa de máquinas y 6 de captación

Tamaño: máximo 10MB

Cantidad : máximo 15 reportes

Formatos: trep, csv, xml, json

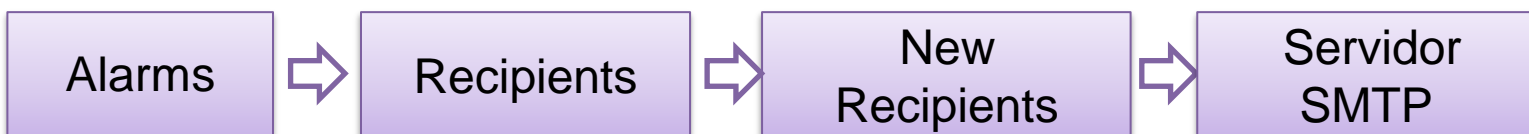
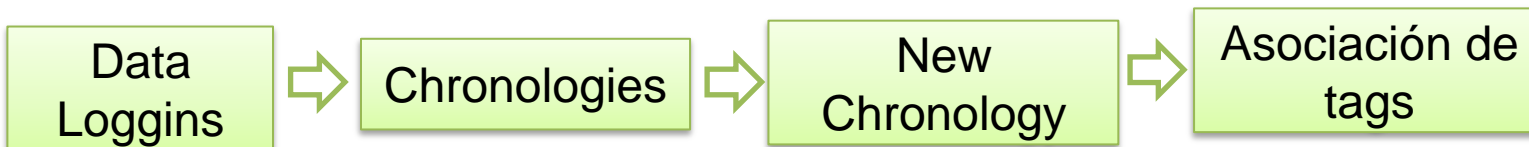
Desarrollo

Alarmas y secuencia de eventos

Alarmas: Indican cuando existe alguna falla o un mal manejo de los equipos

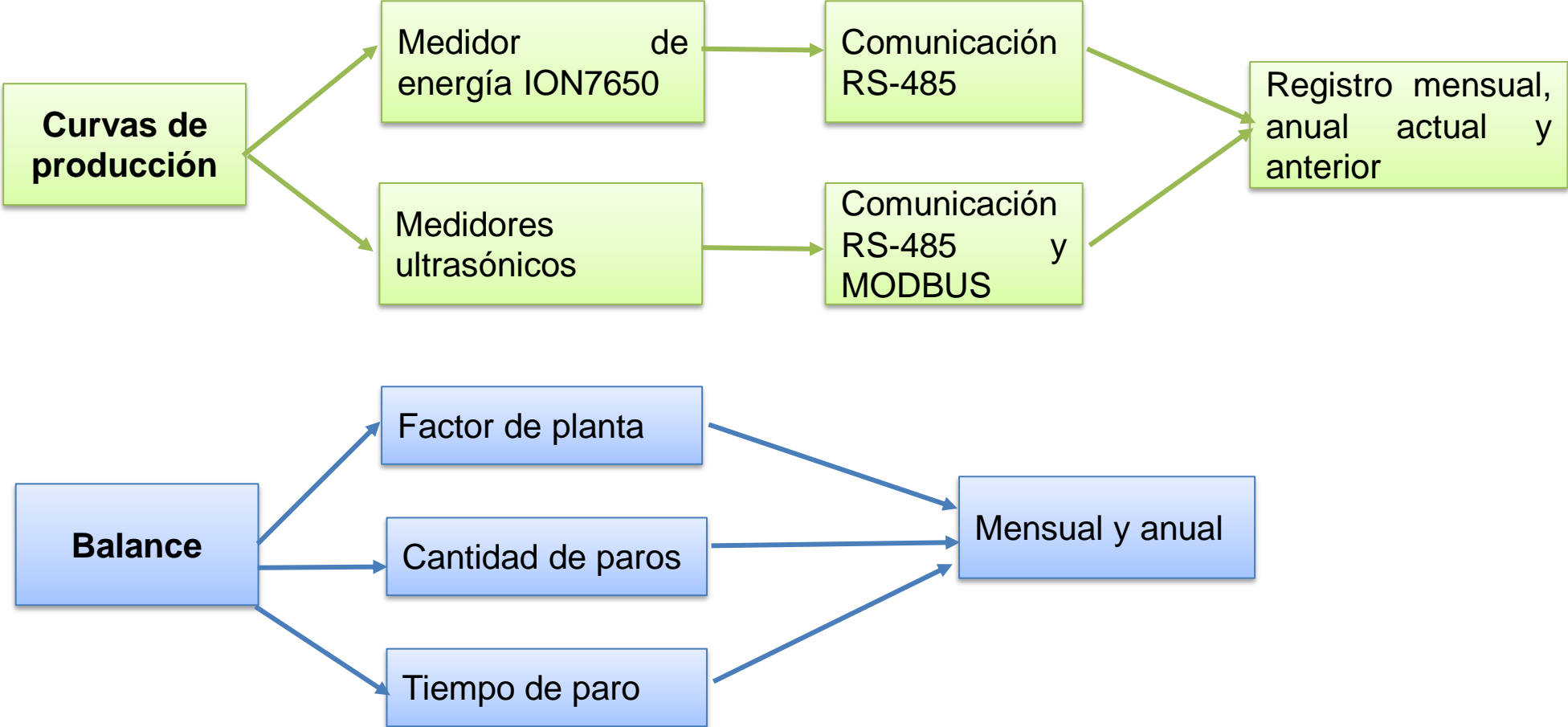
SOE: Muestra las acciones que ha realizado el usuario en la operación de los equipos

