



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA: AUTOMATIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO LA
PENÍNSULA EP-EMAPA-A, PARA UN USO EFICIENTE DEL RECURSO
HÍDRICO Y DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

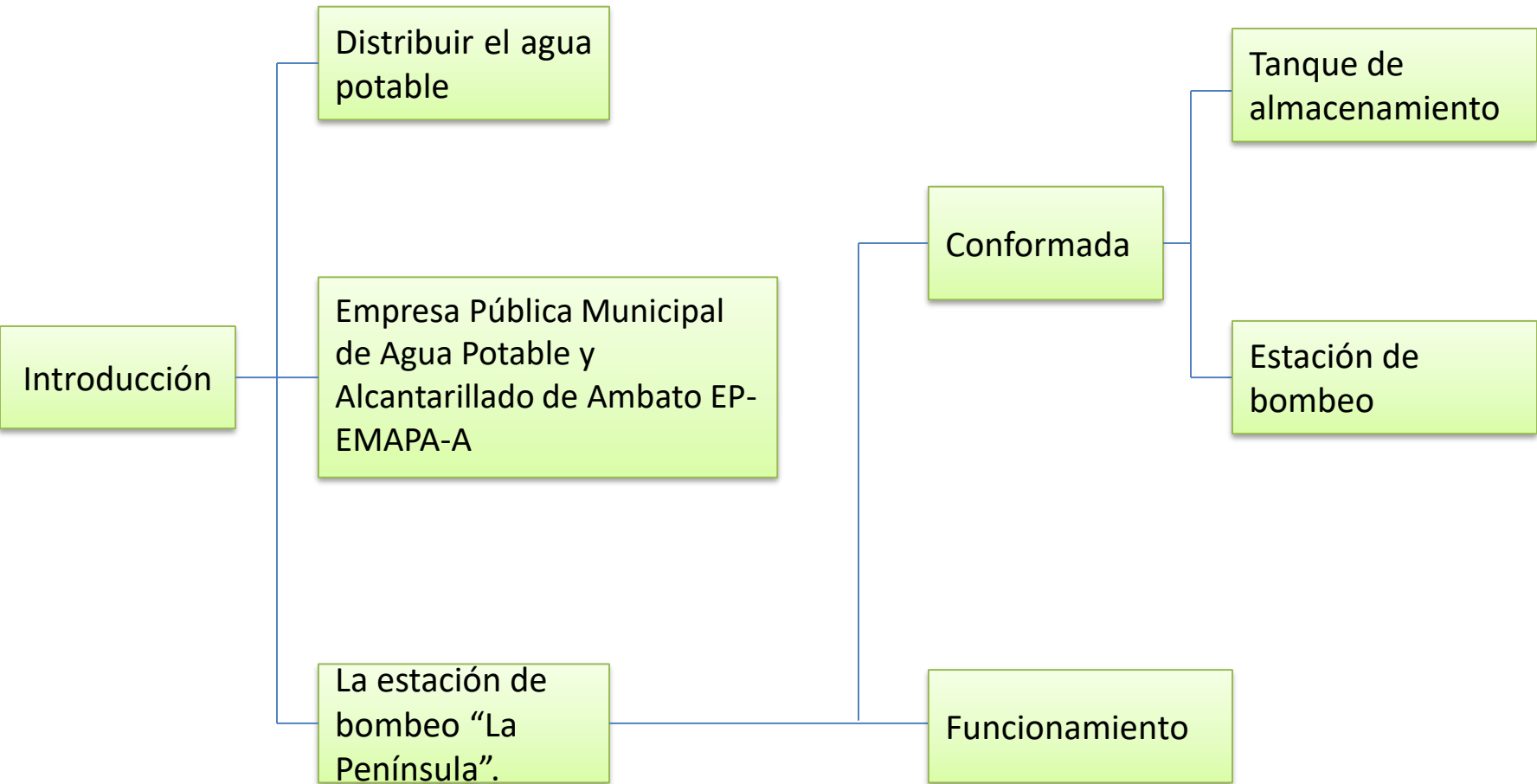
AUTORES: BALSECA RUIZ, JHON ALEX

CASTRO MEDINA, BRYAN JAVIER

DIRECTOR: ING: ÁVILA ROSERO, GALO RAÚL



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image © 2019 Maxar Technologies
© 2018 Google
Image © 2019 Maxar Technologies

Google Earth

1984

Imagery Date: 8/29/2019 1°14'16.26" S 78°36'14.46" W elev 2517 m eye alt 2.91 km

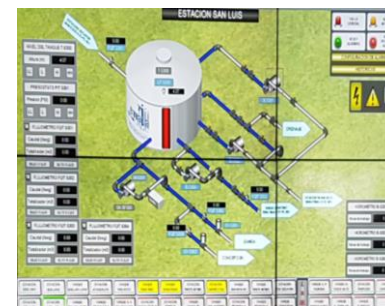
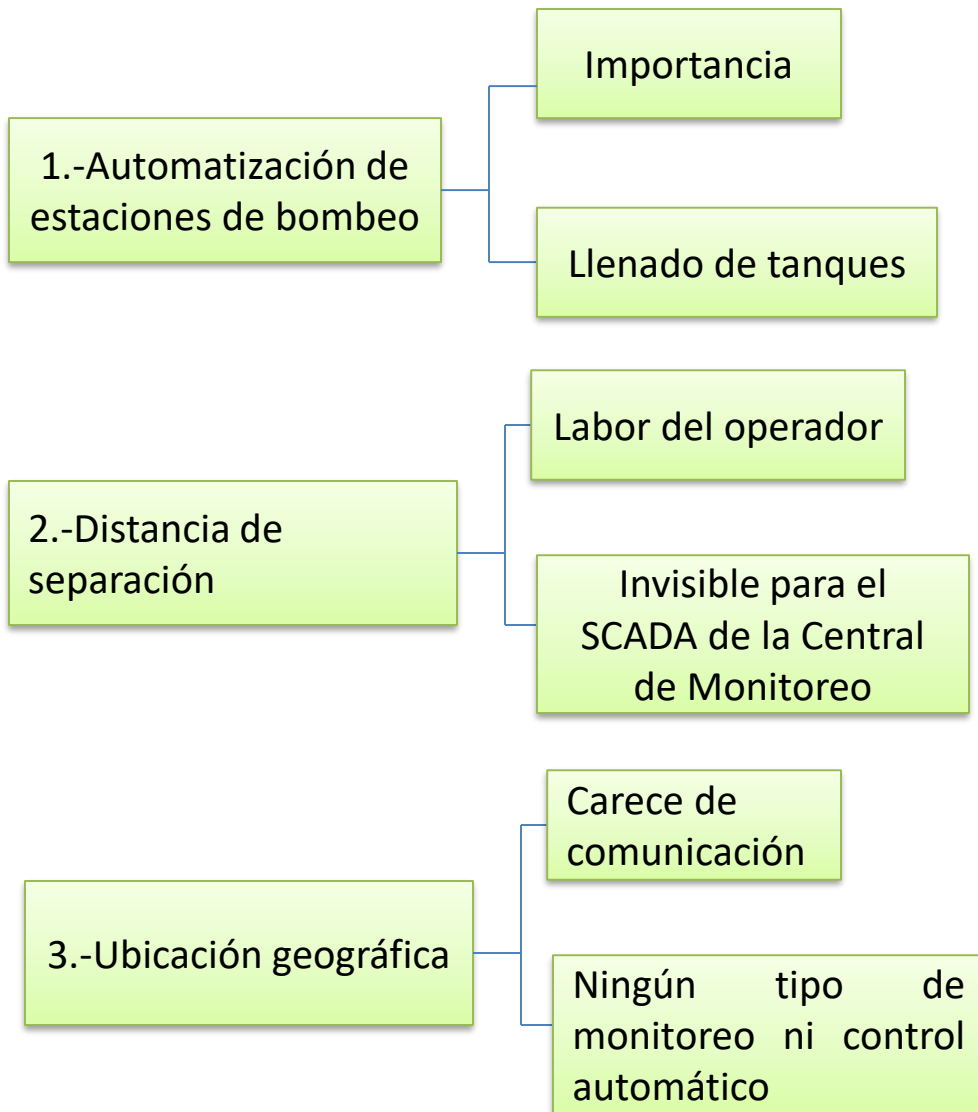
Graph: Min. Avg. Max. Elevation: 2381, 2485, 2562 m

Range Totals: Distance: 508 m Elev Gain/Loss: 0.17 m, -181 m Max Slope: -, -62.4% Avg Slope: -, -33.6%



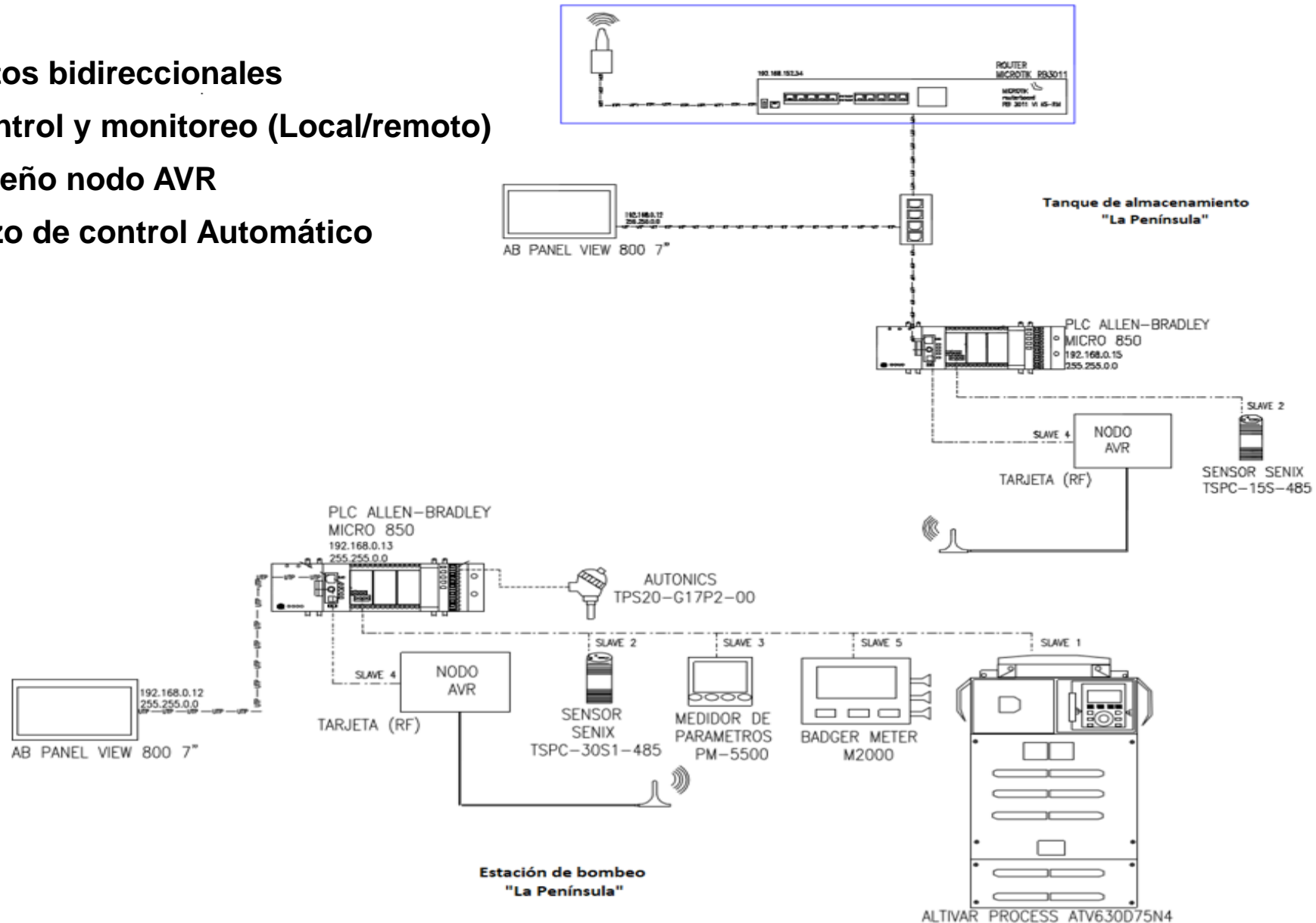
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

La Problemática



RESUMEN

- Datos bidireccionales
- Control y monitoreo (Local/remoto)
- Diseño nodo AVR
- Lazo de control Automático



OBJETIVO GENERAL

Automatizar la estación de bombeo La Península EP-EMAPA-A, para un uso eficiente del recurso hídrico y de la energía eléctrica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar acerca de la automatización en estaciones de bombeo, procedimiento que se debe seguir en la operación y dispositivos que intervienen en el proceso, necesarios para la implementación del sistema de control.
- Diseñar y elaborar los diferentes planos eléctricos de los tableros industriales a instalar.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar e implementar las nuevas instalaciones eléctricas y electrónicas requeridas para la automatización de la estación de bombeo.
- Diseñar y construir nodos de comunicación inalámbrica con tecnología LORA, que permitan comunicar la estación de bombeo y el tanque de almacenamiento La Península.
- Diseñar y levantar el mapa de comunicaciones, para la obtención de los datos a interconectarse entre la estación de bombeo y el tanque de almacenamiento.
- Diseñar e implementar un sistema de control y monitoreo tanto de manera local, como de manera remota, basado en HMI-PLC para la estación de bombeo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un lazo de control automático que permita mantener la variable de nivel del tanque de almacenamiento en un valor de operación deseado, asegurando el abastecimiento permanente de agua potable a la población.
- Evaluar el sistema implementado a través de pruebas de funcionamiento en campo que validen el sistema de control de la estación de bombeo.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

- 1** Elaboración de los planos eléctricos de los tableros industriales.
- 2** Conexión de las instalaciones eléctricas y electrónicas.
- 3** Diseño y construcción del enlace inalámbrico de radiofrecuencia.
- 4** Diseño y levantamiento del mapa de comunicaciones.
- 5** Implementación de lógicas de control de la estación de bombeo.
- 6** Diseño de la interfaz de los terminales gráficos PanelView 800.