Recipientes: Son los usuarios o receptores de los mensajes de alarmas y reportes.



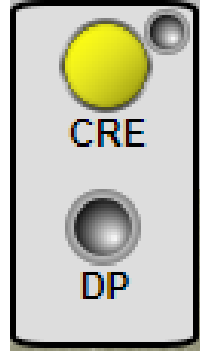
Desarrollo

Curvas de producción y balance



Desarrollo

Programación en Basic



Rutina de crecida

```
'*****Rutina de crecida local*****'  
If (crecidaD=1 Or crecidaL=1 Or crecidaT=1) Then crecida=1 Else crecida=0  
TimerOD(T4,crecida,5000)  
If TriggerPos(statusT4=1) Then creAux=1: luz=1 Else creAux=0  
If creAux=1 Then marchaBr2=1: SPr2=250: mAux=1: iCreR2=1 Else mAux=0: luz=0: iCreR2=0  
If (mAux=1 and marchaBr2=1) Then startR2=1  
  
'*****Rutina de crecida remoto*****'  
If CreR=1 Then aux=1: iCreR2=1: luzR=1 Else aux=0: iCreR2=0: luzR=0  
If aux=1 then marchaBr2=1: SPr2=250: mAuxR=1 Else mAuxR=0  
If (mAuxR=1 And marchaBr2=1) Then startR2=1
```

Alarmas de comunicación

```
'*****Alarmas de comunicación*****'  
If sR1=1 then eR1=1 Else eR1=0 'PLC R1 sin comunicación  
If fallaR1=1 Then writeR1=1: readR1=1 Else writeR1=0: readR1=0 '  
  
If sR2=1 Then eR2=1 Else eR2=0'PLC R2 sin comunicación  
  
If sD=1 Then eD=1 Else eD=0 'PLC D sin comunicación  
  
If sL=1 Then eL=1 Else eL=0 'PLC L sin comunicación  
  
If sT=1 Then eT=1 Else eT=0 'PLC TC sin comunicación  
  
TimerOD(T6,eOCMd2p,5000)  
If TriggerPos(statusT6=1) Then eOCMd2=1 Else eOCMd2=0 'Delay med
```



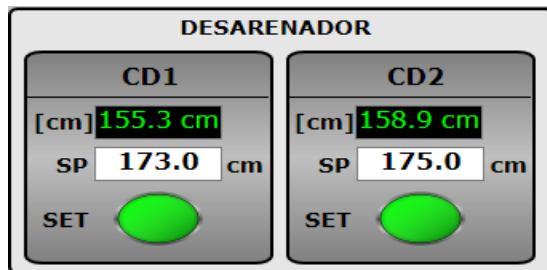
ALARMAS COMUNICACIONES	
PLC D	●
PLC L	●
PLC T	●
PLC R1	●
PLC R2	●
OCM D1	●
OCM D2	●
rtuCM	●

Programación en Basic

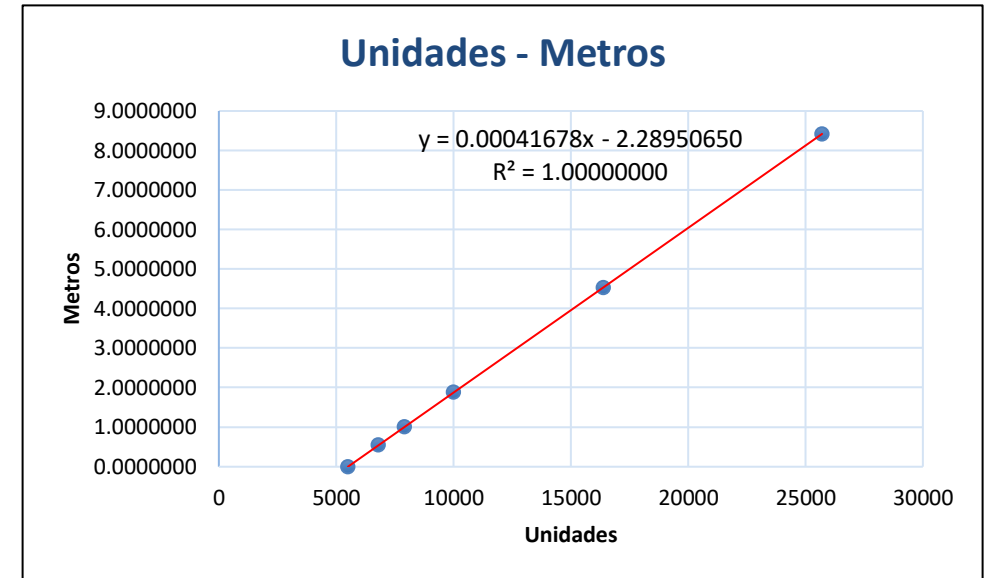
Calibración compuertas planas



```
'*****Calibración*****'  
  
'*Desarenador  
cmD1f=CInt(cmD1)  
cmD1f=cmD1f*0.85/10 'Para HMI en cm  
cmD2f=CInt(cmD2)  
cmD2f=cmD2f*0.85/10  
  
cmD1fp=SPLd1f  
cmD1fp=cmD1fp*10/0.85  
SPLd1=cmD1fp 'Envía a MW10  
cmD2fp=SPLd2f  
cmD2fp1=cmD2fp*10/0.85  
SPLd2=cmD2fp1 'Envía a MW12  
  
If setD1=1 Then cmD1f=SPLd1f: cmD1=SPLd1  
If setD2=1 Then cmD2f=SPLd2f: cmD2=SPLd2
```



Calibración sensor de nivel



```
'*****Sensor de nivel*****'  
nivRepP=LT3  
nivRepP=nivRepP  
nivRep=0.000416728*nivRepP-2.289506558  
msnm=nivRep+391
```