Elaboración de los planos eléctricos de los tableros industriales.

Bajo requerimientos de la institución “EP-EMAPA-A” los planos están distribuidos de la siguiente manera:

1 Plano de distribución de los tableros

2 Plano de alimentación AC/DC

3 Plano de comunicaciones

4 Plano de diagrama unifilar

5 Plano de diagrama fuerza/control

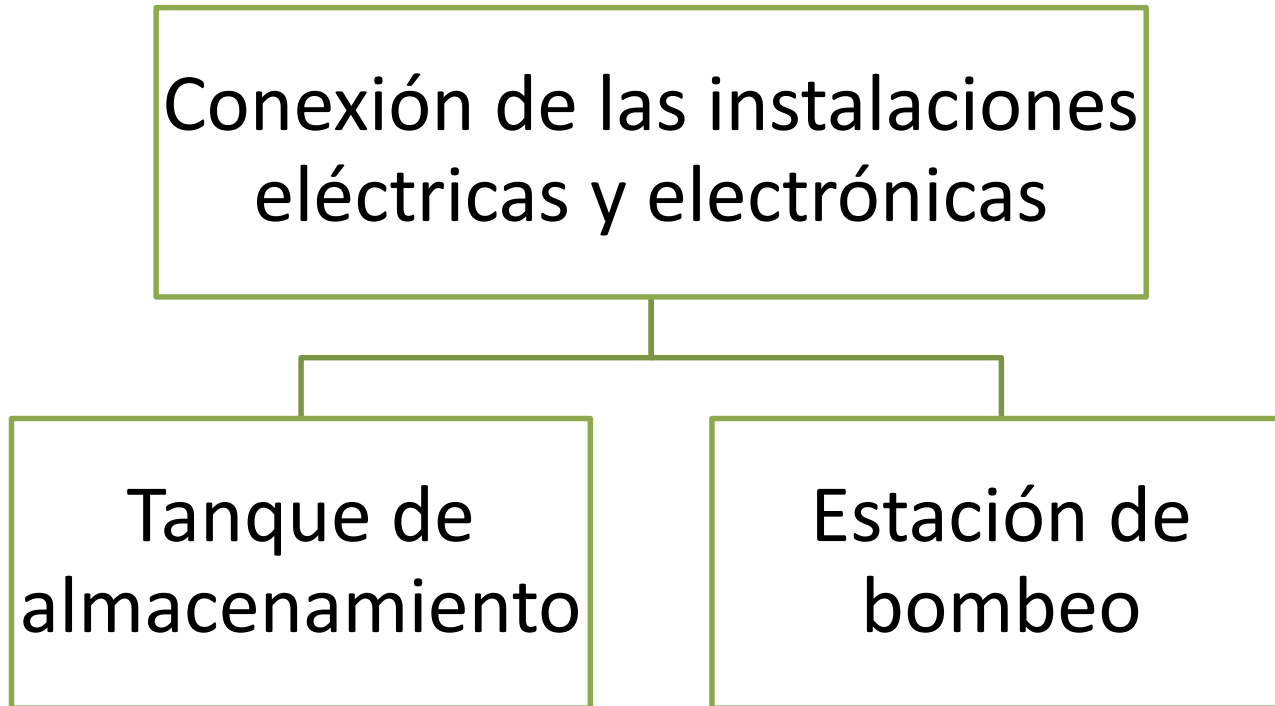
6 Plano de entradas analógicas

7 Plano de entradas digitales

8 Plano de salidas digitales



Conexión de las instalaciones eléctricas y electrónicas.



Conexión de las Conexión de las instalaciones eléctricas y electrónicas en el tanque de almacenamiento

Instalación del sensor ultrasónico TSPC-15S-485



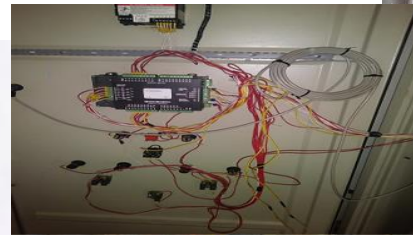
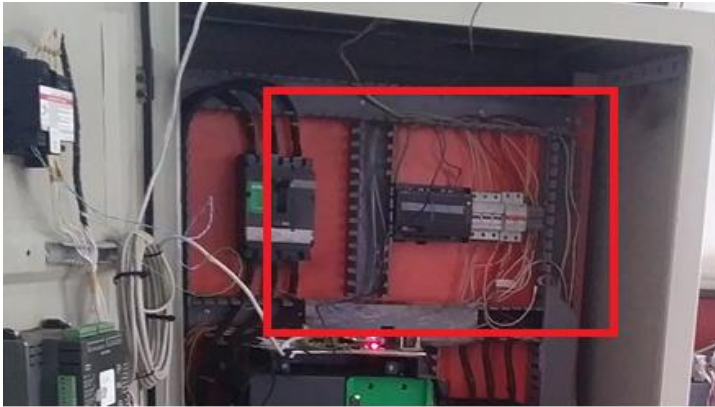
Instalación de tubería industrial



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Conexión de las instalaciones eléctricas y electrónicas en la estación de bombeo

El estado de los equipos e instalaciones eléctricas y electrónicas de la Estación de Bombeo La Península se detalla en base **al levantamiento de información** realizado el mes de enero del año 2019.





En base al levantamiento de información de las instalaciones eléctricas y electrónicas de la estación de bombeo, realizado el mes de enero del año 2019 se determinó realizar:

Un nuevo diseño y programación de la estación

Instalación de un nuevo medidor de nivel ultrasónico

Desmontaje del tablero instalado con el variador Mitsubishi dañado

Reubicación de las tuberías eléctricas instaladas en la estación.

Cambiar el tipo de cable de los instrumentos por uno adecuado

La instalación de un nuevo tablero de fuerza y control de dimensiones 1800x800x600mm

Se debe instalar una tierra para control e instrumentación independiente de la tierra de fuerza

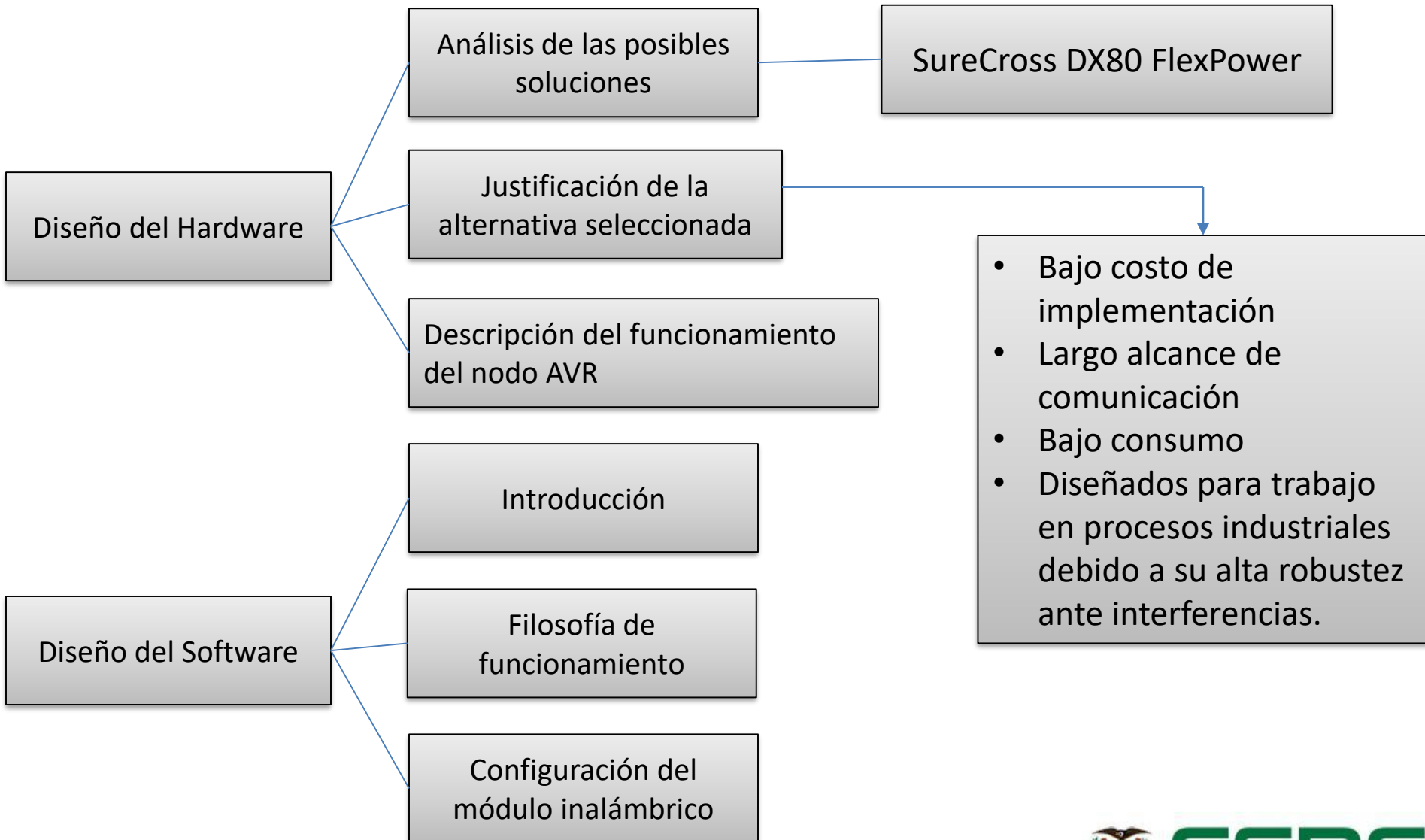
La alimentación eléctrica para control e instrumentación se debe tomar desde una fuente regulada y soportada como el UPS

Instalar nuevos equipos de comunicación, levantar los enlaces de comunicación y dejar los datos listos para integrar al sistema SCADA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA

Diseño y construcción del enlace inalámbrico de radiofrecuencia



Descripción del funcionamiento del nodo AVR

- El control y monitoreo tanto local como remoto de la estación.
- Módulo inalámbrico E32-TTL-1W.
- Microcontrolador AVR

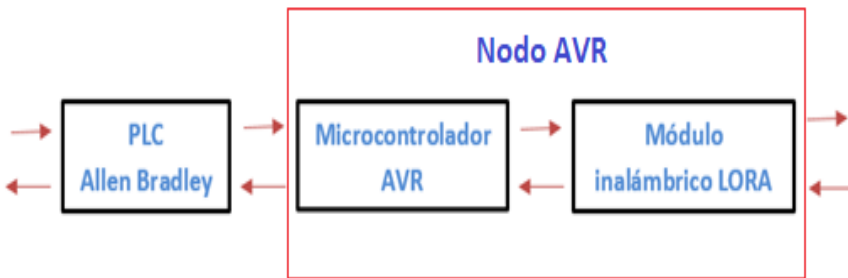
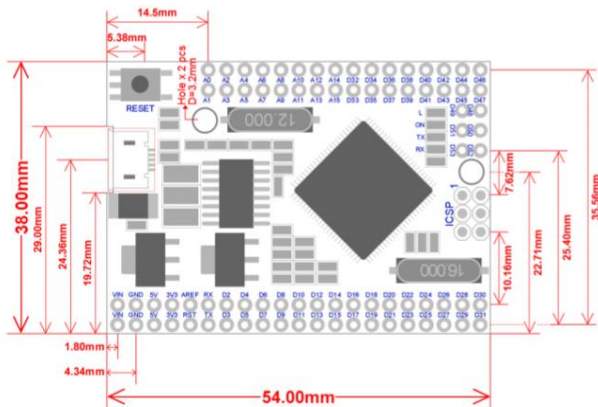


Diagrama de bloques de funcionamiento del microcontrolador AVR.



- Tres puertos seriales USARTs

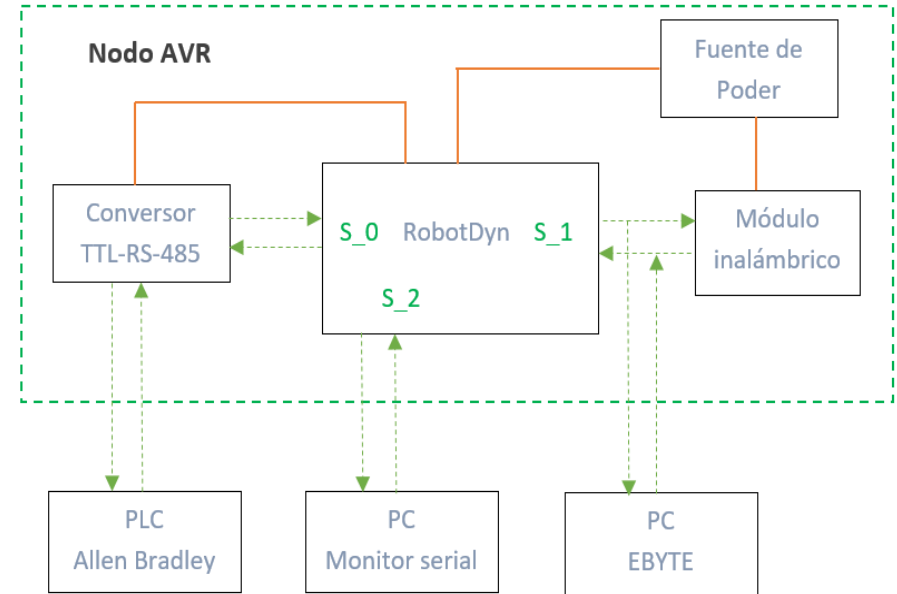
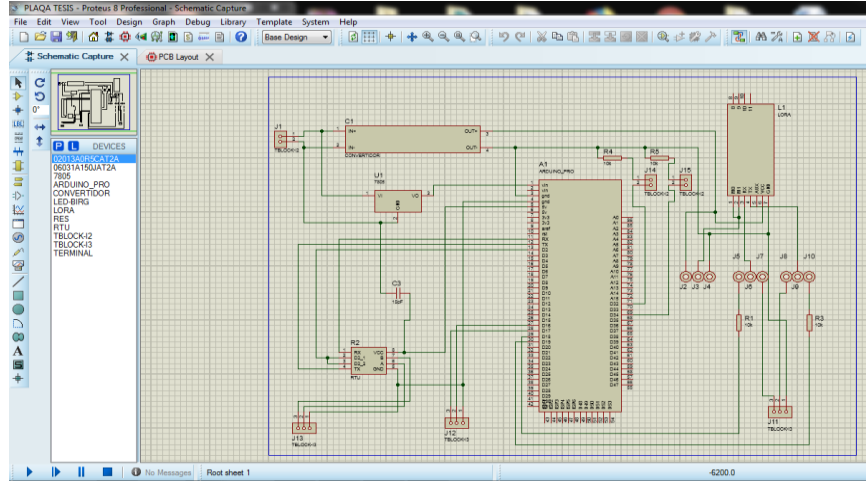


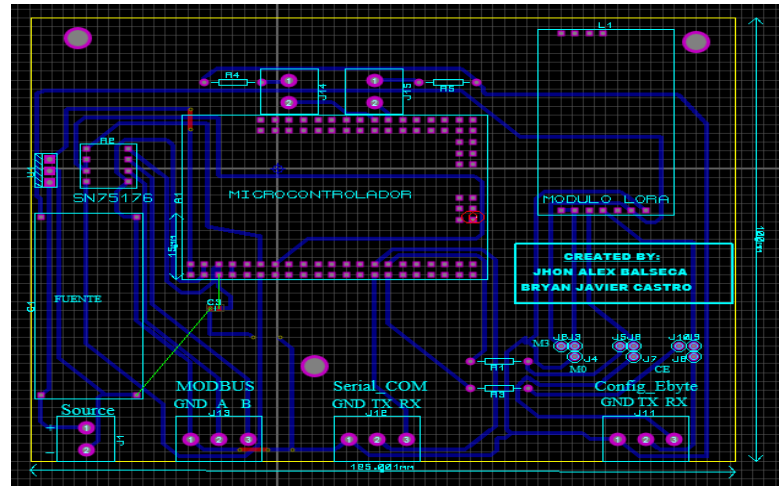
Diagrama de bloques del funcionamiento del nodo AVR.

- El microcontrolador embebido en la tarjeta RobotDyn es un ATmega2560 CMOS de 8 bits de baja potencia basado en el AVR mejorado bits de alto rendimiento y bajo consumo.

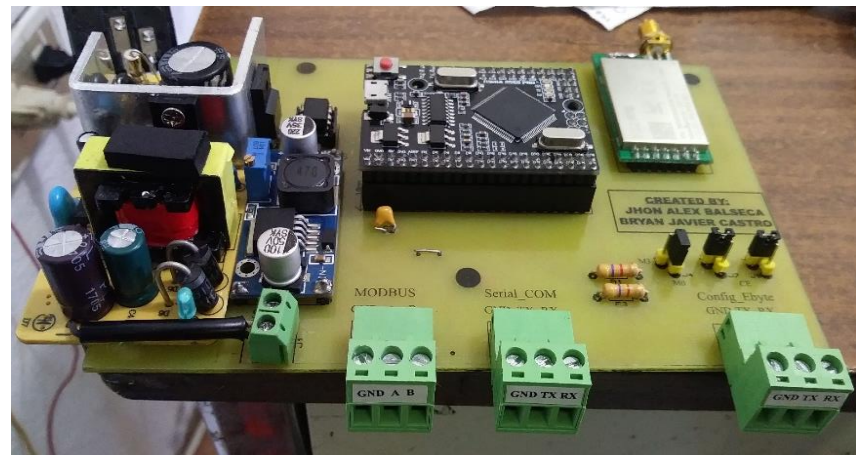
Diseño del plano electrónico del circuito



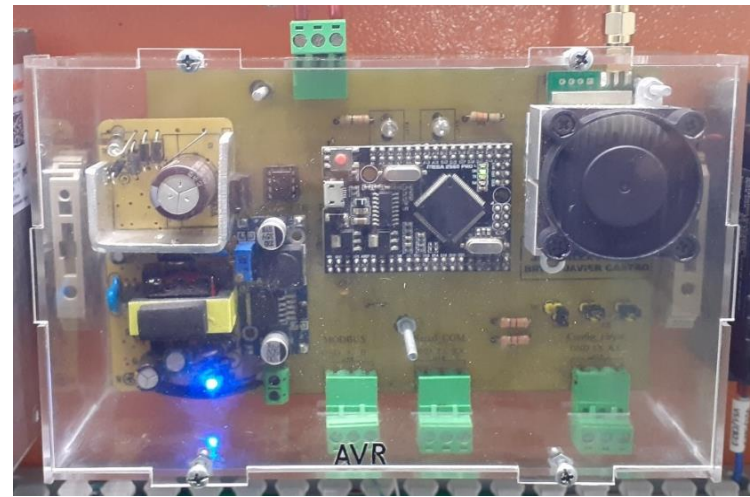
Diseño del plano electrónico de la placa realizado en ISIS



Diseño de la placa en ARES.



Placa final del PCB de los nodos AVR.



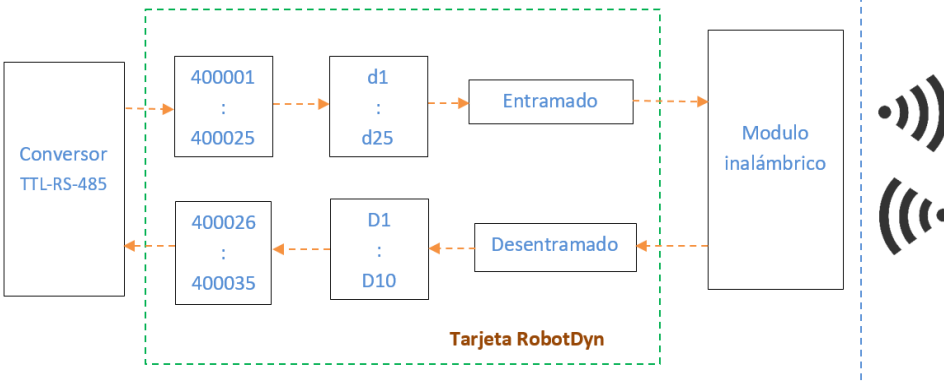
Montaje de la carcasa en las placas de los nodos AVR.

Diseño del software

- Comunicación del nodo AVR con el PLC Allen Bradley
- <SimpleModbusSlave.h>

- Funciones 3 y 16 del protocolo
- Un total de 35 registros MODBUS

Nodo AVR estación



Nodo AVR tanque de almacenamiento

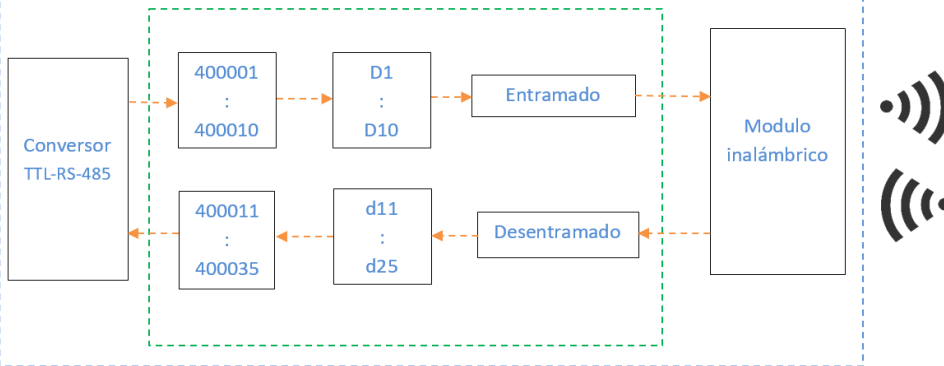


Diagrama de bloques de la lógica de las variables internas de la tarjeta RobotDyn del nodo AVR

Filosofía de Funcionamiento

- Topología punto a punto.
- Envío la trama.
- Buffer del nodo AVR.
- Desentrama la información.
- En caso de pérdida de una trama.
- Leds estado de la comunicación.
- Tiempo en aire de 250ms.

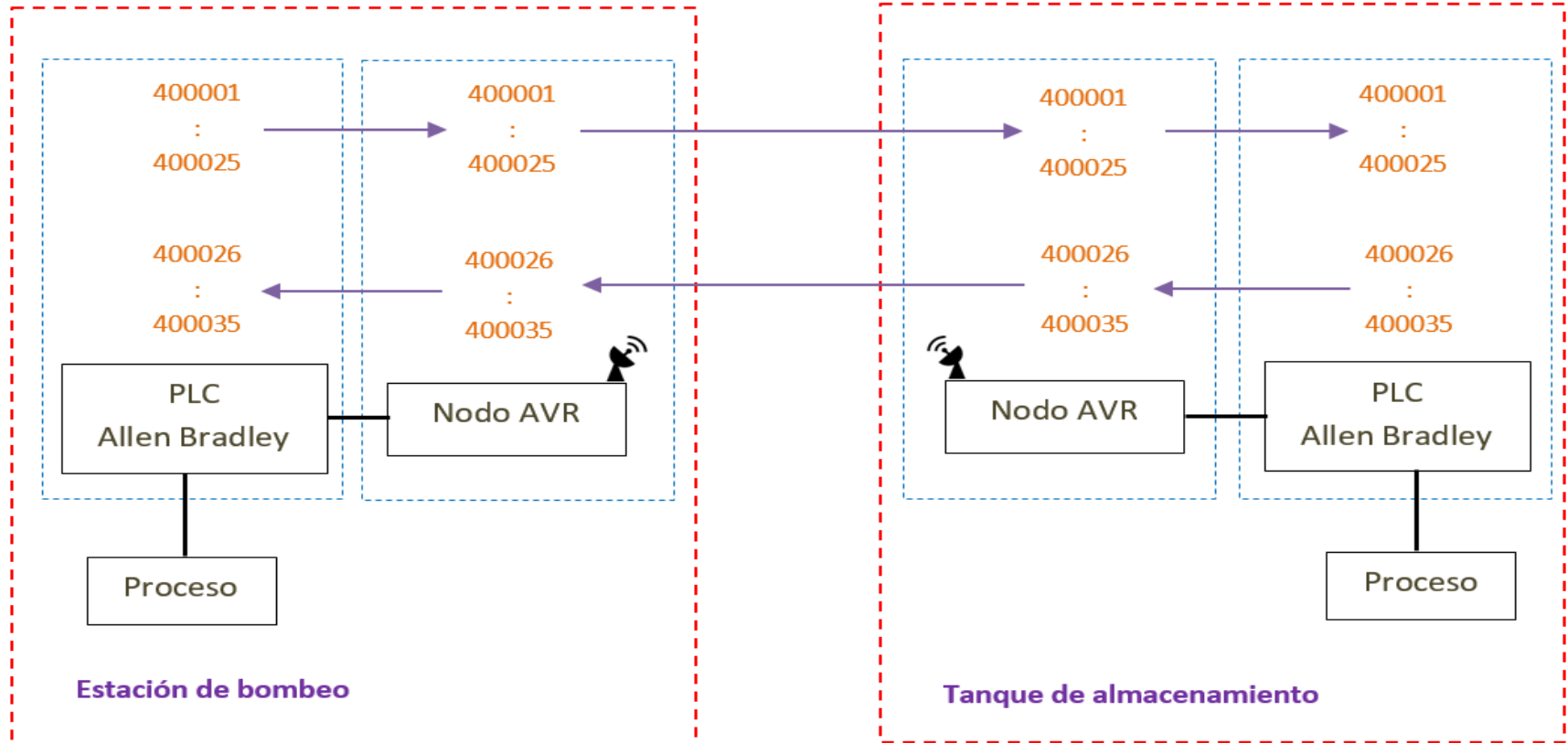


Diagrama de bloques del funcionamiento en conjunto de ambos nodos AVR

Configuración de los parámetros del módulo inalámbrico E32-TTL-1W



- Modo M3
- Frecuencia 430Hz

Cálculo de la longitud de la antena

Primero calculamos la longitud de onda:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 * 10^8 \text{ m/s}}{430 \text{ MHz}} = 0,698 \text{ m}$$

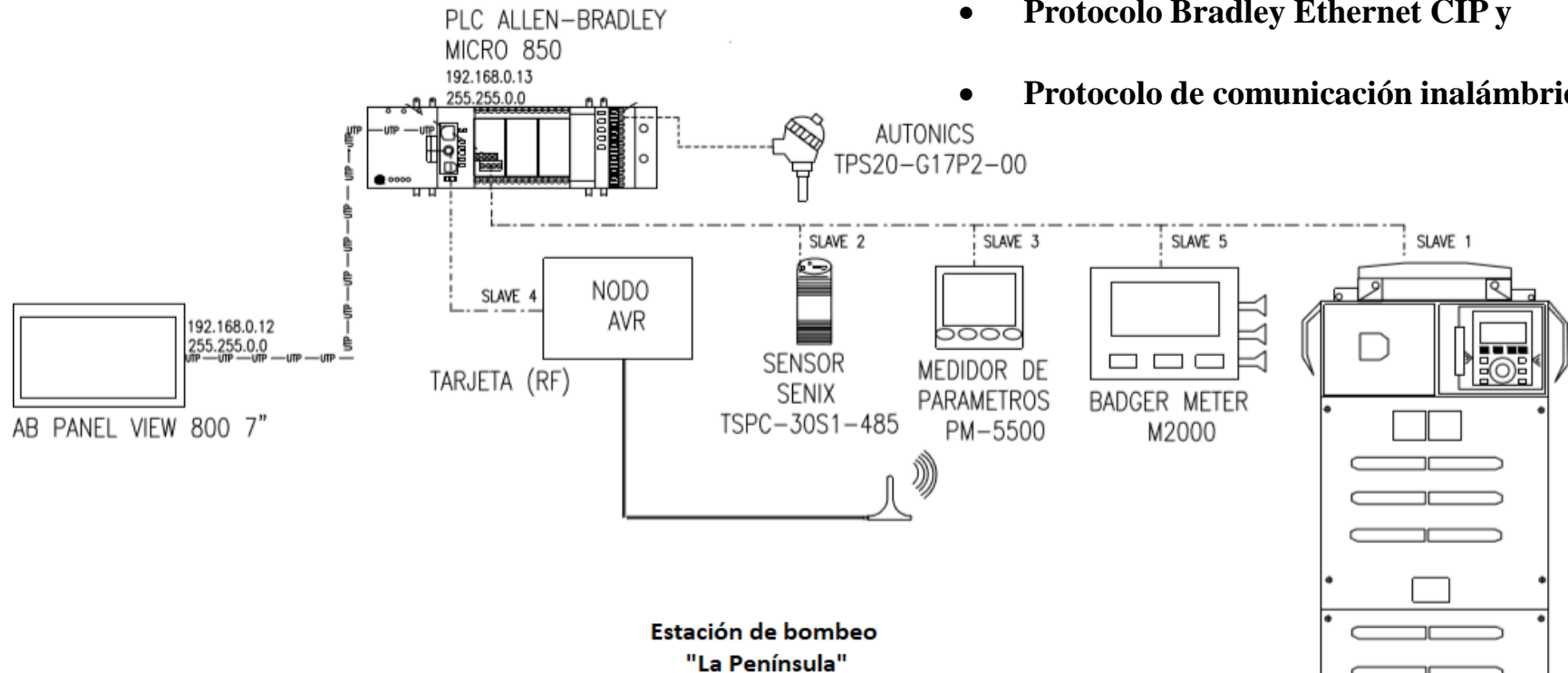
Configuración de la tarjeta transceptora LORA

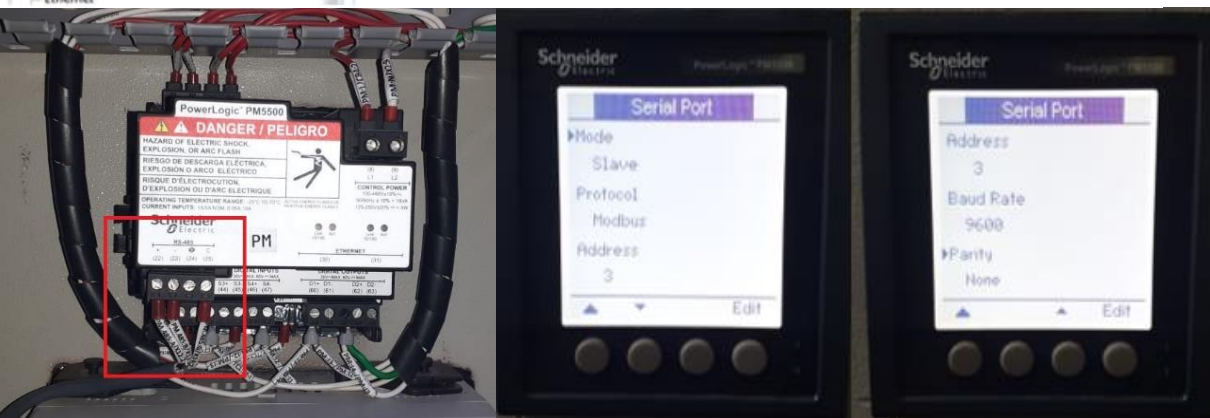
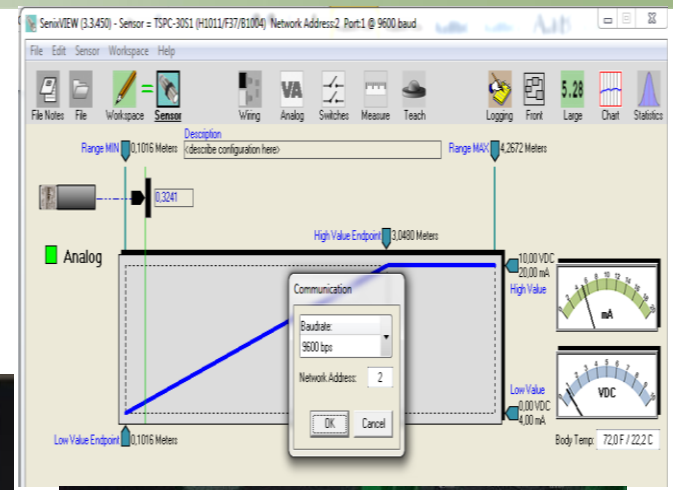
$$L = \frac{\lambda}{4} = \frac{0,698 \text{ m}}{4} = 0,174 \text{ m} = 17,4 \text{ cm}$$

Diseño y levantamiento del mapa de comunicaciones

Diseño y levantamiento del mapa de comunicaciones en la estación de bombeo

- **Protocolo MODBUS RTU**
- **Protocolo tradicional de 4 a 20mA**
- **Protocolo Bradley Ethernet CIP y**
- **Protocolo de comunicación inalámbrica LORA**





Configuración del Variador Altivar Process ATV630D75N4

Antes de la puesta en marcha del variador se debe configurar de acuerdo a los parámetros del motor a ser controlado US Motors HO75S1SLG

The screenshot shows the 'Parameters List' tab in the configuration software. The left sidebar has 'Motor Parameters' selected. The main area displays a table of motor parameters with columns for Code, Long Label, and Current Value.

Code	Long Label	Current Value
DRT	Dual rating state	Normal duty
CTT	Motor control type assignment	U/F VC Quadratic
BFR	Basic frequency	60Hz Motor frequency
NPR	Nominal Motor Power	75 HP
UNS	Nominal motor voltage	460 V
NCR	Nominal motor current	90.2 A
FRS	Nominal motor frequency	60 Hz
NSP	Nominal motor speed	3540 rpm
MPC	Motor parameter choice	Nominal motor Power

Las órdenes de marcha (marcha adelante, marcha atrás, parada, etc.) y las referencias pueden enviarse a través del canal Modbus integrado

The screenshot shows the 'Parameters List' tab with 'Command & Reference' selected in the sidebar. The main area displays a table of command and reference parameters.

Code	Long Label	Current Value
FR1	Reference source 1	Reference Frequency via Modbus
FR1B	Reference source 1B	Reference Frequency via remote terminal
RCB	Reference channel switching (1 to 1B)	Reference frequency channel 1
RIN	Reverse inhibition	Yes
CHCF	Channel configuration	Separated channel mode
CCS	Command channel switching	Command channel 1
CD1	Channel 1 command source	Modbus communication
CD2	Channel 2 command source	Local HMI
RFC	Reference channel switching (1 to 2)	Reference frequency channel 1
FR2	Reference source 2	Not configured
COP	Copy channel 1 to channel 2	No copy
FLOC	Forced local reference source assignment	Reference Frequency via remote terminal
FLOT	Time for channel confirmation after forced local	10 s
FLO	Forced local assignment	Digital Input 1
RRS	Reverse direction	Not assigned
TCC	Type of control	2-wire control
TCT	2 wire type control	Transition
PST	Stop key priority	Yes
BMP	Bumpless behavior	Cmd/ref copied on c/over

Diagrama de control para la operación del variador.

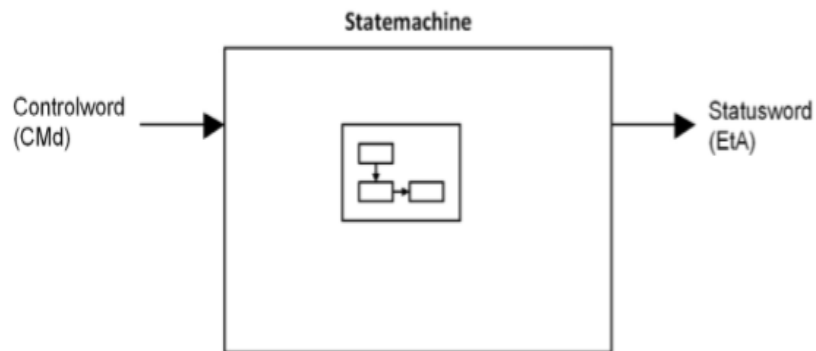
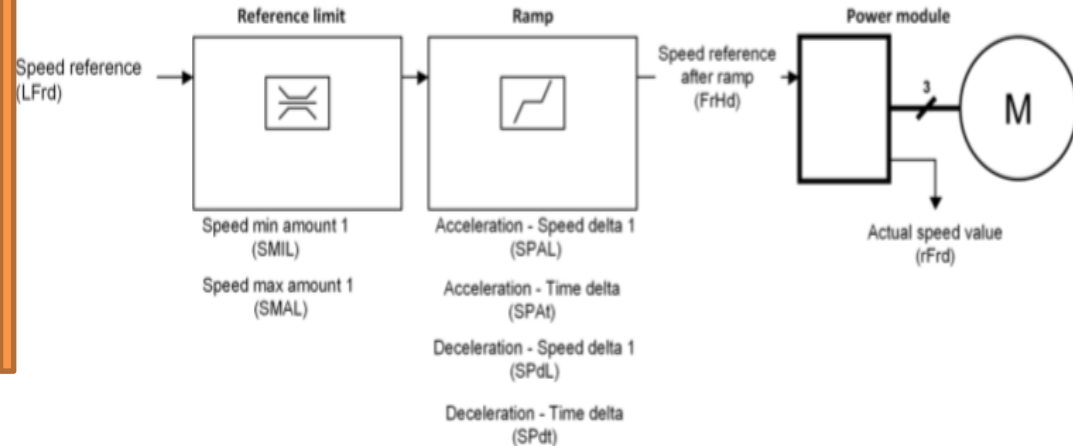


Diagrama simplificado para el control de velocidad del variador.



Mapeo de bits de la Control Word

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Fault reset	Reserved (=0)	Reserved (=0)	Reserved (=0)	Enable operation	Quick stop	Enable voltage	Switch on
0 to 1 transition = Error is reset (after cause of error is no longer active)				1 = Run command	0 = Quick stop active	Authorization to supply AC power	Mains contactor control

Mapeo de bits de la Status Word

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Warning	Switch on disabled	Quick stop	Voltage enabled	Detected error	Operation enabled	Switched on	Ready to switch on
A warning is active	Power stage supply disabled	0 = Quick stop is active	Power stage supply present	Detected error	Running	Ready	1 = Awaiting power Stage supply

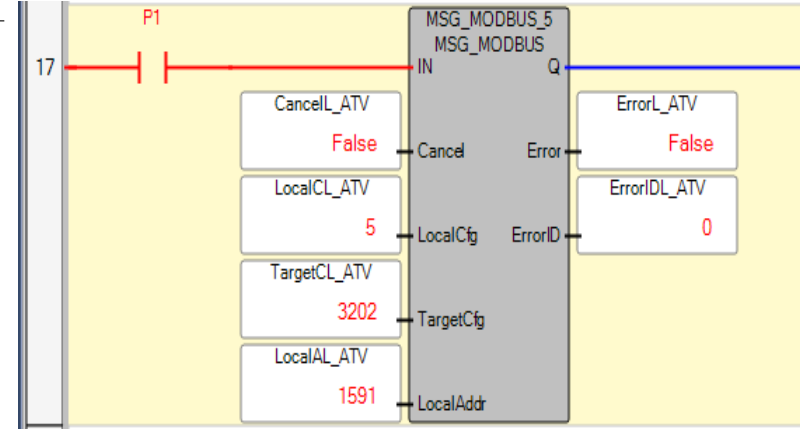
Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
Manufacturer specific assignable	Manufacturer specific assignable	Manufacturer specific assignable	Manufacturer specific assignable	Manufacturer specific	Reserved (=0)	Reserved (=0)	Halt
				0 = Forward direction asked 1 = Reverse direction asked			Halt

Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
Manufacturer-specific Direction of rotation	Manufacturer-specific Stop via STOP key	Reserved (=0)	Reserved (=0)	Internal limit active	Target reached	Remote	Reserved (=0)
				Reference value outside limits	Reference value reached	Command or reference value via fieldbus	

Mapa de comunicaciones del Variador Altivar Process ATV630D75N4.

Nombre	Dirección lógica	Acceso	Tipo	Unidades
Registro de comando	8501	R/W	WORD	-
Referencia de frecuencia	8502	R/W	WORD	-
Registro de estado	3201	R	WORD	-
Frecuencia motor	3202	R	INT	0.1Hz
Corriente motor	3204	R	INT	1 ^a
Voltaje motor	3208	R	INT	1V
Temperatura motor	9630	R	INT	%

Bloque MSG_MODBUS lectura_0 del variador



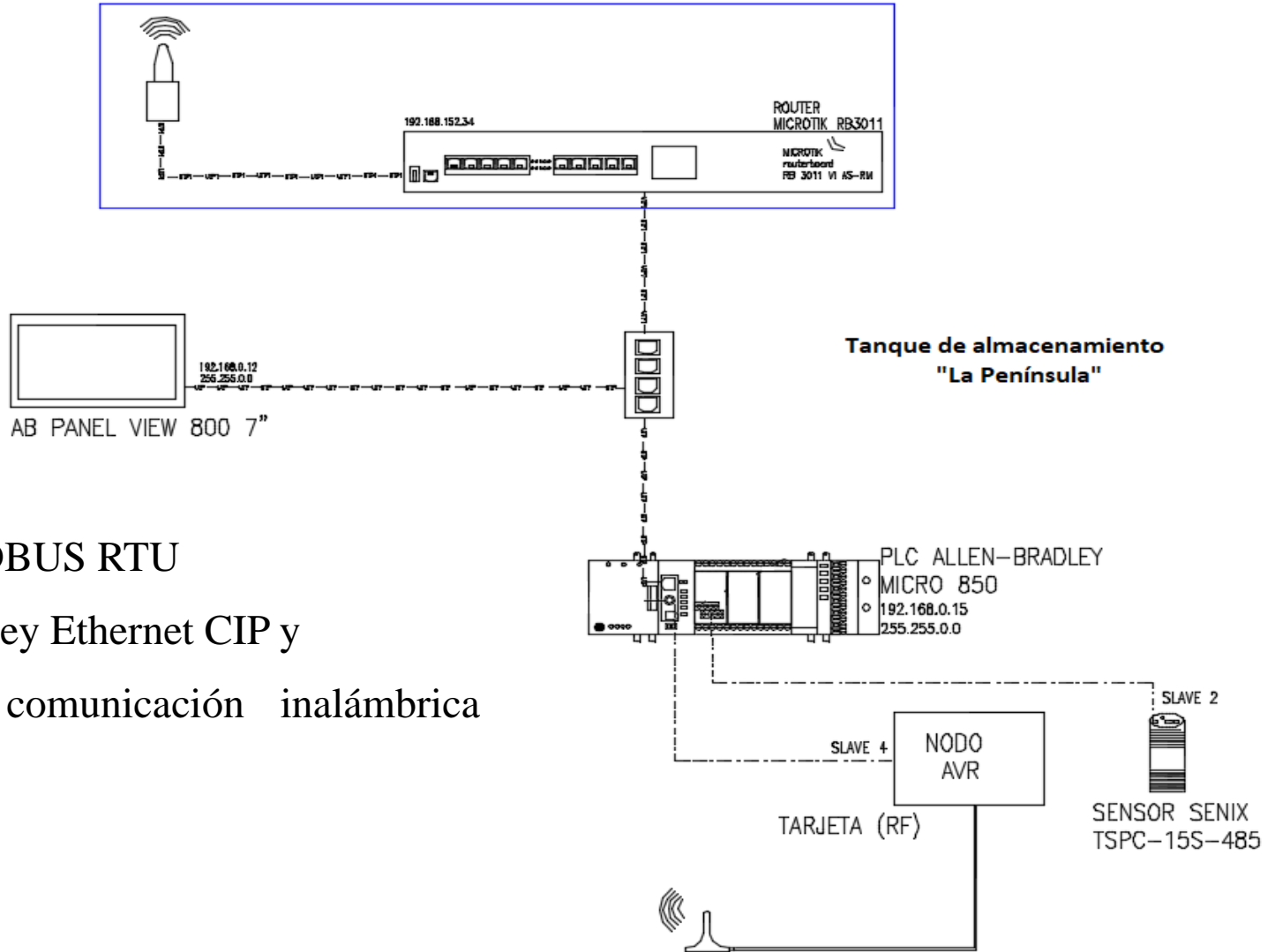
Valores de las variables del bloque de lectura_0 del variador.

Variable	Valor	Descripción
Channel	5	Canal 5: ubicación del módulo SERIALISOL
TriggerType	0	Activador en transición Falso – Cierto
Cmd	3	Código de función de Modbus "03": Lectura de Holding Registers
ElementCnt	8	Longitud
Addr	3202	Dirección de palabra de estado lógico del variador +1
Node	1	Dirección del nodo

Matriz de lectura_0 LocalAL_ATV

Monitorización de variable						
Variables globales de usuario - Micro850 Variables locales - N/A Variables del sistema - Micro850 E/S - Micro850 Palabras definidas						
Nombre	Alias	Valor lógico	Valor físico	Valor inicial	Bloquear	Tipo de d
LocalAL_ATV		<input type="checkbox"/>	MODBUSLO
LocalAL_ATV[1]		1591	N/A		<input type="checkbox"/>	WORD
LocalAL_ATV[2]		550	N/A		<input type="checkbox"/>	WORD
LocalAL_ATV[3]		550	N/A		<input type="checkbox"/>	WORD
LocalAL_ATV[4]		616	N/A		<input type="checkbox"/>	WORD
LocalAL_ATV[5]		709	N/A		<input type="checkbox"/>	WORD
LocalAL_ATV[6]		16402	N/A		<input type="checkbox"/>	WORD
LocalAL_ATV[7]		4526	N/A		<input type="checkbox"/>	WORD
LocalAL_ATV[8]		399	N/A		<input type="checkbox"/>	WORD

Diseño y levantamiento del mapa de comunicaciones en el tanque de almacenamiento



- Protocolo MODBUS RTU
- Protocolo Bradley Ethernet CIP y
- Protocolo de comunicación inalámbrica LORA

Implementación de lógicas de control de la estación de bombeo la Península.

Condiciones para el arranque:

Nivel alto tanque de succión (LSLL)

Verificación de voltajes de fases (PM)

Paro de emergencia (PE)

Temperatura óptima del motor

Condiciones durante el arranque:

Si la presión de bombeo es menor a 250 PSI y la corriente es 30% menor a la nominal.

Si la presión es menor a 250 PSI y la corriente se comienza a elevar.

Si la corriente de operación supera el 101% de la corriente nominal del motor.

Si la corriente de operación supera el 115% de la corriente nominal del motor durante un tiempo de 30 min se suspende el bombeo

Si la corriente de operación supera el 116% de la corriente nominal del motor se suspende inmediatamente el bombeo

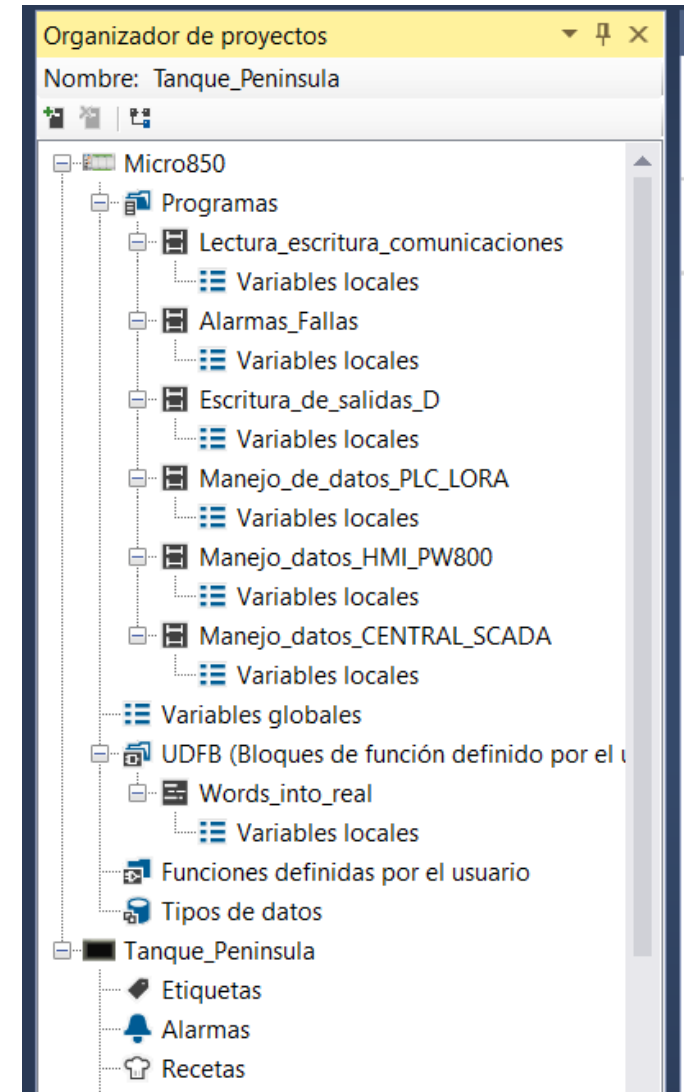
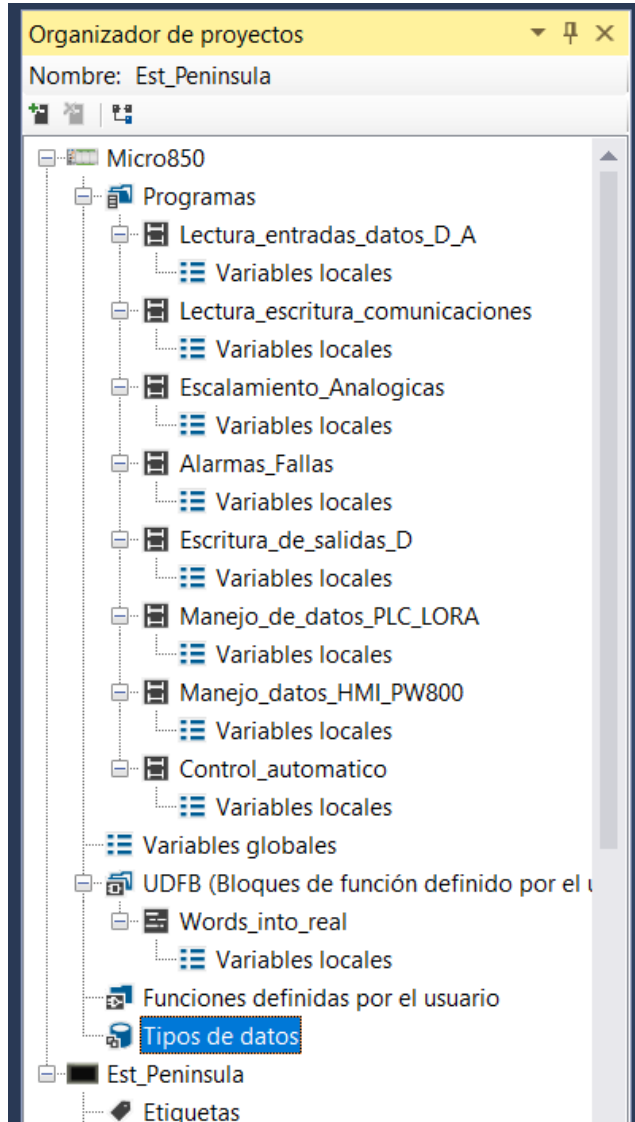
Si existe una variación de $\pm 10\%$ del voltaje de línea en el tablero de distribución, se suspende el bombeo.

Si existe una pérdida de fase o un desbalance de corrientes entre fases se suspende el bombeo.

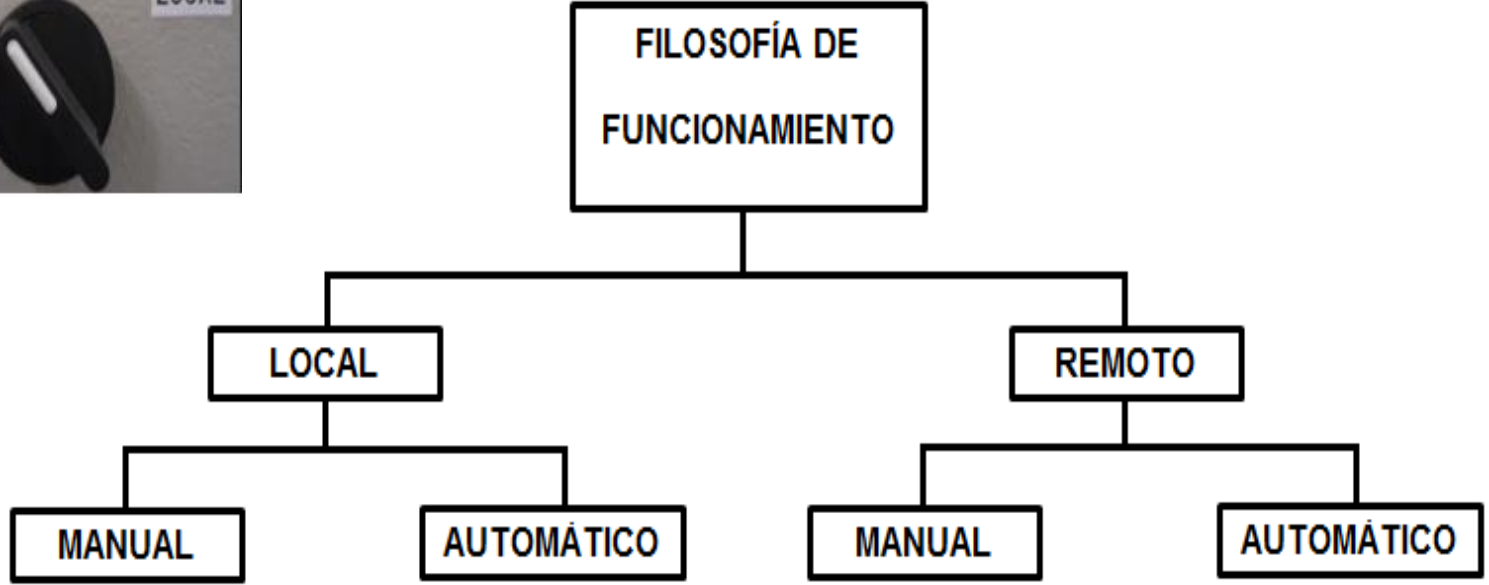
Si existe una sobre temperatura superior a los $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ inmediatamente se suspende el bombeo.



Implementación de lógicas de control de la estación de bombeo y el tanque de almacenamiento en los PLCs Allen Bradley



Filosofía de operación de la estación de bombeo la Península



Implementación del control automático

- Lazo de control de tipo On-Off con histéresis
- Lenta respuesta en el tiempo que presenta la variable controlada (nivel)

Bloque de control de proceso propio del PLC, HYSTER.

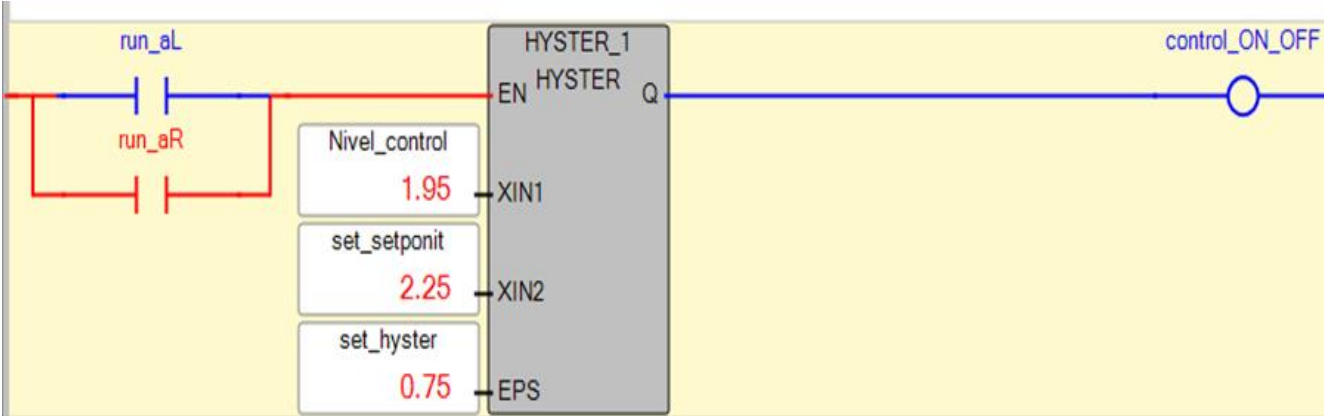
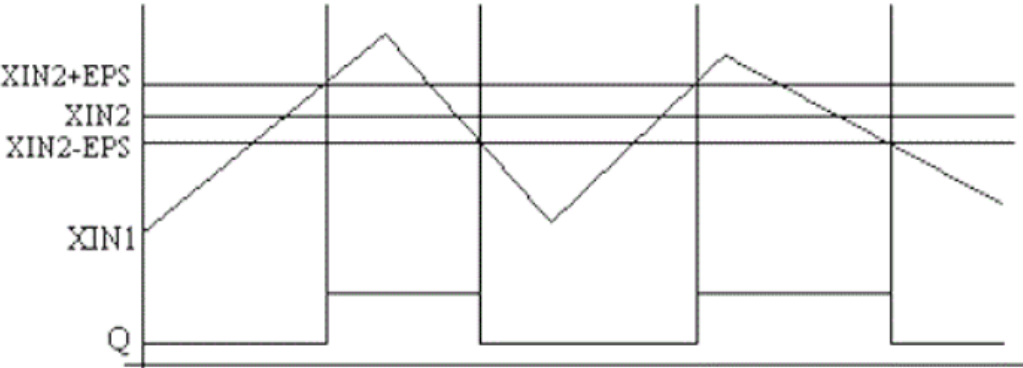
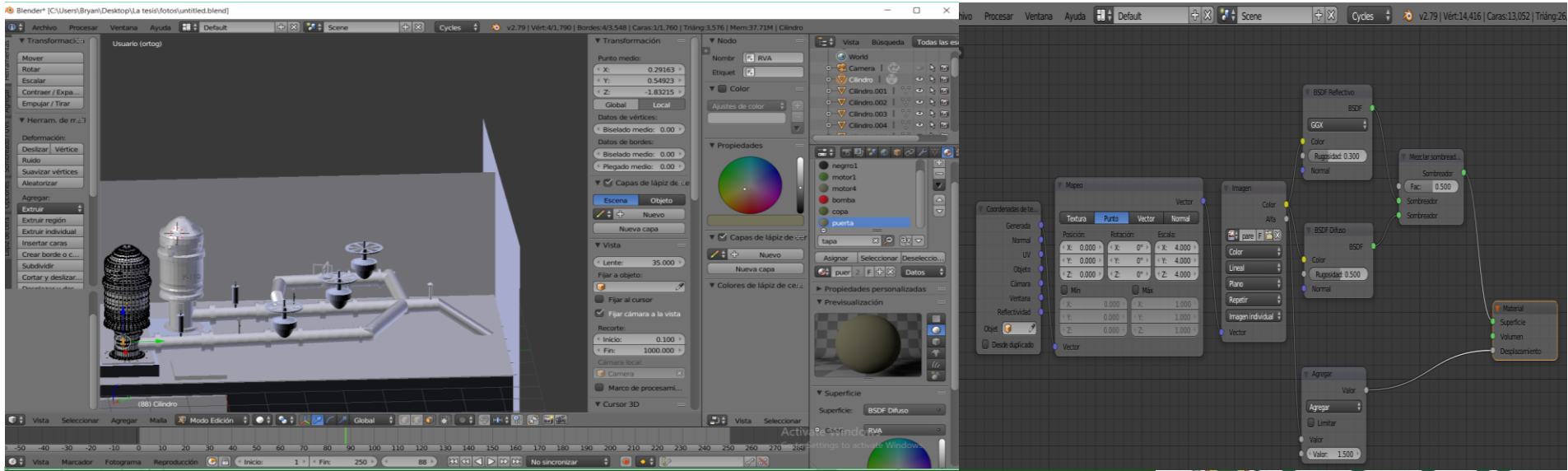
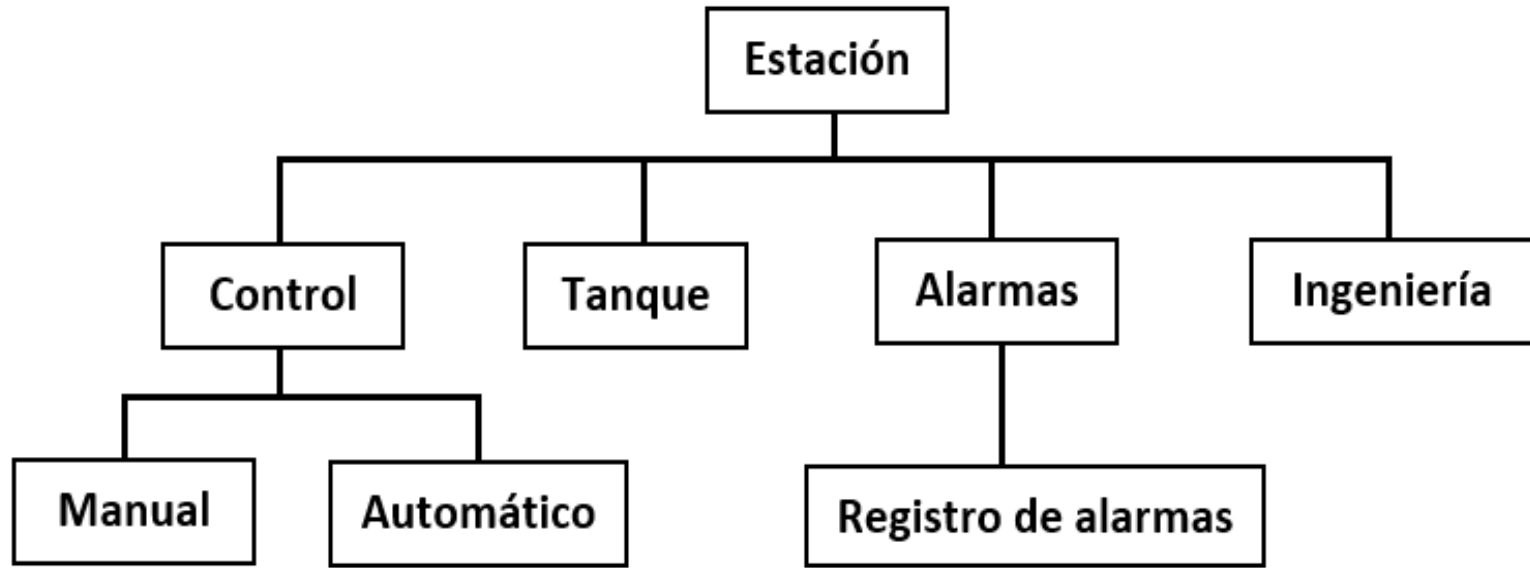


Diagrama del comportamiento del bloque de control.



Diseño de la interfaz de las pantallas HMI PanelView 800



ESTACIÓN

CONTROL

Estación de Bombeo "LA PENINSULA"

FIT-PN101 [LPS] .00
 PT-PN101 [PSI] .00
 LT1-PN101 [m] .00
 VFD-PN101_Vout [V] 0
 VFD-PN101_Cout [A] .0
 VFD-PN101_TT [°C] 0

Control Tanque Alarmas Ingeniería
 USUARIO INGRESADO:

STOP
 FALLA
 RUN
 VFD_[Hz] .0

Seleccione Bomba

P110 P120

BOMBA 1 BOMBA 2

Seleccione Tipo Control

MANUAL AUTOMÁTICO

Tanque Estación Alarmas
 STOP
 FALLA
 RUN
 VFD_[Hz] .0

CONTROL MANUAL

CONTROL AUTOMÁTICO

LIMPIAR FALLA

PUESTA EN MARCHA VARIADOR

Ingrese Frecuencia [Hz]:

Frecuencia Ingresada [Hz]: .0

RUN STOP Limpiar Fallas

ESTADO VARIADOR

STOP
 FALLA
 RUN

VFD-PN101_F [Hz] .0
 VFD-PN101_Vout [V] 0
 VFD-PN101_Cout [A] .0
 VFD-PN101_TT [%] 0

Control Tanque Estación Alarmas

LIMPIAR FALLA

SP[m] .00
 PV[m] .00
 HISTÉRESIS[m] .00
 LÍMITE SUPERIOR[m] .00
 LÍMITE INFERIOR[m] .00
 Hz DE TRABAJO .00
 MV[Hz] .00

3.20
 1.60
 0.00
 t-60 t-30 6:23:42 PM
 RUN
 STOP
 Limpiar Fallas

62.0
 31.0
 0.0
 t-60 t-30 6:23:42 PM

Control Tanque Estación Alarmas Ingeniería
 STOP
 FALLA
 RUN
 VFD_[Hz] .0

TANQUE

TANQUE DE ALMACENAMIENTO PENINSULA

TK-P100

LT-PN101 [m]
.00

Creado por:
Jhon Balseca 0980506828
Bryan Castro 0983237112
Paúl Navarrete 0992946448

Estación Control Alarmas

STOP FALLA RUN VFD [Hz] .0

INGENIERÍA

USUARIO INGRESADO:

Hora:

Ingreso de parámetros control automático

Ingrese Set Point: .00

Ingrese Histérisis: .00

Ingrese Frecuencia: .00

Configurar Pantalla Logout

Creado por:
Jhon Balseca 0980506828
Bryan Castro 0983237112
Paúl Navarrete 0992946448

Estación Tanque Alarmas Control

STOP FALLA RUN VFD [Hz] .0

ALARMAS

FALLAS ANTES EL ARRANQUE	FALLAS DURANTE EL ARRANQUE	ALARMAS GENERALES
BOMBEO EN VACIO	TUBERÍA ROTA	LT0-PN101 [Tanque almacenamiento]
LSLL	COLUMNA VACÍA	LT0_HH_sp[m] .00 LT0_HH
FALLO EN VOLTAJES DE FASE DE RED	MOTOR TRABAJANDO CON FACTOR DE SERVICIO	LT0_H_sp[m] .00 LT0_H
PM_V_RED	SOBRECARGA EN EQUIPOS DE BOMBEO	LT0_L_sp[m] .00 LT0_L
PARO DE EMERGENCIA ACTIVO	SOBRECARGA Y SOBRECORRIENTE EN EQUIPOS DE BOMBEO	LT0_LL_sp[m] .00 LT0_LL
PE	VARIACIÓN VOLTAJES DE LÍNEA DE RED	LT1-PN101 [Tanque succión]
TEMPERATURA OPTIMA MOTOR	PÉRDIDA DE FASE DE RED	LT1_HH_sp[m] .00 LT1_HH
TT_MOTOR_°C	DESBALANCE DE CORRIENTES ENTRE FASES	LT1_H_sp[m] .00 LT1_H
FALLAS DE COMUNICACIÓN	SOBRE TEMPERATURA MOTOR	LT1_L_sp[m] .00 LT1_L
LT0-PN101	PIT-PN101	LT1_LL_sp[m] .00 LT1_LL
LT0_COMM	VFD-PN101	
LT1-PN101	PIT_COMM	
LT1_COMM	VFD_COMM	
FQIT-PN101	VDF_Fault	
FQIT_COMM	PM-PN101	
	PM_COMM	

Estación Control Tanque Lista de Alarmas

REGISTRO DE ALARMAS

Mensaje de Alarma	Hora	Fecha
Alarm Message	Occurrence Time	Occurrence Date

Control Tanque Estación Alarmas

STOP FALLA RUN VFD [Hz] .0

PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROYECTO

1

Resultados de la implementación de las instalaciones eléctricas y electrónicas

2

Validación del sistema implementado a través de las pruebas de comunicación

3

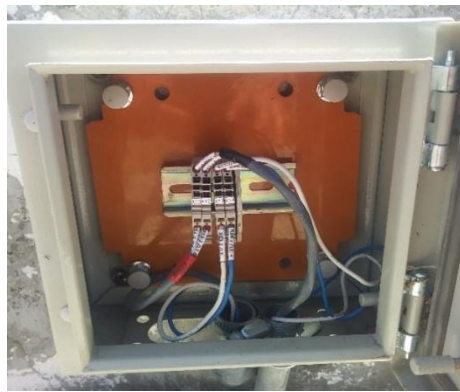
Pruebas de funcionalidad del sistema completo.



Instalaciones eléctricas y electrónicas

Tanque de almacenamiento

Estación de bombeo



Tanque de almacenamiento



Estación de bombeo



Validación de las comunicaciones del sistema implementado

Pruebas de comunicación de la red MODBUS RTU

Tanque de almacenamiento puerto 5

Tasa de comunicaciones correctas:

$$C. Correctas = \frac{\text{Transacciones correctas} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{1,450,922 * 100\%}{1,450,922} = 100.0\%$$

Tasa de comunicaciones perdidas:

$$C. Perdidas = \frac{\text{Errores de comunicación} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{0 * 100\%}{1,450,922} = 0.0\%$$

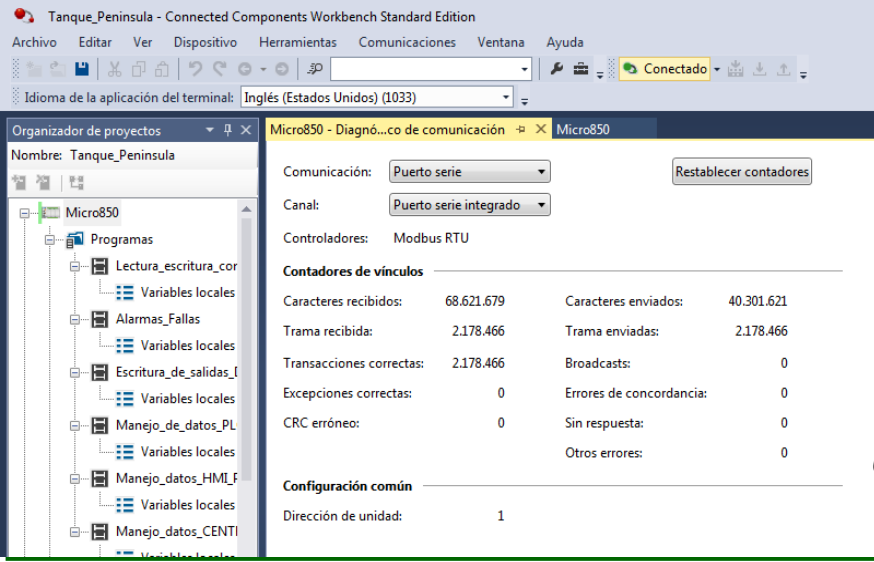
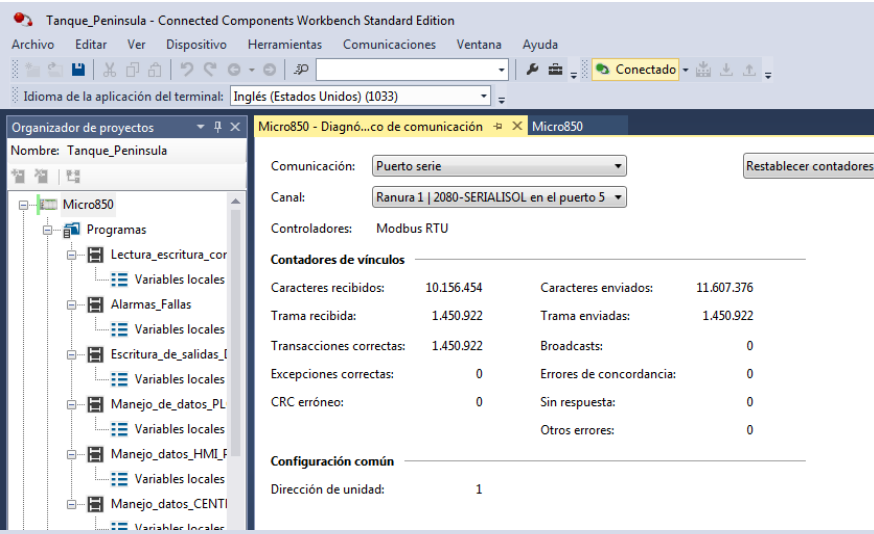
Tanque de almacenamiento puerto 2

Tasa de comunicaciones correctas:

$$C. Correctas = \frac{\text{Transacciones correctas} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{2,178,466 * 100\%}{2,178,466} = 100.0\%$$

Tasa de comunicaciones perdidas:

$$C. Perdidas = \frac{\text{Errores de comunicación} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{0 * 100\%}{2,178,466} = 0.0\%$$



Est_Peninsula - Connected Components Workbench Standard Edition

Archivo Editar Ver Dispositivo Herramientas Comunicaciones Ventana Ayuda

Idioma de la aplicación del terminal: Inglés (Estados Unidos) (1033)

Organizador de proyectos

Nombre: Est_Peninsula

Micro850 - Diagnó...co de comunicación

Micro850

Comunicación: Puerto serie

Canal: Ranura 1 | 2080-SERIALISOL en el puerto 5

Controladores: Modbus RTU

Contadores de vínculos

Caracteres recibidos:	164.525.313	Caracteres enviados:	69.923.998
Trama recibida:	7.842.174	Trama enviadas:	7.842.176
Transacciones correctas:	7.841.217	Broadcasts:	0
Excepciones correctas:	934	Errores de concordancia:	0
CRC erróneo:	19	Sin respuesta:	24
		Otros errores:	48

Configuración común

Dirección de unidad: 1

Estación de bombeo puerto 5

Tasa de comunicaciones correctas:

$$C. Correctas = \frac{\text{Transacciones correctas} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{7,841,217 * 100\%}{7,842,174} = 99.98\%$$

Tasa de comunicaciones perdidas:

$$C. Perdidas = \frac{\text{Errores de comunicación} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{958 * 100\%}{7,842,174} = 0.02\%$$

Est_Peninsula - Connected Components Workbench Standard Edition

Archivo Editar Ver Dispositivo Herramientas Comunicaciones Ventana Ayuda

Idioma de la aplicación del terminal: Inglés (Estados Unidos) (1033)

Organizador de proyectos

Nombre: Est_Peninsula

Micro850 - Diagnó...co de comunicación

Micro850

Comunicación: Puerto serie

Canal: Puerto serie integrado

Controladores: Modbus RTU

Restablecer contadores

Contadores de vínculos

Caracteres recibidos:	35.593.818	Caracteres enviados:	72.266.039
Trama recibida:	2.157.198	Trama enviadas:	2.157.199
Transacciones correctas:	2.157.198	Broadcasts:	0
Excepciones correctas:	0	Errores de concordancia:	0
CRC erróneo:	0	Sin respuesta:	1
		Otros errores:	0

Configuración común

Dirección de unidad: 1

Estación de bombeo puerto 2

Tasa de comunicaciones correctas:

$$C. Correctas = \frac{\text{Transacciones correctas} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{2,157,198 * 100\%}{2,157,199} = 99.9\%$$

Tasa de comunicaciones perdidas:

$$C. Perdidas = \frac{\text{Errores de comunicación} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{1 * 100\%}{2,157,199} = 0.001\%$$

Pruebas de la comunicación inalámbrica LORA.

Nodo AVR del Tanque de almacenamiento

```

COM5
TRAMAS PERDIDAS:2400
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:286:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:536:516:548:458:461:459:1591:550:45:201:1115:281:4:111:399:609:0:0:0:0:0:0:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 200170
TRAMAS PERDIDAS:2400
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:286:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:534:517:551:457:460:459:1591:550:45:201:1116:282:4:111:399:609:0:0:0:0:0:0:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 200171
TRAMAS PERDIDAS:2400
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:286:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:534:516:551:457:461:459:1591:550:45:201:1101:282:4:111:399:608:0:0:0:0:0:0:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 200172
TRAMAS PERDIDAS:2400
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:286:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:537:514:549:457:460:459:1591:550:45:200:1107:282:4:111:399:608:0:0:0:0:0:0:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 200173
TRAMAS PERDIDAS:2400
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:286:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:538:514:548:457:460:460:1591:550:45:201:1108:281:4:111:399:609:0:0:0:0:0:0:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 200174
TRAMAS PERDIDAS:2400
  
```

Tasa de comunicaciones correctas:

$$C. Correctas = \frac{\text{Transacciones correctas} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{200,174 * 100\%}{202,574} = 98.82\%$$

Tasa de comunicaciones perdidas:

$$C. Perdidas = \frac{\text{Errores de comunicación} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{2,400 * 100\%}{202,574} = 1.18\%$$

Nodo AVR de la estación de bombeo

```

COM6
TRAMAS PERDIDAS: 2451
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:546:509:554:456:457:459:1591:550:45:201:1113:282:4:111:399:607:0:0:0:0:0:0:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:294:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 220978
TRAMAS PERDIDAS: 2451
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:544:510:557:456:457:459:1591:550:45:201:1100:281:4:111:399:607:0:0:0:0:0:0:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:294:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 220979
TRAMAS PERDIDAS: 2451
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:551:507:549:456:458:459:1591:550:45:200:1109:281:4:111:399:608:0:0:0:0:0:0:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:294:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 220980
TRAMAS PERDIDAS: 2451
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:548:506:556:455:457:459:1591:550:45:201:1100:282:4:111:399:607:0:0:0:0:0:0:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:294:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 220981
TRAMAS PERDIDAS: 2451
  COMUNICACION LORA
DATOS ENVIADOS:
E:550:510:551:455:457:458:1591:550:45:200:1109:281:4:111:399:608:0:0:0:0:0:0:0:0
DATOS RECIBIDOS:
R:294:0:0:0:0:0:0:225:75:0:0
TRANSACCIONES CORRECTAS: 220982
TRAMAS PERDIDAS: 2451
  
```

Tasa de comunicaciones correctas:

$$C. Correctas = \frac{\text{Transacciones correctas} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{220,982 * 100\%}{223,433} = 98.90\%$$

Tasa de comunicaciones perdidas:

$$C. Perdidas = \frac{\text{Errores de comunicación} * 100\%}{\text{Tramas comunicadas}} = \frac{2,451 * 100\%}{223,433} = 1.10\%$$



Pruebas de funcionabilidad del sistema completo.

Allen-Bradley EP-EMAPA-A
 CODIGO:06763
 PANEL VIEW - PANTALLA

Estación de Bombeo "LA PENINSULA"

VFD-PW01 Veloc [rpm]	394
VFD-PW02 Veloc [rpm]	57.7
VFD-PW01 Freq [Hz]	44

Control Tanque Estación Alarmas Ingeniería

STOP FALLA RUN VFD_Freq 54.8

Allen-Bradley EP-EMAPA-A
 CODIGO:06763
 JUN-18
 PANEL VIEW - PANTALLA

Q1[m³/h]	2.25
Q2[m³/h]	1.79
HISTERISIS[m]	.75
LIMITE SUPERIOR[m]	3.00
LIMITE INFERIOR[m]	1.50
Hz DE TRABAJO	55.50
MV[Hz]	55.50

Control Tanque Estación Alarmas Ingeniería

STOP FALLA RUN VFD_Freq 55.5

Allen-Bradley EP-EMAPA-A
 CODIGO:06759
 PANEL VIEW - PANTALLA

Estación de Bombeo "LA PENINSULA"

VFD-PW01 Veloc [rpm]	394
VFD-PW02 Veloc [rpm]	57.7
VFD-PW01 Freq [Hz]	44

Control Tanque Estación Alarmas Ingeniería

STOP FALLA RUN VFD_Freq 54.8

Validación de la hipótesis

En relación al consumo energético tenemos en las siguientes ecuaciones el cálculo de la potencia de trabajo de las bombas de impulsión:

$$\text{Potencia de trabajo} = \text{Voltaje} * \text{Corriente} * \cos(\alpha)$$

$$\text{Potencia de trabajo} = 450 \text{ V} * 50.1 \text{ A} * 0.92 = \mathbf{20.741,4 \text{ W}}$$

Antes de la automatización, a la estación de bombeo se le daba solamente una hora de descanso por lo cual trabajaba continuamente durante veinte tres horas ininterrumpidas teniendo un consumo energético que se lo puede ver en las siguientes ecuaciones.

$$\text{Consumo Anterior} = \text{Potencia del motor} * \text{tiempo de trabajo}$$

$$\text{Consumo Anterior} = 20.741,4 \text{ W} * 23\text{H} = 477.052,2 \text{ Wh} \cong \mathbf{477.1 \text{ kWh}}$$

Después de implementar la automatización de la estación de bombeo el trabajo de las bombas se redujo a diecinueve horas dándoles un descanso de 5 horas diarias con lo cual el consumo energético actual de la estación se lo ve a continuación.

$$\text{Consumo Actual} = \text{Potencia del motor} * \text{tiempo de trabajo}$$

$$\text{Consumo Actual} = 20.741,4 \text{ W} * 19\text{h} = 394.086,6 \text{ Wh} \cong \mathbf{394.1 \text{ kWh}}$$



Mediante el cálculo del porcentaje de consumo actual en relación al anterior se tiene el ahorro alcanzado como se ve en las siguientes ecuaciones.

$$\text{Potencia ahorrada} = \text{consumo anterior} - \text{consumo actual}$$

$$\text{Potencia ahorrada} = 477.1 \text{ kWh} - 394.1 \text{ kWh} = \mathbf{83 \text{ kWh}}$$

$$\text{Potencia ahorrada}[\%] = \frac{\text{potencia ahorrada} * 100\%}{\text{consumo anterior}}$$

$$\text{Potencia ahorrada}[\%] = \frac{83 \text{ kWh} * 100\%}{477.1 \text{ kWh}} = \mathbf{17,39\%}$$

Actualmente con la automatización implementada se controla el nivel del tanque cortando el bombeo de la estación cuando éste alcanza el nivel máximo evitando el desperdicio del agua y así provocando un ahorro hídrico para la estación.

Conclusiones

- Se diseñó los planos eléctricos de los tableros industriales cumpliendo las especificaciones de funcionamiento técnico, normativas técnicas pertinentes y símbolos normalizados utilizados en la empresa EP-EMAPA-A, los cuales detallan todas las conexiones de las instalaciones eléctricas y electrónicas de la estación de bombeo, asegurando una correcta interpretación de los esquemas para la detección de averías para el personal de mantenimiento.
- La instalación de los nuevos tableros eléctricos y tuberías eléctricas apropiadas, aseguran que todos los equipos trabajen correctamente y, también de este modo, asegurar el mayor tiempo de vida útil de los mismos. Además, se garantiza un adecuado nivel de seguridad para los operadores y personal de mantenimiento.

- La comprobación del funcionamiento de los nodos AVR puestos ya en campo, demuestran la eficiencia, velocidad, robustez y confiabilidad que tienen estos dispositivos. Esto demuestra que se puede generar soluciones innovadoras de bajo costo integrando tecnologías de diferentes fabricantes aplicados a la industria, en respuesta a las necesidades de los procesos.
- El levantamiento de todas las comunicaciones de la estación de bombeo permitió tener un control y monitoreo de todas las variables del proceso en tiempo real.
- La implementación de un lazo de control automático permitió mantener la variable de nivel del tanque de almacenamiento en un valor de operación deseado, asegurando el abastecimiento de agua potable a la población y, además optimiza el funcionamiento adecuado de las bombas, prolongando así su tiempo de vida útil.

- El diseño de las pantallas HMI contiene todos los requerimientos necesarios para el monitoreo y puesta en marcha del proceso, tanto en modo local como en modo remoto teniendo una interfaz amigable con el usuario.
- La automatización implementada reduce el consumo energético de la estación de bombeo en un 17,39% lo que corresponde a 77,29KW/H diarios comprobando así la hipótesis planteada en este proyecto.

Recomendaciones

- Actualmente la dosificación de cloro se la realiza en el tanque de succión de la estación, la misma que desgasta y daña los impulsores de las bombas, así como también las tuberías metálicas de agua usadas en el proceso. Para lo cual se recomienda realizar la dosificación de cloro en el tanque de almacenamiento.
- Se debe realizar la elaboración de un procedimiento de mantenimiento preventivo de los equipos de la estación como: mecánicos, eléctricos y de instrumentación, donde se indiquen las labores a realizar y la periodicidad de la misma.
- Se recomienda realizar la revisión de los equipos mecánicos considerando el análisis de vibraciones de motores-bombas, estado de válvulas e integridad mecánica de válvulas, bombas y tuberías.

- Se debe realizar la calibración de todos los instrumentos, cada determinado tiempo, teniendo un registro de las calibraciones realizadas, para garantizar la medida real de las variables del proceso.
- La estación tiene instalado un transmisor de presión de marca Autonics a la línea de descarga el cual se recomienda realizar el cambio, por un transmisor de mayor rango, debido a que el actual está mal dimensionado su rango de medida.
- El cerramiento que protege la infraestructura que conforma el tanque de almacenamiento se encuentra vulnerable a robos, por lo cual se recomienda la mejora de la construcción del mismo para proteger los nuevos equipos instalados.
- En el área civil se debe poner atención a las fachadas mejorando la impermeabilización de paredes y techos, como también a la reparación de ductos y drenajes, esto con el fin de proteger a los equipos eléctricos y electrónicos.

- Para la mejora de la seguridad de las instalaciones se debe instalar cámaras de vigilancia en sitios estratégicos las cuales deben tener vista al SCADA de la central de monitoreo de la empresa.
- En el área civil se debe poner atención a las fachadas mejorando la impermeabilización de paredes y techos, como también a la reparación de ductos y drenajes, esto con el fin de proteger a los equipos eléctricos y electrónicos.

GRACIAS