Pruebas y Resultados

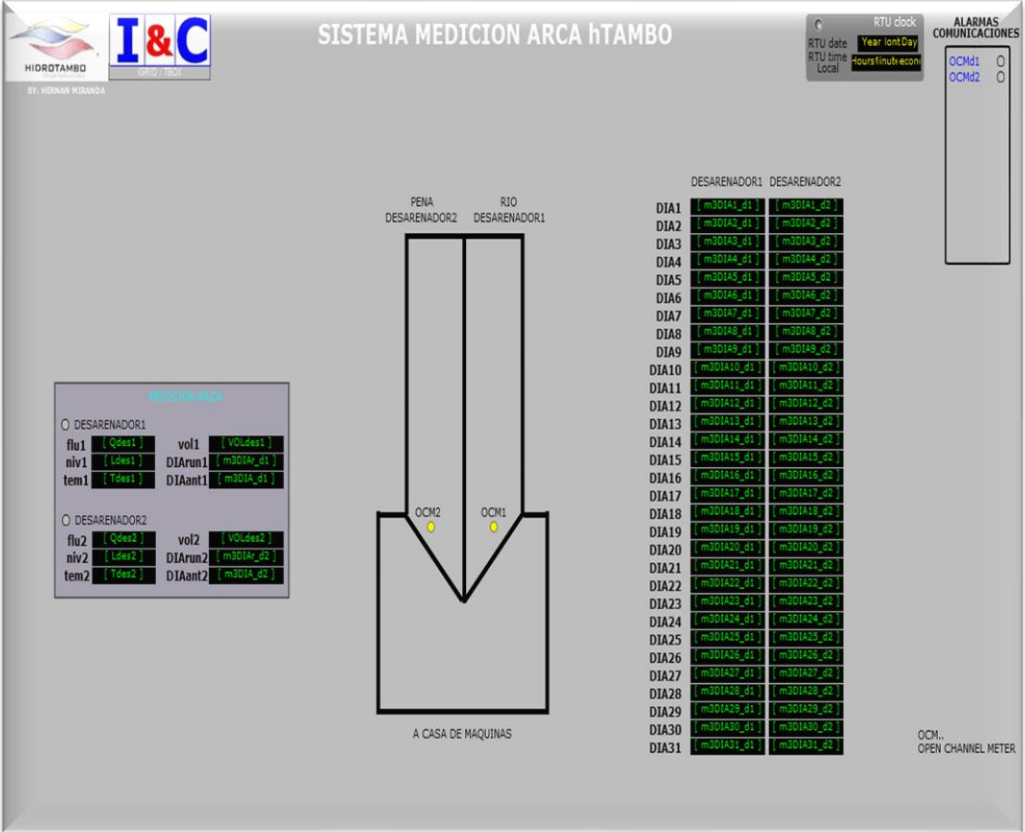
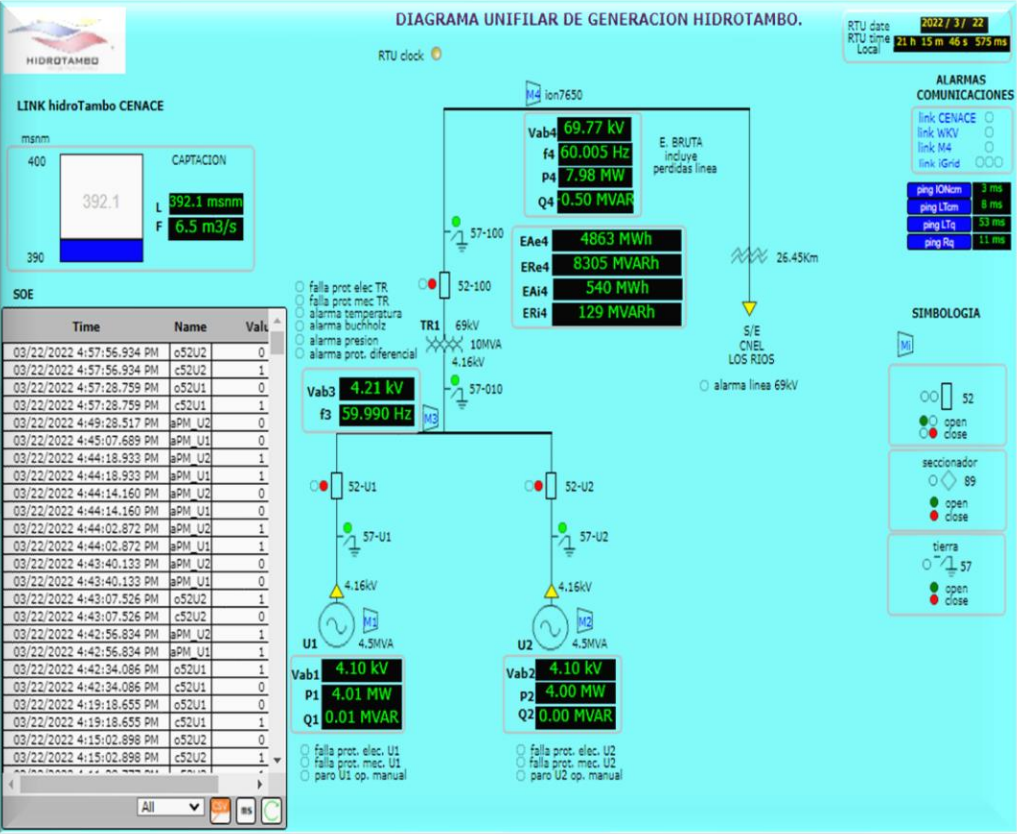
Video

Pruebas de funcionamiento



Pruebas y Resultados

Sistema previamente instalado



Pruebas y Resultados

Video

Sistema actualizado



Conclusiones y Trabajos Futuros

Conclusiones

- El sistema implementado facilita la operación de las compuertas y el monitoreo de las variables de energía, flujo, nivel, volumen, potencia activa, reactiva de las zonas de captación y las unidades generadoras en casa de máquinas de forma local y remota. De esta manera el desarrollo de este proyecto permitió la actualización del sistema de control y monitoreo de la central hidroeléctrica Hidrotambo S.A, entregando un total de 3 pantallas para la RTU de casa de máquinas y 6 para la RTU de captación.
- Después de realizar la inspección técnica de los equipos, se determinó que las unidades terminales remotas instaladas en casa de máquinas y captación cumplen con los requisitos técnicos que se establece en el capítulo VI de la regulación No. ARCONEL– 003/16 referente a la supervisión y control en tiempo real de los registros de una central hidroeléctrica por parte del CENACE.
- El diseño de las interfaces fue realizado en WebForm Studio 2.0 bajo los criterios de la norma ISA-101 y los requerimientos de los operadores de la hidroeléctrica. Adicionalmente, el funcionamiento de las interfaces se asemeja al de los tableros físicos, ya que se mantuvo los mismos botones para el control de las compuertas. Finalmente, se realizó la inducción sobre el sistema implementado, sus características y funciones a los operadores de la central.

Conclusiones y Trabajos Futuros

Conclusiones

- La integración de los equipos a la red local se realizó mediante cable de fibra óptica, routers configurados como puntos de acceso, conversores y switches ethernet, creando una arquitectura tipo DQDB debido a su robustez para mantener el enlace de comunicación en caso de falla de uno de los hilos de fibra; no obstante, se dejó el bus B abierto ya que la compuerta radial 1 al estar fuera de servicio no requiere mantener encendido los equipos y además permite expandir la red en futuros proyectos.
- El proyecto se ha desarrollado en su totalidad en el software TWinSoft con el cual se estableció la comunicación con los PLCs utilizando el complemento Siemens S7-ISO. El uso de este programa permitió realizar la gestión de alarmas y eventos cronológicos que son mostrados en las interfaces y almacenados en la tarjeta SD de las RTUs.
- El sistema fue configurado para que su alcance sea local y remoto, estableciendo una dirección IP y puerto públicos que permiten el ingreso de máximo 64 usuarios simultáneamente a las interfaces desde cualquier locación con acceso a internet. Por tal motivo, para mantener la seguridad del sistema se realizó la gestión de usuarios, estableciendo un nombre de acceso y contraseña reservados para la central hidroeléctrica.

Conclusiones y Trabajos Futuros

Conclusiones

- La visualización de las curvas de producción y balance de agua turbinada fueron calculadas con la información recopilada de los medidores. Estas gráficas son parte de una nueva función que ha sido implementada en las interfaces para tener una referencia visual de la generación de energía en un tiempo determinado y son un recurso que permite a los operadores analizar posibles fallas sistemáticas al momento de realizar mediciones, generar energía o en la operación de las compuertas.
- En base a las pruebas realizadas, se concluye que las funciones de control permiten operar las compuertas de la zona de captación de forma local y remota, facilitando a los operadores tomar acciones de forma más rápida en comparación con la operación manual de las compuertas, esto con excepción de la radial 1 que se encuentra fuera de operación. Adicional, la función de monitoreo proporciona al operador información de toda la central hidroeléctrica en tiempo real.

Conclusiones y Trabajos Futuros

Trabajos Futuros

- Programar la rutina de crecida para que la apertura de las compuertas se active mediante la señal del sensor ultrasónico de nivel cuando haya una crecida del río.
- Monitorear el estado y las variables de los UPS añadiendo interfaces en el sistema de supervisión.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA