

# SISTEMA DE TANQUES MULTIVARIABLE



## ANEXOS

**Miguel Alejandro Vélez Giraldo**

**William Humberto Cuellar Sánchez**

Universidad del Cauca  
**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**  
**Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación**  
**Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control**  
**Departamento de Ingeniería Física**  
**Ingeniería en Automática Industrial**  
**Ingeniería Física**  
Popayán, Septiembre de 2011

# **SISTEMA DE TANQUES MULTIVARIABLE**

**Miguel Alejandro Vélez Giraldo**

**William Humberto Cuellar Sánchez**

Director: Ing. Jaime Díaz

Universidad del Cauca  
**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**  
**Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación**  
**Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control**  
**Departamento de Ingeniería Física**  
**Ingeniería en Automática Industrial**  
**Ingeniería Física**  
Popayán, Septiembre de 2011

## Tabla de Contenido

ANEXO A.....	1
LINEALIZACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL TANQUE Y OBTENCIÓN DEL TAO.....	1
ANEXO B.....	4
PLANOS DE CONEXIONADO .....	4
ANEXO C .....	17
PROGRAMACION Y CONFIGURACION .....	17
1. CONFIGURACIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL ECHOPOD.....	17
2.CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DAQ PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS	18
ANEXO D .....	25
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	25
ANEXO E.....	32
DOCUMENTACION DE LOS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE LA PLANTA .....	32
1. TAGS QUE DEFINEN EL ÁREA DE TRABAJO.....	32
2. TAGS QUE REPRESENTAN LOS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....	32
3. TAGS QUE REPRESENTAN LAS VARIABLES A MEDIR Y LAS ACCIONES QUE LAS CONTROLAN.....	34
4. TAGS QUE REPRESENTAN LAS SEÑALES QUE ACTUAN SOBRE CADA EQUIPO EN LA SECCION DE TRABAJO.....	35
ENTRADAS .....	35
SALIDAS .....	36
5. TABLA: “LISTA DE SEÑALES SECCIÓN 170” .....	39
6. TABLA: “LISTA DE INSTRUMENTOS ÁREA 7” .....	39
7. TABLA QUE DESCRIBE INSTRUMENTOS ASOCIADOS CON LOS PLANOS TÍPICOS DE CABLEADO .....	40
8. TABLA: “ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LA DAQ” .....	41
ANEXO F.....	42
DISEÑO FÍSICO DE LA PLANTA EN 3D .....	42
ANEXO G .....	47
MANUAL DE USUARIO PLANTA MULTIVARIABLE .....	47

## **Lista de Figuras**

Figura 1. Aplicación Flow Line .....	17
Figura 2. Inicio programa Measurement & Automation .....	18
Figura 3. Creación de una nueva tarea .....	19
Figura 4. Opciones para creación de una tarea de lectura.....	19
Figura 5. Opciones para creación de una tarea de activación .....	20
Figura 6. Selección de una tarea análoga de voltaje .....	20
Figura 7. Selección del puerto de conexión de la señal de campo .....	21
Figura 8. Identificación de la tarea creada .....	22
Figura 9. Configuración de la tarea creada para la adquisición de datos.....	23
Figura 10. Selección del asistente de DAQ.....	23
Figura 11. Diagrama de bloque de una tarea creada.....	24
Figura 12. Prueba 2 – dinámica de funcionamiento tanque 1 .....	25
Figura 13. Prueba 2 – dinámica de funcionamiento tanque 2 .....	25
Figura 14. Prueba 2 – dinámica de funcionamiento tanque 3 .....	26
Figura 15. Prueba 2 – dinámica de funcionamiento tanque 4 .....	26
Figura 16. Prueba 3 – dinámica de funcionamiento tanque 1 .....	26
Figura 17. Prueba 3 – dinámica de funcionamiento tanque 2 .....	27
Figura 18. Prueba 3 – dinámica de funcionamiento tanque 3 .....	27
Figura 19. Prueba 3 – dinámica de funcionamiento tanque 4 .....	27
Figura 20. Prueba 4 – dinámica de funcionamiento tanque 1 .....	28
Figura 21. Prueba 4 – dinámica de funcionamiento tanque 2 .....	28
Figura 22. Prueba 4 – dinámica de funcionamiento tanque 3 .....	28
Figura 23. Prueba 4 – dinámica de funcionamiento tanque 4 .....	29
Figura 24. Prueba 5 – dinámica de funcionamiento tanque 1 .....	29
Figura 25. Prueba 5 – dinámica de funcionamiento tanque 2 .....	29
Figura 26. Prueba 5 – dinámica de funcionamiento tanque 3 .....	30
Figura 27. Prueba 5 – dinámica de funcionamiento tanque 4 .....	30
Figura 28. Tanque de almacenamiento 1.....	42
Figura 29. Tanque de almacenamiento 2.....	43
Figura 30. Tanque de almacenamiento 3.....	43

Figura 31. Tanque de almacenamiento 4.....	43
Figura 32. Tanques pulmón .....	44
Figura 33. Tubería de aspiración .....	44
Figura 34. Tubería de succión.....	45
Figura 35. Estructura de la planta .....	45
Figura 36. Estructura de la planta con los 6 tanques de almacenamiento .....	46
Figura 37. Planta de Tanques Multivariable diseñada .....	46
Figura 38. Fuente de 24 Voltios .....	47
Figura 39. Página Principal del HMI.....	48
Figura 40. Sentido de giro de las motobombas.....	49
Figura 41. Tablero de Control – Planta Multivariable .....	49
Figura 42. Configuración de las válvulas manuales .....	50
Figura 43. Planta de Tanques Multivariable – Ubicación de válvulas y Sensor de Nivel Tanque 1 .....	50
Figura 44. Tablero de Control – Sensor de Nivel del Tanque 1 .....	51
Figura 45. Monitoreo Planta Multivariable – Botones de motobombas, caudal de salida y actualización de datos.....	51
Figura 46. Monitoreo Planta Multivariable – Tendencias y Comportamiento, Botón de Caudal y Actualización de Datos.....	52
Figura 47. Monitoreo Planta Multivariable – Botón de Stop y Botón Principal.....	53
Figura 48. Monitoreo Planta Multivariable – Botones Electroválvulas y Botón de Actualización de Datos.....	54
Figura 49. Planta de Tanques Multivariable – Ubicación de electroválvulas.....	55
Figura 50. Planta de Tanques Multivariable – Ubicación de Universales, Motobombas y Ubicación Tornillo para purgar las Motobombas .....	56

### **Lista de Tablas**

Tabla 1. Error de mediciones – altura de los cuatro tanques .....	31
Tabla 2. Lista de señales sección 170 .....	39
Tabla 3. Lista de instrumentos área 7 .....	39
Tabla 4. Instrumentos asociados a los típicos de cableado .....	41
Tabla 5. Asignación de entradas y salidas de la DAQ .....	41

## ANEXO A

### LINEALIZACIÓN DE LA ECUACIÓN DEL TANQUE Y OBTENCIÓN DEL TAO

La obtención del Tao permite encontrar la relación existente entre el área del tanque y el orificio de desagüe. Para hallar la ecuación del Tao, se parte de la ecuación matemática de un tanque de área constante obtenida en el capítulo 1.2.2. Modelo matemático de un tanque.

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_{in}}{A} - \frac{a}{A} C_v \sqrt{2gh} \quad (1)$$

Al ver la ecuación anterior se observa la no linealidad debida a la raíz cuadrada en la cual se encuentra la altura. A continuación se realiza la linealización de la ecuación alrededor de un punto de operación:

$h_0$  Punto de operación o altura de operación

Función a linealizar

$$\begin{aligned} f &= \sqrt{h} \\ f &= f(h_0) + \frac{df(h_0)}{dh} (h - h_0) \\ f &= \sqrt{h_0} + \frac{1}{2\sqrt{h_0}} (h - h_0) \\ f &= \frac{1}{2\sqrt{h_0}} (h + h_0) \quad (2) \end{aligned}$$

Reemplazando la función linealizada en la ecuación 1, se obtiene:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_{in}}{A} - \frac{a}{A} C_v \sqrt{2g} \frac{1}{2\sqrt{h_0}} (h + h_0) \quad (3)$$

Organizando la ecuación:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_{in}}{A} - \sqrt{\frac{g}{2h_0}} \frac{aC_v}{A} (h + h_0) \quad (4)$$

Y realizando el siguiente cambio de variable:  $H = h + h_0$

Se obtiene:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{Q_{in}}{A} - \sqrt{\frac{g}{2h_0}} \frac{aC_V}{A} H \quad (5)$$

Con el objetivo de obtener la función de transferencia que relacione el caudal de entrada a los tanques y la altura alcanzada en los mismos, se utiliza la transformada de Laplace con condiciones iniciales iguales a cero:

$$H(s)s = \frac{Q_{in}(s)}{A} - \sqrt{\frac{g}{2h_0}} \frac{aC_V}{A} H(s) \quad (6)$$

Organizando para obtener la función de transferencia:

$$\frac{H(s)}{Q_{in}(s)} = \frac{1}{A \left( s + \sqrt{\frac{g}{2h_0}} \frac{aC_V}{A} \right)} \quad (7)$$

$$\frac{H(s)}{Q_{in}(s)} = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \frac{1}{aC_V} \frac{1}{\left( \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \frac{A}{aC_V} s + 1 \right)} \quad (8)$$

Y realizando la siguiente sustitución:

$$\tau = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \frac{A}{aC_V} \quad (9)$$

$\tau$  Constante de tiempo (Tao)

Se obtiene:

$$\frac{H(s)}{Q_{in}(s)} = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \frac{1}{aC_V} \frac{1}{(\tau s + 1)} \quad (10)$$

Ahora volviendo al dominio del tiempo, se llega a la siguiente ecuación al considerar que el caudal de entrada  $Q_{in}$  es un escalón.

$$H(t) = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \frac{1}{aC_V} C_{in}(t) \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (24)$$

De acuerdo con la ecuación de la constante de tiempo Tao (ecuación 9 de este anexo),

a continuación se explica brevemente como se afectan el tiempo de establecimiento al realizar cambios en el área de los tanques, el área de los orificios de desagüe, y el coeficiente de velocidad:

- **Área de los tanques:**

Influye directamente en el tiempo de establecimiento del nivel del agua en los tanques. Entre más grande sean estas áreas, el nivel del agua tardará mucho más en estabilizarse en un valor deseado si se tiene un paso a la entrada.

- **Área del orificio de desagüe:**

Influye inversamente en el tiempo de establecimiento del nivel de agua en los tanques. Entre más grande sea esta área, más agua saldrá de los tanques y por tanto el tiempo de establecimiento será menor.

- **Coeficiente de velocidad:**

Este coeficiente afecta el tiempo de establecimiento de forma similar que el área del orificio de desagüe. Para la simulación de la planta, el valor seleccionado del coeficiente de velocidad fue el mismo para todos los tanques de acuerdo a la literatura [4]; sin embargo cabe aclarar que en la etapa de implementación este valor tendrá que ser hallado de forma experimental para cada tanque con el fin de que el modelo matemático se asemeje más al comportamiento de la planta real.

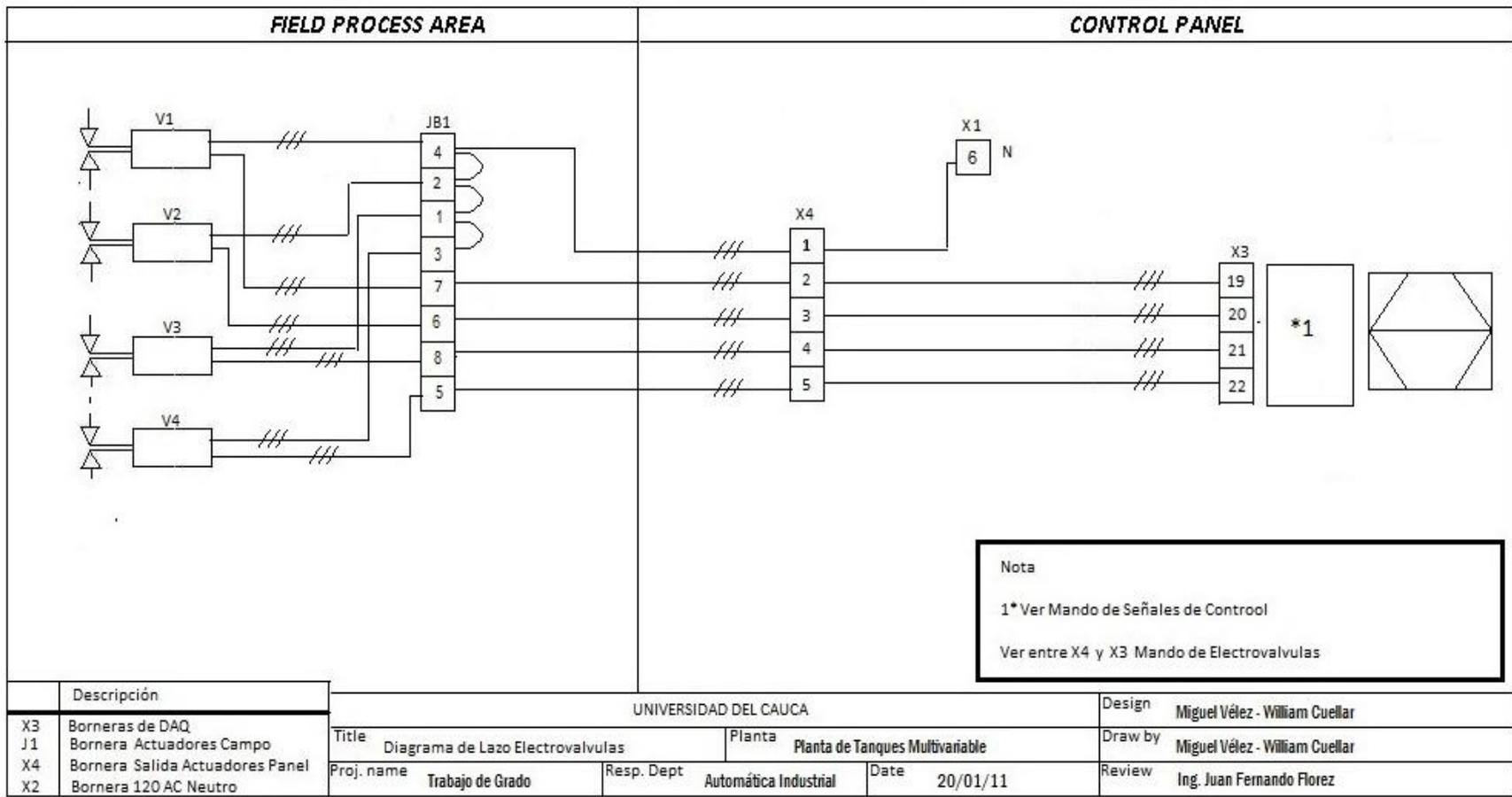
## **ANEXO B**

### **PLANOS DE CONEXIONADO**

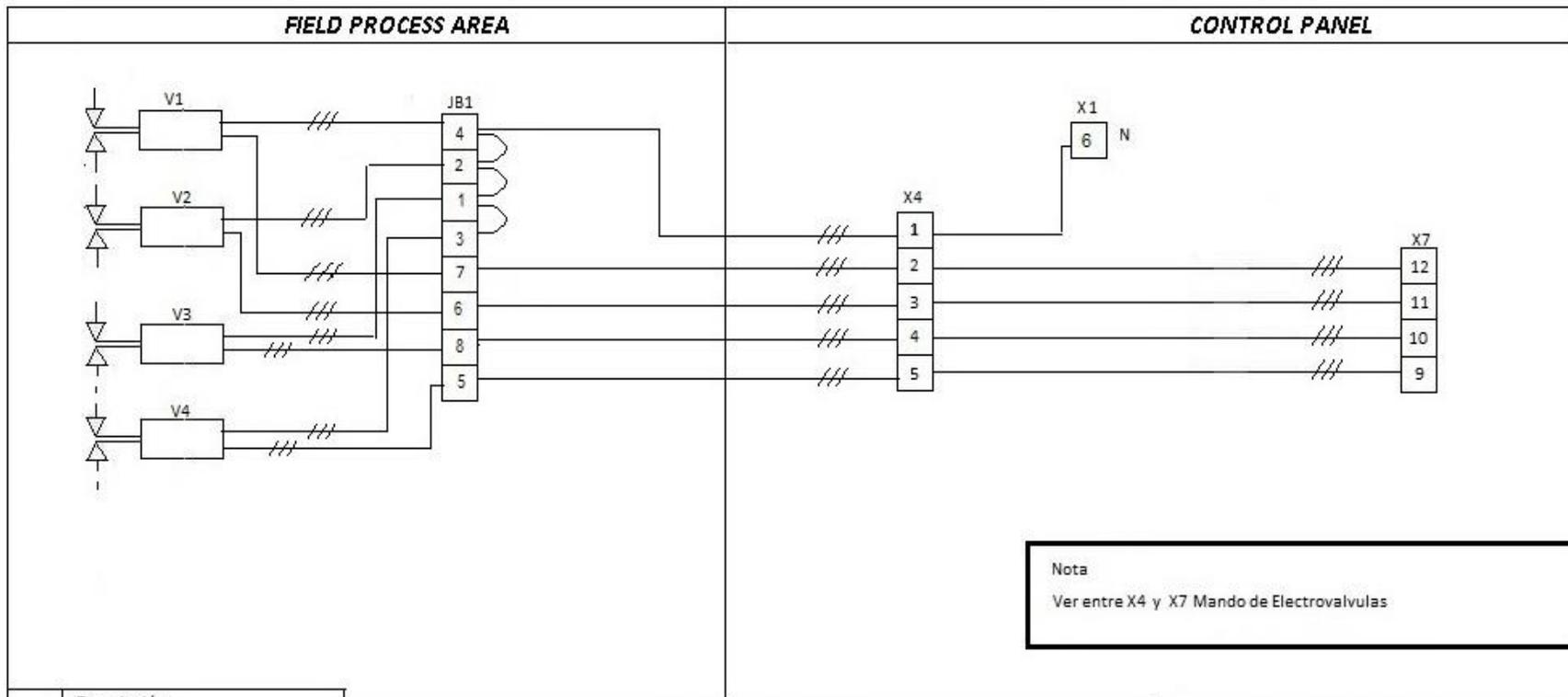
Este anexo muestra cada uno de los planos diseñados para la Planta de Tanques Multivariable. Los planos son los siguientes:

1. Diagrama de lazo Tanque 1 DAQ
2. Diagrama de lazo Tanque 1 PLC
3. Diagrama de lazo Tanque 2 DAQ
4. Diagrama de lazo Tanque 2 PLC
5. Diagrama de mando señal de control
6. Diagrama de lazo electroválvulas
7. Diagrama de mando electroválvulas
8. Diagrama de potencia y mando Motor 1
9. Diagrama de potencia y mando Motor 2

**Planta de Tanques Multivariable**



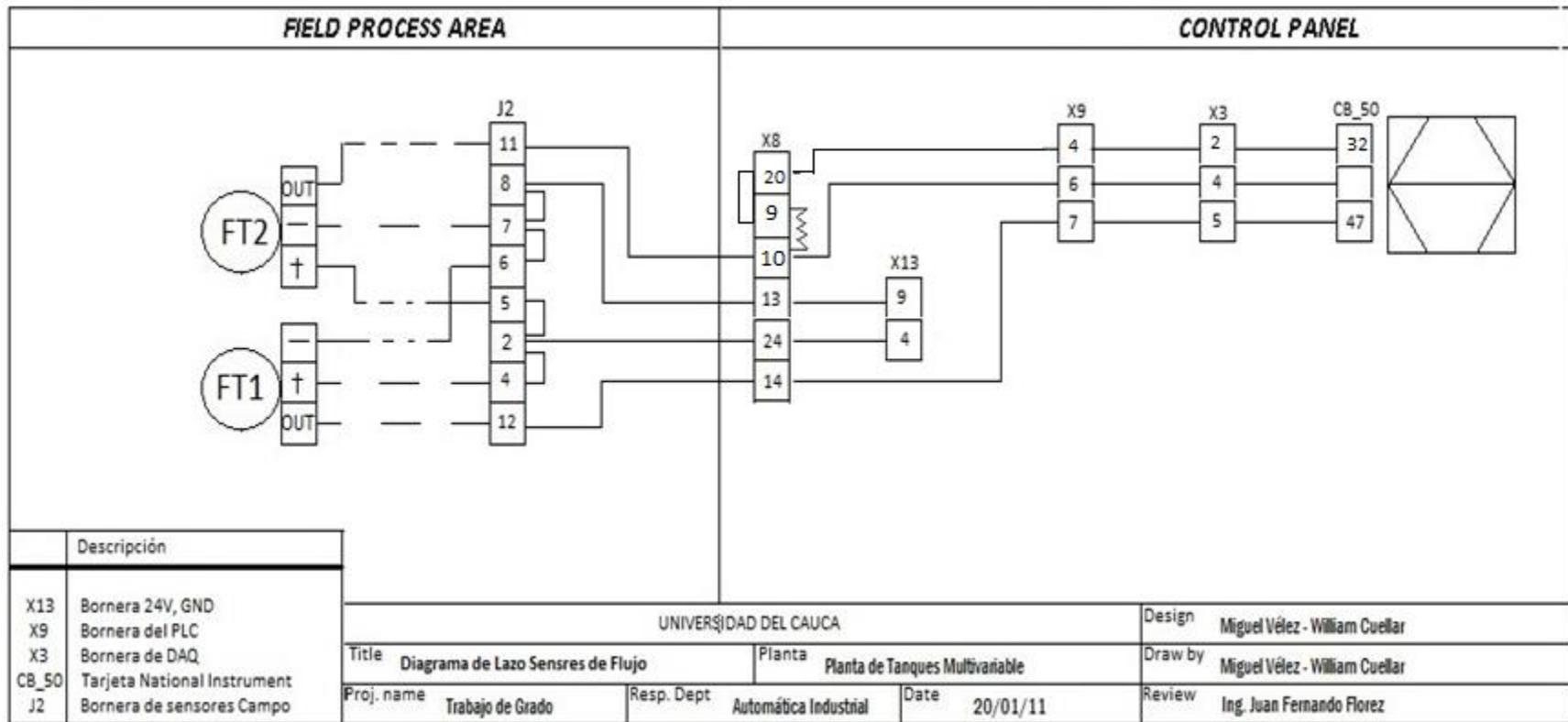
**Planta de Tanques Multivariable**



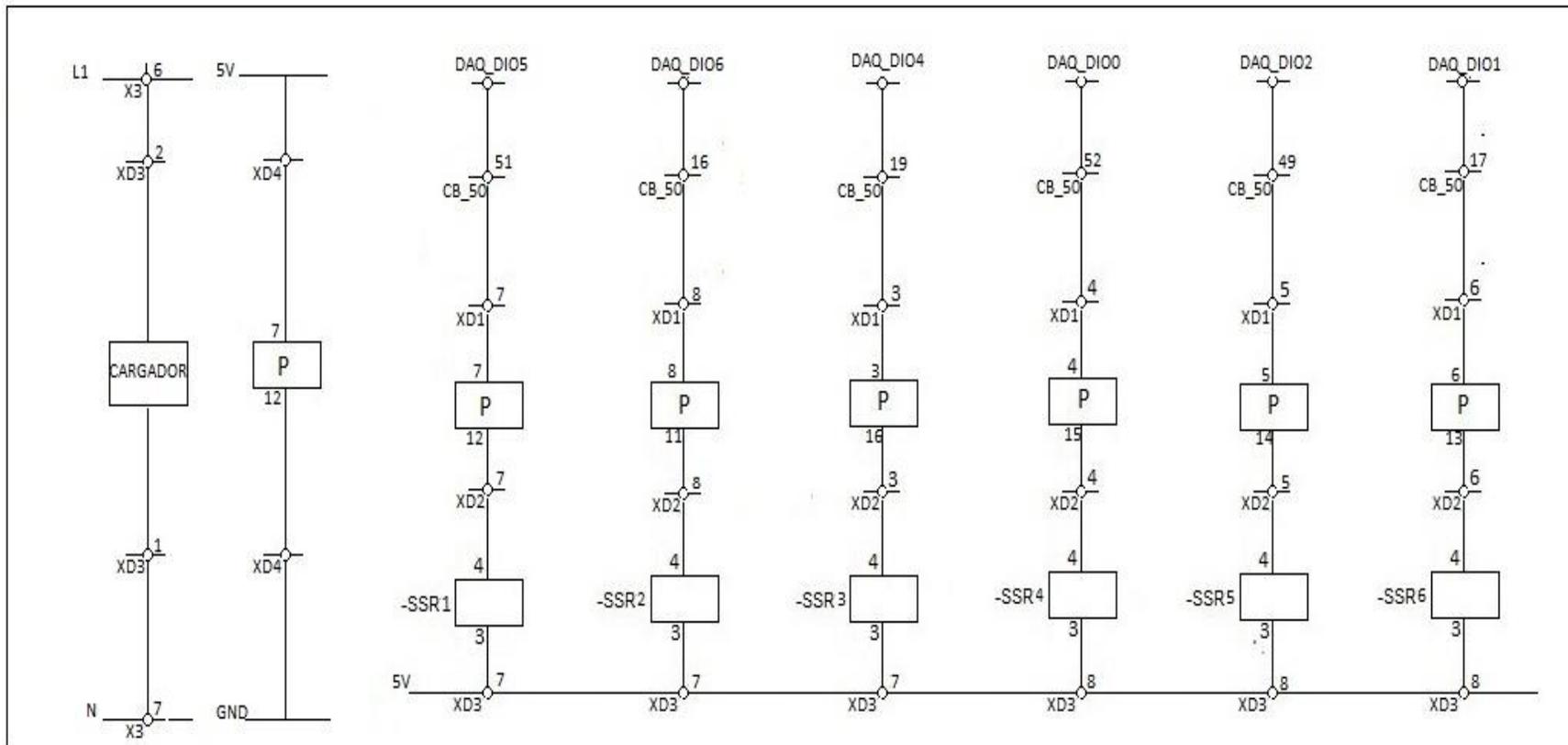
Nota  
Ver entre X4 y X7 Mando de Electrovalvulas

	Descripción	UNIVERSIDAD DEL CAUCA			Design	Miguel Vélez - William Cuellar	
X7	Bornera del PLC	Title	Planta	Planta de Tanques Multivariable	Draw by	Miguel Vélez - William Cuellar	
J1	Bornera Actuadores Campo	Proj. name	Trabajo de Grado	Resp. Dept	Automática Industrial	Date	20/01/11
X4	Bornera Salida Actuadores Panel				Review	Ing. Juan Fernando Florez	
X2	Bornera 120 AC Neutro						

**Planta de Tanques Multivariable**



**Planta de Tanques Multivariable**

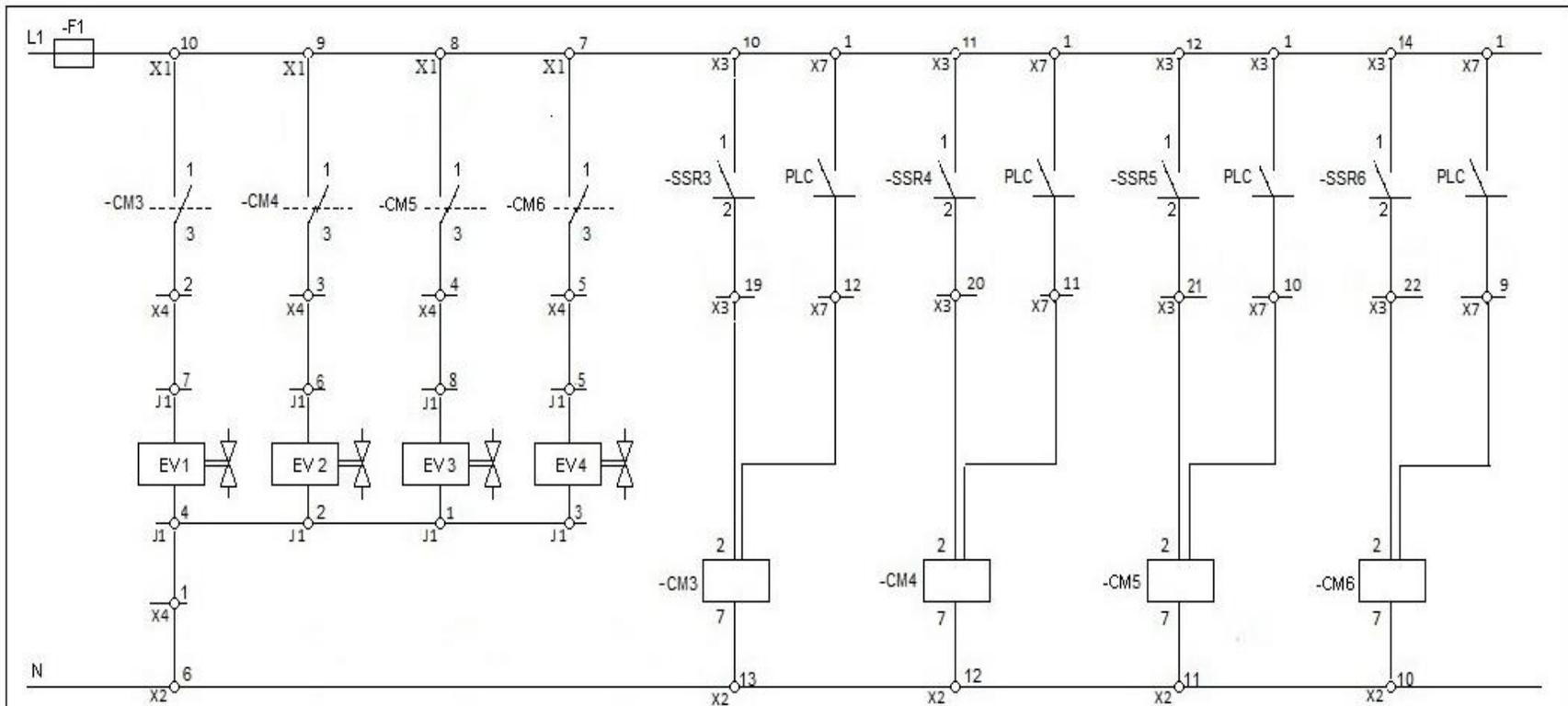


Nota: P es el circuito adaptador, Cargador es para obtener los 5V

	Descripción
XD4	Bornera alimentación de circuito
XD1	Bornera entrada circuito
XD2	Bornera de salida circuito
XD3	Bornera de alimentación
CB_50	Tarjeta National Instruments

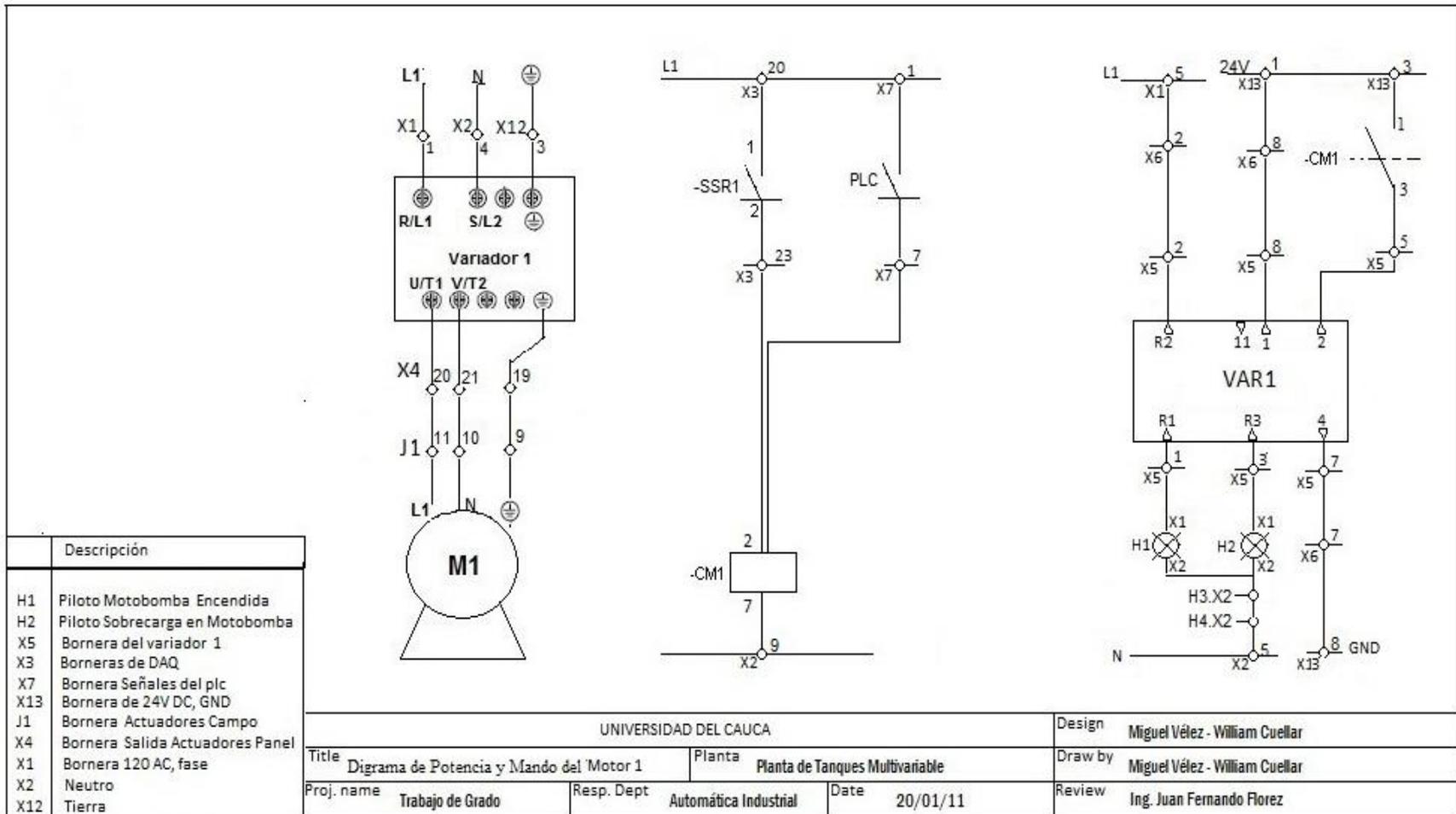
UNIVERSIDAD DEL CAUCA			Design	Miguel Vélez - William Cuellar
Title	MANDO DAQ	Planta	Planta de Tanques Multivariable	
Draw by				Miguel Vélez - William Cuellar
Proj. name	Trabajo de Grado	Resp. Dept	Automática Industrial	Date
				20/01/11
Review				Ing. Juan Fernando Florez

**Planta de Tanques Multivariable**

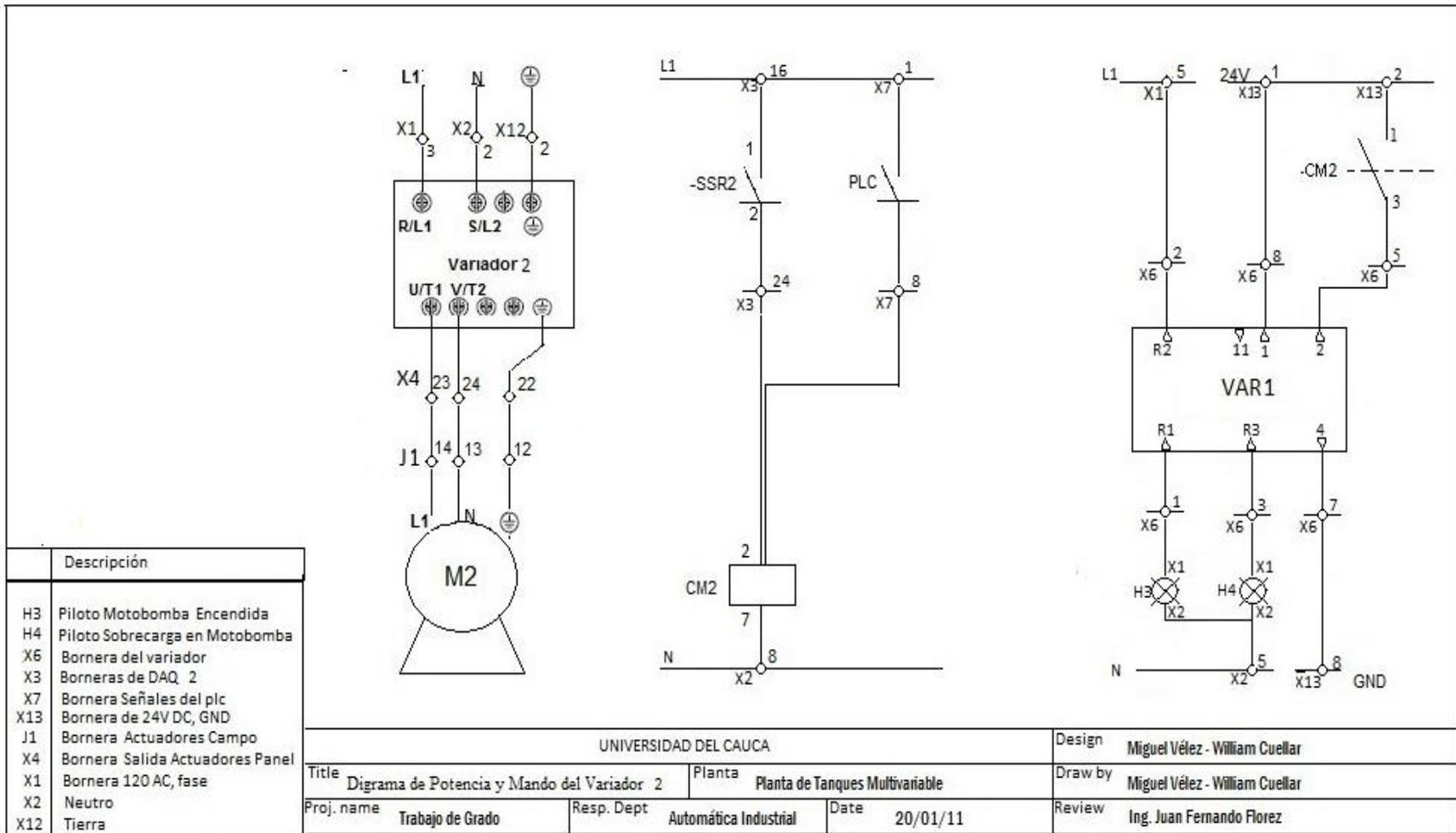


Descripción		UNIVERSIDAD DEL CAUCA			Design
X3	Borneras de DAQ	Title			Miguel Vélez - William Cuellar
X7	Bornera Señales del plc	Planta			Draw by
J1	Bornera Actuadores Campo	Planta de Tanques Multivariable			Miguel Vélez - William Cuellar
X4	Bornera Salida Actuadores Panel	Proj. name	Resp. Dept	Date	Review
X1 X2	Bornera 120 AC, fase Neutro	Trabajo de Grado	Automática Industrial	20/01/11	Ing. Juan Fernando Florez

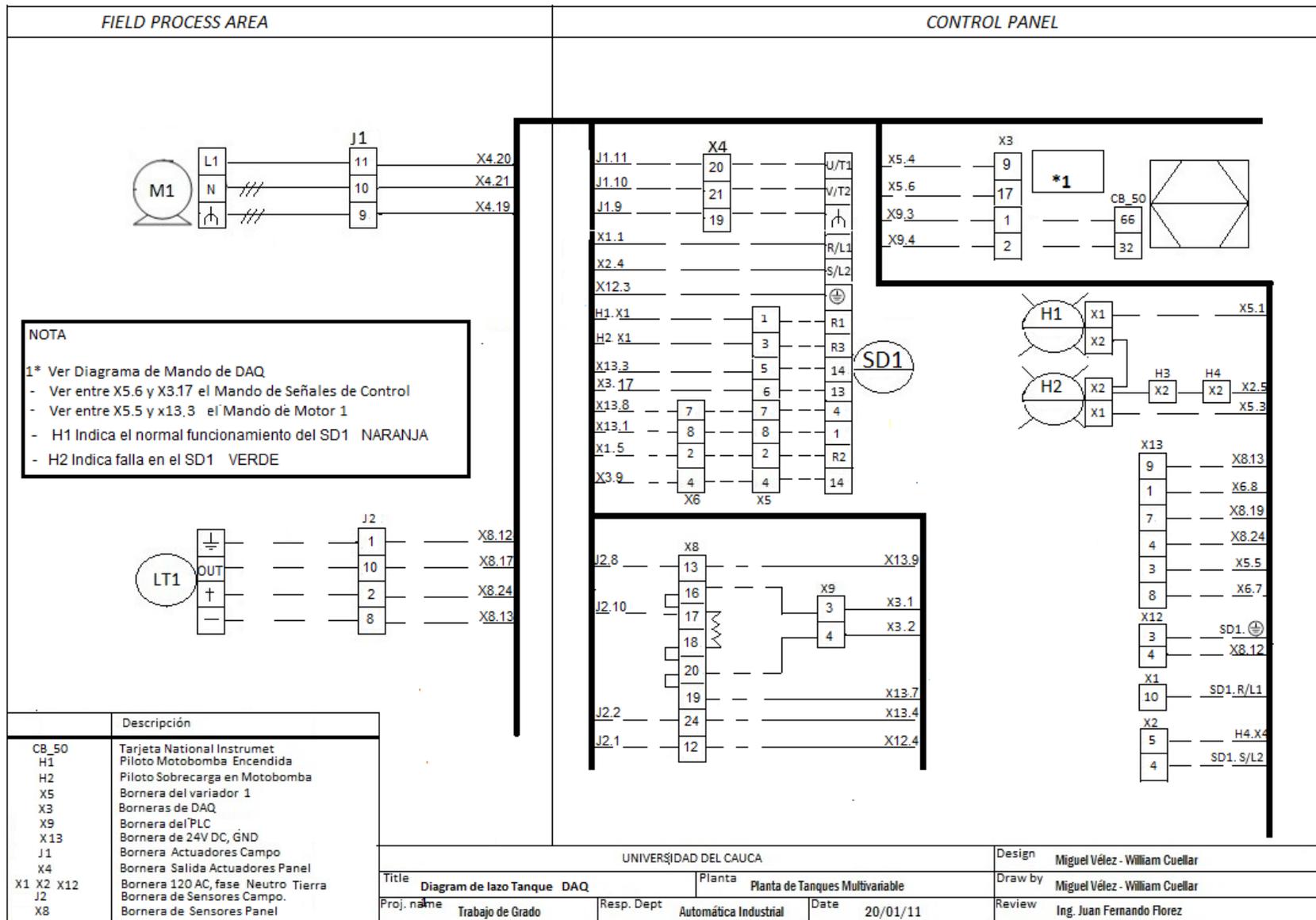
**Planta de Tanques Multivariable**



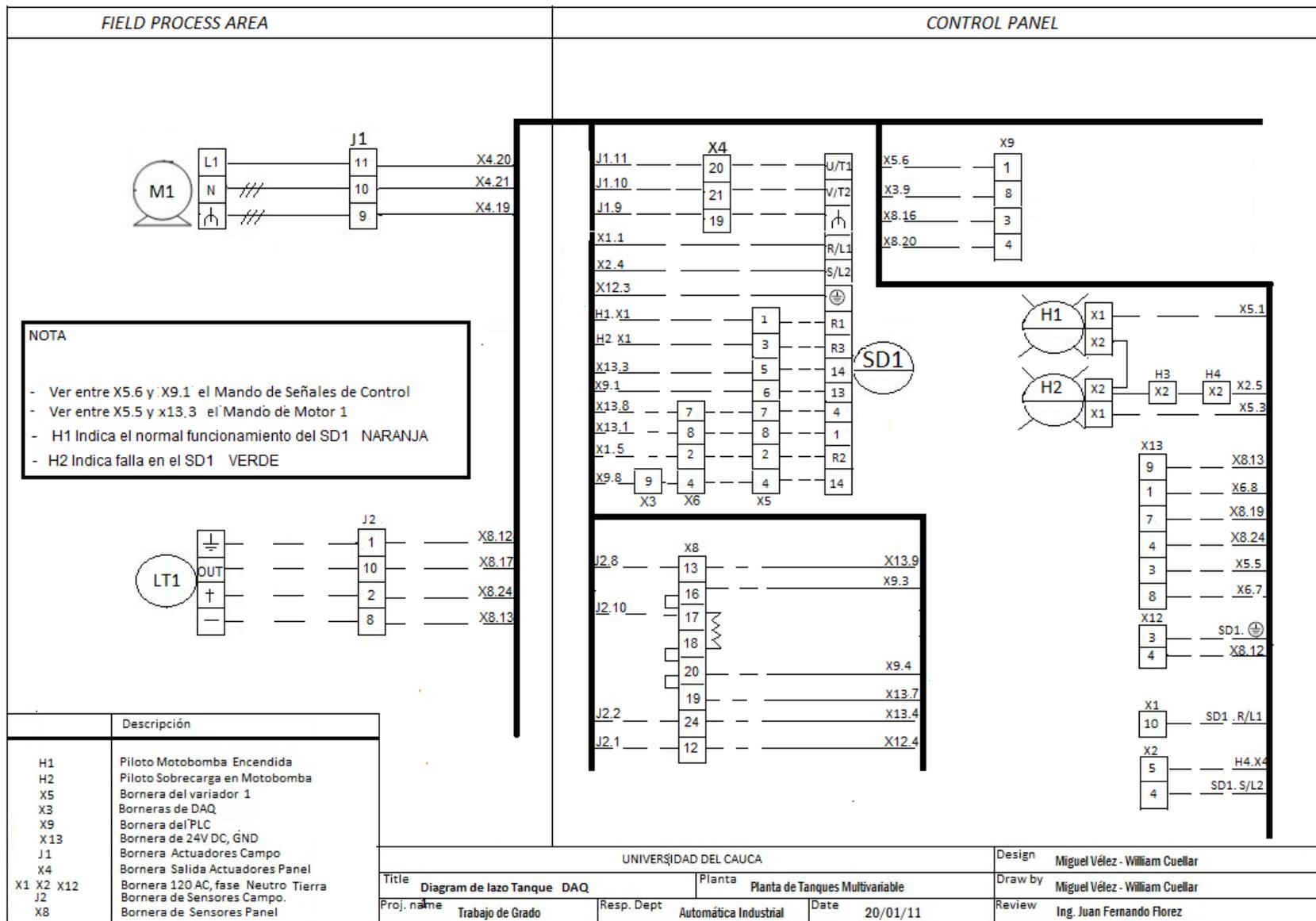
**Planta de Tanques Multivariable**



**Planta de Tanques Multivariable**

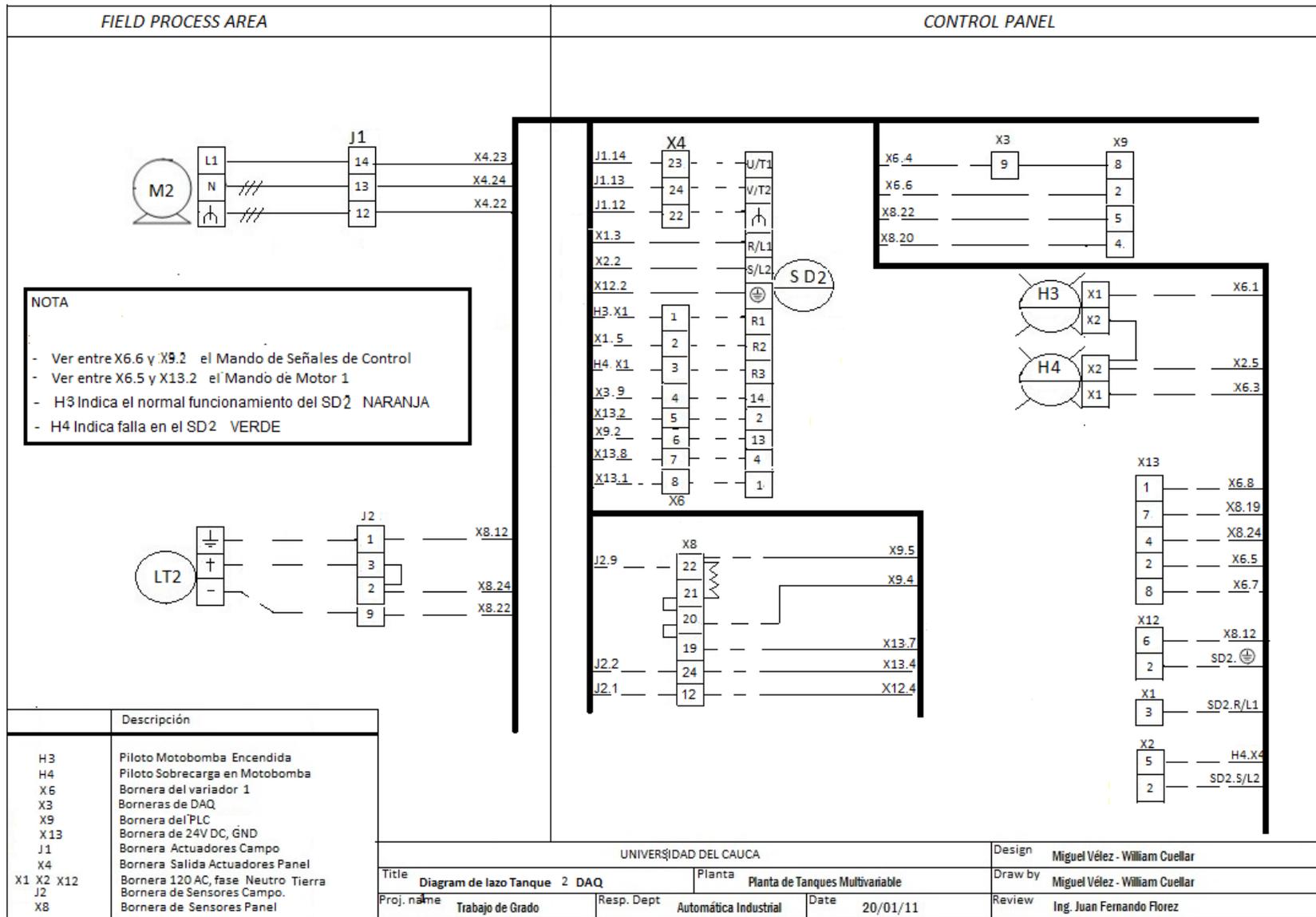


**Planta de Tanques Multivariable**

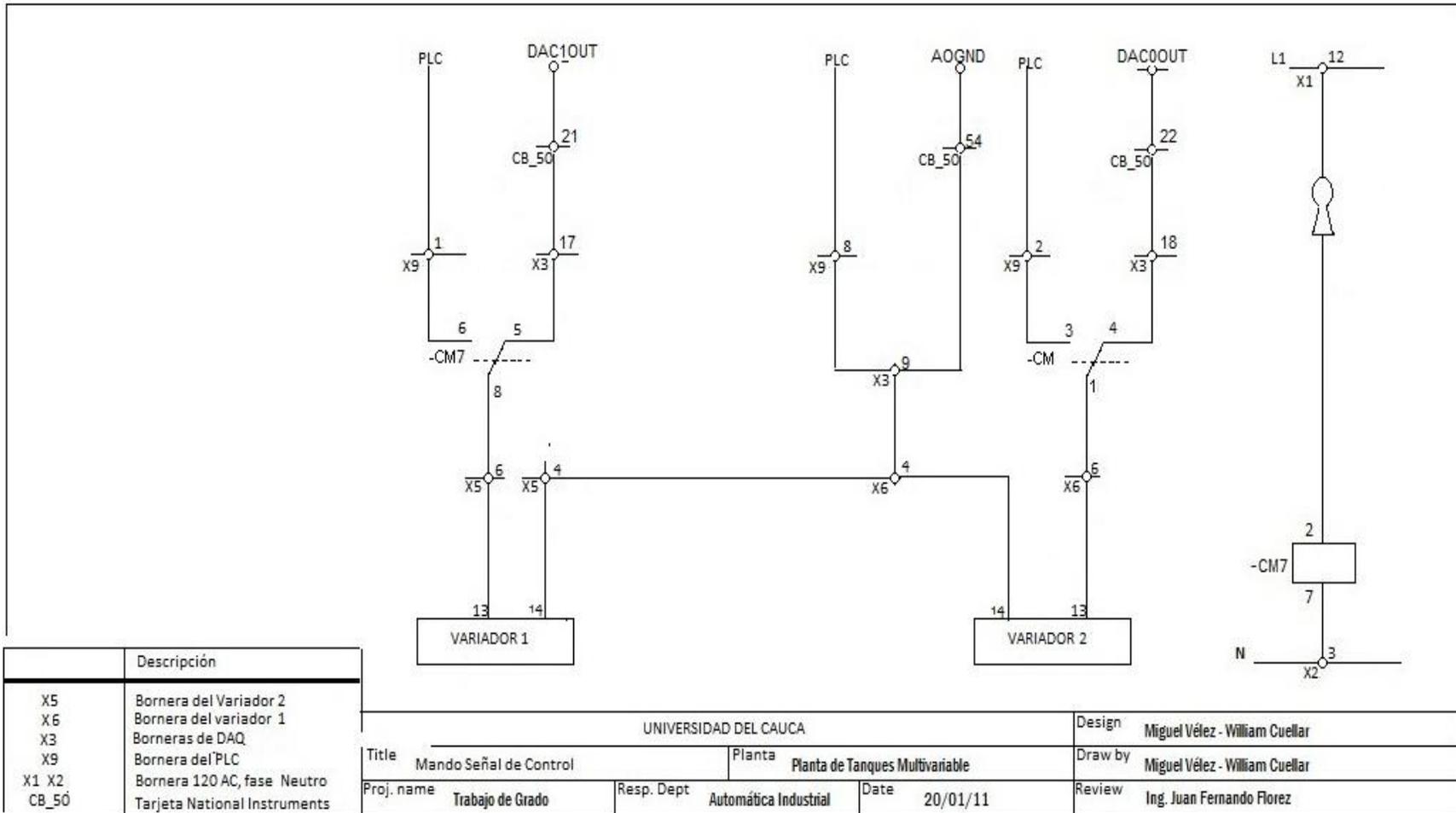




**Planta de Tanques Multivariable**



**Planta de Tanques Multivariable**



## ANEXO C

### PROGRAMACION Y CONFIGURACION

#### 1. CONFIGURACIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL ECHOPOD

Para configurar el transmisor ECHO POD es necesario utilizar el software WebCal. Este software contiene diferentes opciones de configuración (alarmas, banda muerta, entre otras) que dependiendo de las necesidades de control que se establezcan para el proceso, podrían ser utilizadas.

A continuación se muestra una figura del software utilizado (Figura 1) y de las diferentes configuraciones que se pueden establecer para el transmisor.

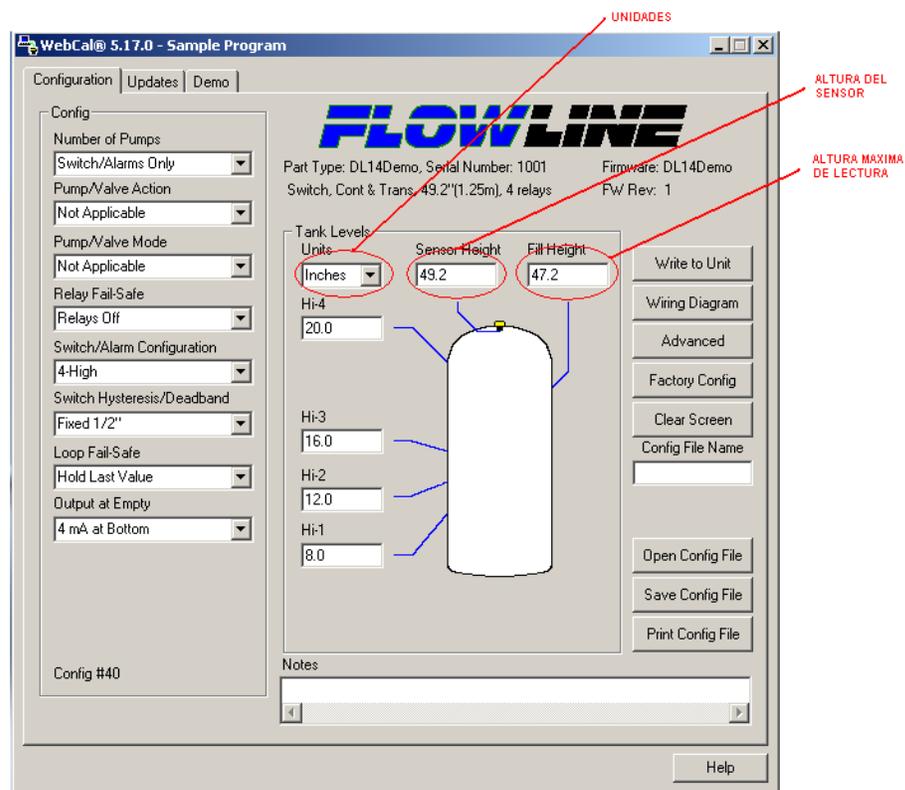


Figura 1. Aplicación Flow Line

## 2. CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DAQ PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

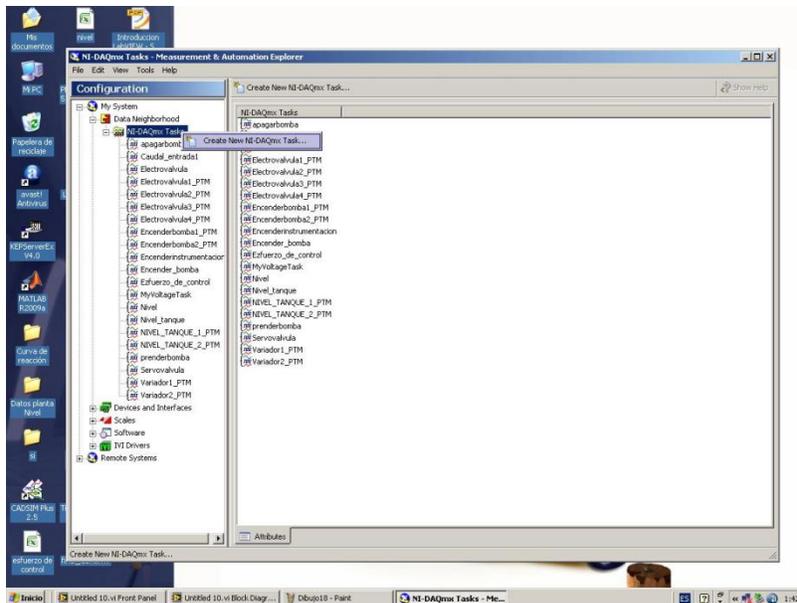
Existen dos formas de configurar la tarjeta de Adquisición de Datos para recibir y generar señales:

- a. Utilizando el software *Measurement & Automation*: este es un software de *National Instruments* que permite crear tareas para configurar las señales de entrada y de salida. Para entrar a esta aplicación, seleccione National Instruments en programas y luego *Measurement & Automation* para abrir la aplicación (Figura 2).



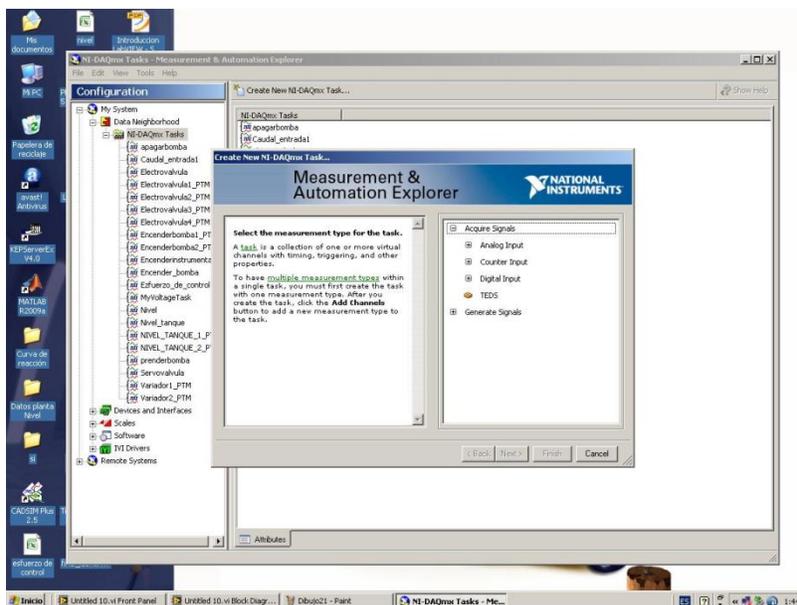
Figura 2. Inicio programa Measurement & Automation

Dentro de la aplicación seleccione *NI-DAQmx Tasks* y de clic derecho para crear una nueva tarea (Figura 3).

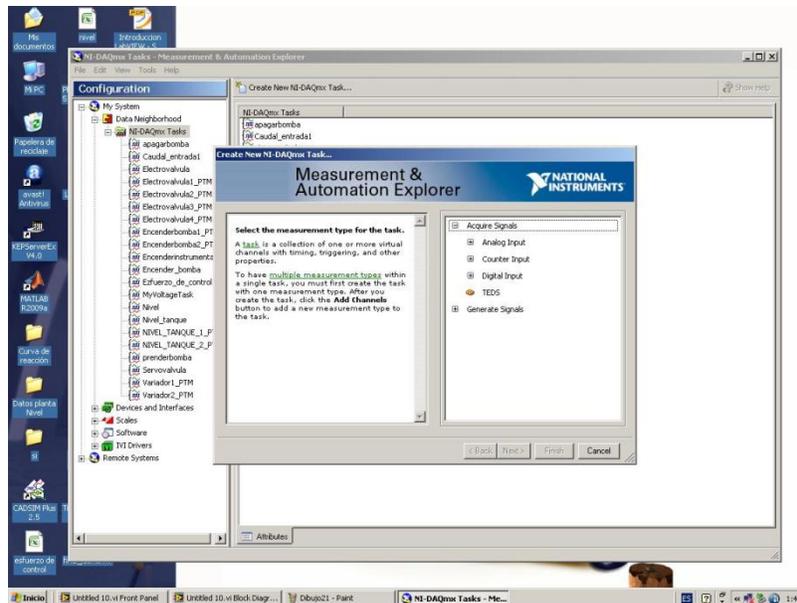


**Figura 3. Creación de una nueva tarea**

Aparece una nueva pantalla que permite seleccionar si la tarea que se va a crear va a ser de lectura (*Acquire Signals*) o de activación (*Generate Signals*) dependiendo de los requerimientos de usuario (y). Estas tareas pueden ser analógicas, contadores o digitales (Figura 4 y Figura 5).

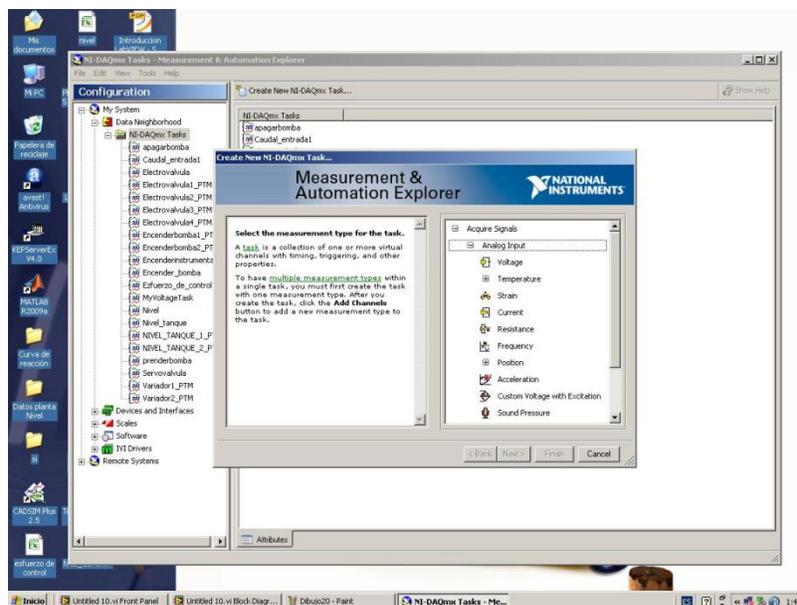


**Figura 4. Opciones para creación de una tarea de lectura**



**Figura 5. Opciones para creación de una tarea de activación**

Si se desea crear una tarea para la lectura de una señal analógica (como ejemplo para la práctica), en la subdivisión de *Acquire Signals* se debe seleccionar *Analog Input* y luego seleccionar el tipo de señal (voltaje, corriente, etc.). Para este caso, se selecciona una señal analógica de voltaje (Figura 6).



**Figura 6. Selección de una tarea analógica de voltaje**

Después se debe definir cuál es el puerto por el que la señal será medida. Este puerto está relacionado con las características de la tarjeta PCI-6024E (DAQ). En el manual de usuario de la DAQ [5] se encuentra la relación entre la tarjeta PCI-6024E y cada uno de los pines de la tarjeta CB 68-LP (interfaz entre las señales de campo y la DAQ) que se debe considerar para la conexión de los instrumentos.



Figura 7. Selección del puerto de conexión de la señal de campo

Finalmente, un nombre debe ser seleccionado para la tarea que se está creando para su identificación (Figura 8).

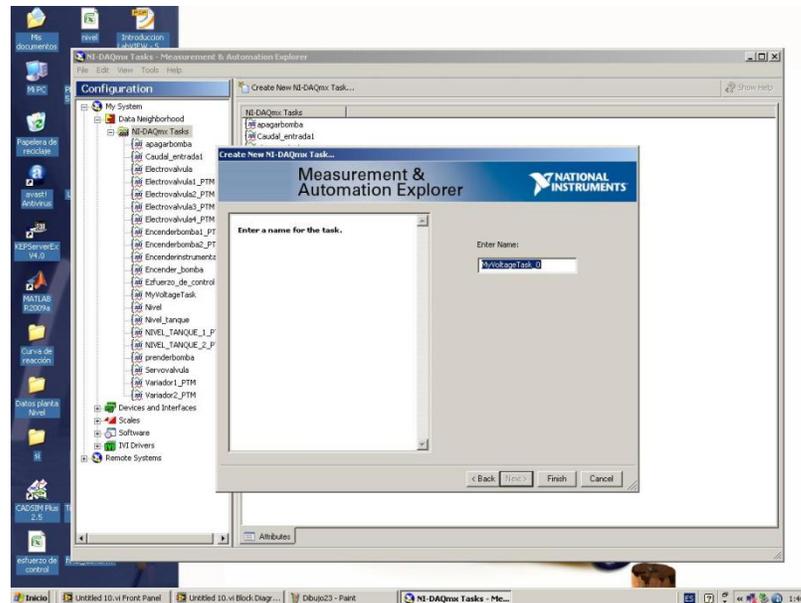


Figura 8. Identificación de la tarea creada

Cuando la tarea ha sido creada, aparece una pantalla que permitirá configurar el rango de entrada de voltaje y el modo de adquirir los datos. Una vez se configuren estos parámetros se da OK y la tarea queda creada.

NOTA: si se desea comprobar que la tarea fue creada bajo los requerimientos establecidos, en la parte superior de la pantalla se puede dar clic en “run” para observar si los valores obtenidos corresponden a lo deseado (Figura 9).

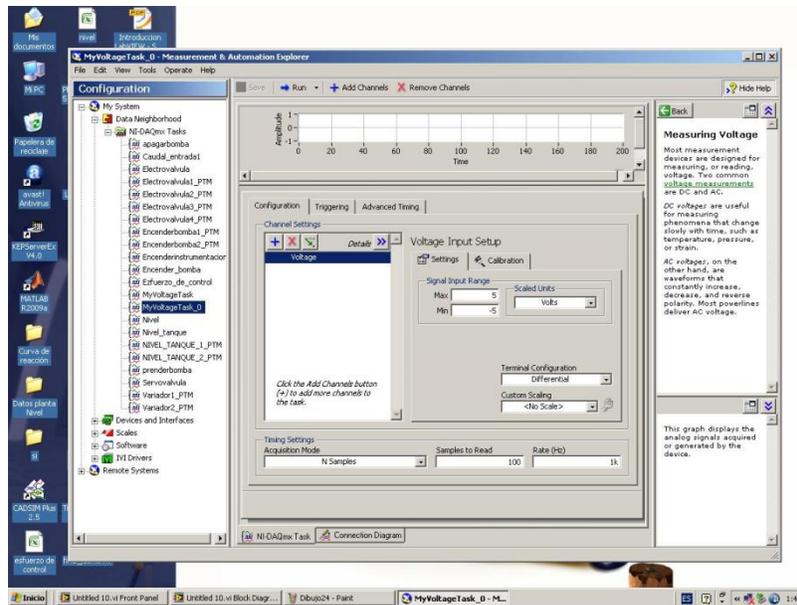


Figura 9. Configuración de la tarea creada para la adquisición de datos

- b. Utilizar el asistente DAQ en la aplicación de LabView para crear una tarea: LabView tiene dos áreas de trabajo: tablero frontal y diagramas de bloques. En el diagrama de bloques dar clic derecho y seleccionar *input* y luego *DAQ assist* (Figura 10).

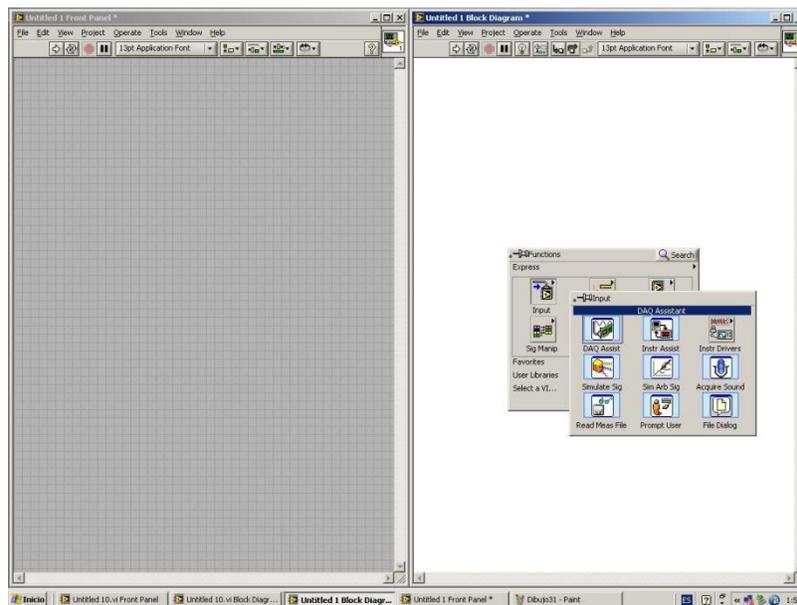


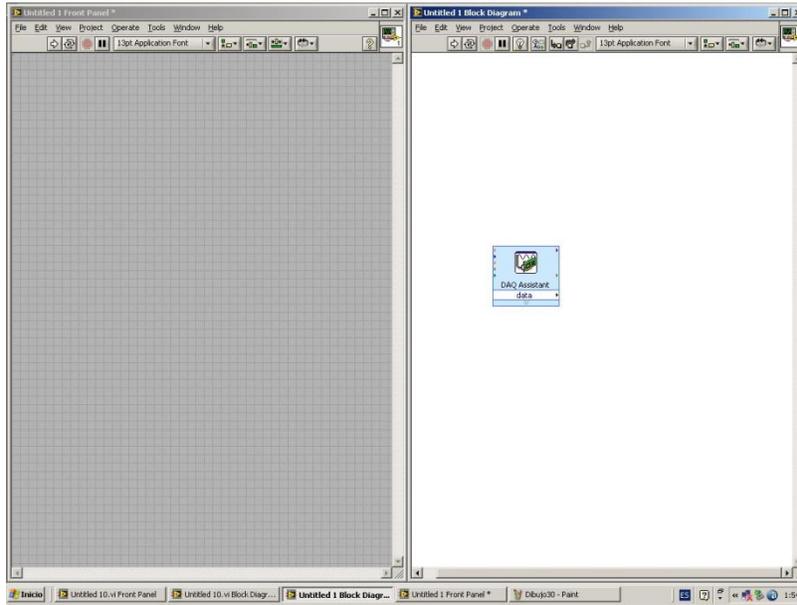
Figura 10. Selección del asistente de DAQ

La forma de crear la tarea es la misma que se hace con el software Measurement & Automation solo que en este ambiente la tarea se crea como un

## ***Planta de Tanques Multivariable***

---

bloque para ser utilizado en la programación (Figura 11).



**Figura 11. Diagrama de bloque de una tarea creada**

## ANEXO D

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en la planta:

1. Prueba 2: Parámetros
  - a. Flujo de entrada 1: 33 l/m
  - b. Flujo de entrada 2: 27,2 l/m

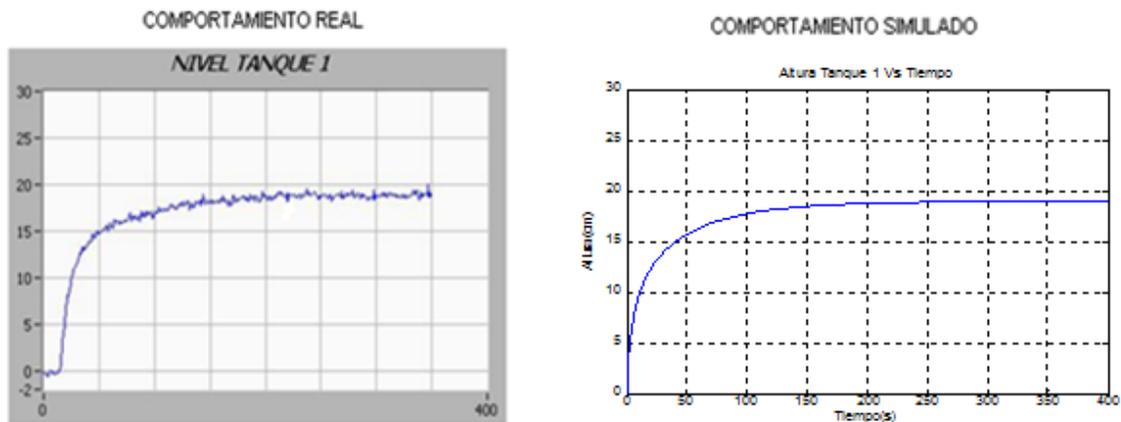


Figura 12. Prueba 2 – dinámica de funcionamiento tanque 1

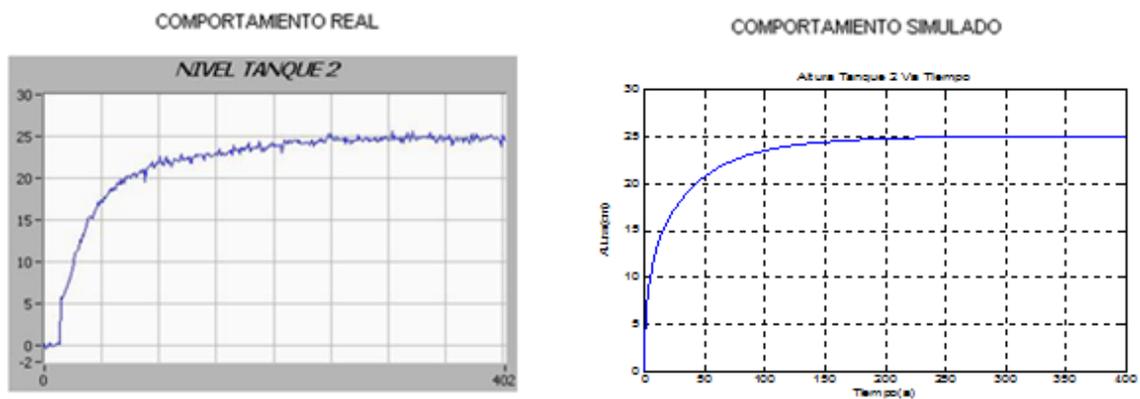


Figura 13. Prueba 2 – dinámica de funcionamiento tanque 2

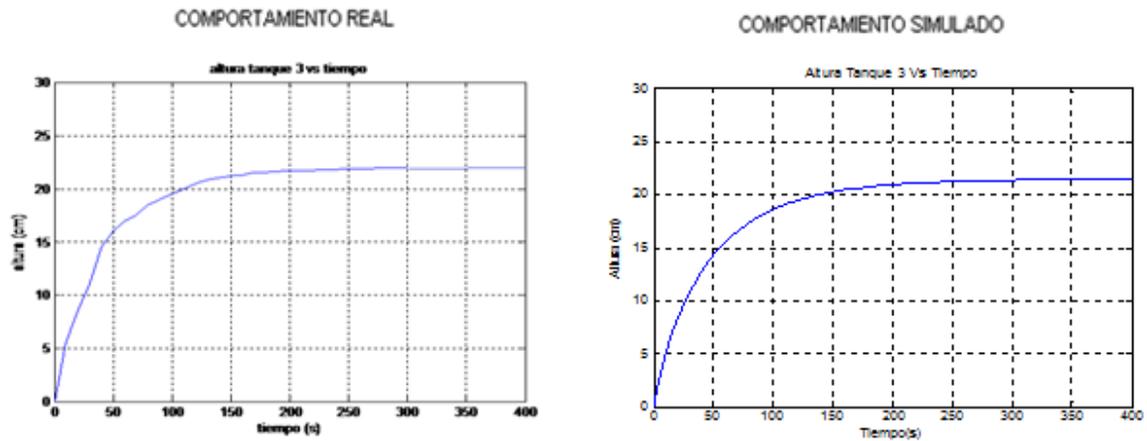


Figura 14. Prueba 2 – dinámica de funcionamiento tanque 3

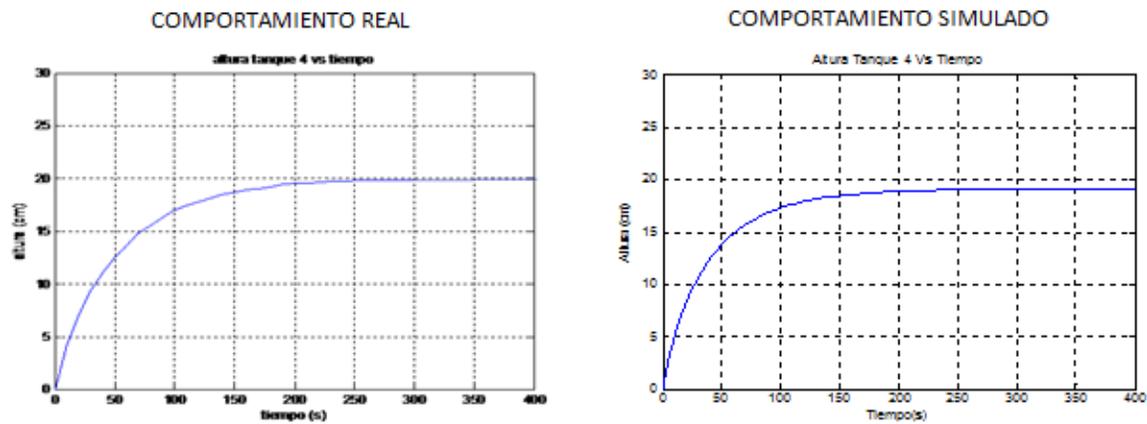


Figura 15. Prueba 2 – dinámica de funcionamiento tanque 4

- 2. Prueba 3:
  - a. Flujo de entrada 1: 24,5 l/m
  - b. Flujo de entrada 2: 20,9 l/m

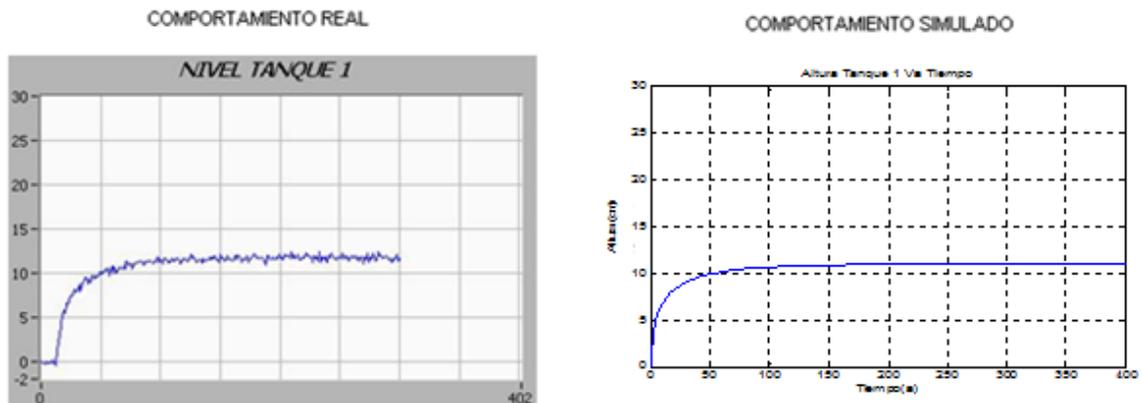


Figura 16. Prueba 3 – dinámica de funcionamiento tanque 1

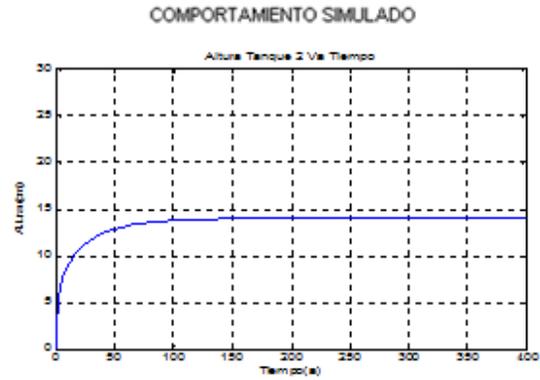


Figura 17. Prueba 3 – dinámica de funcionamiento tanque 2

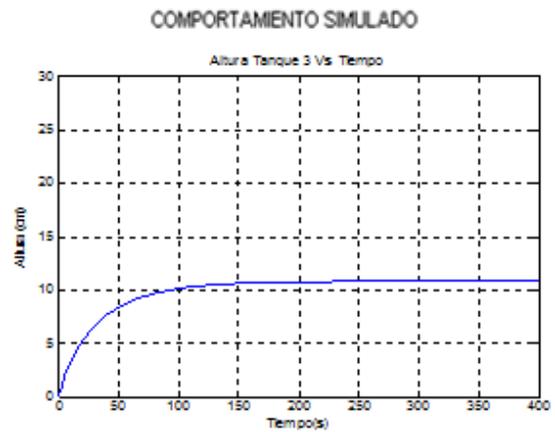
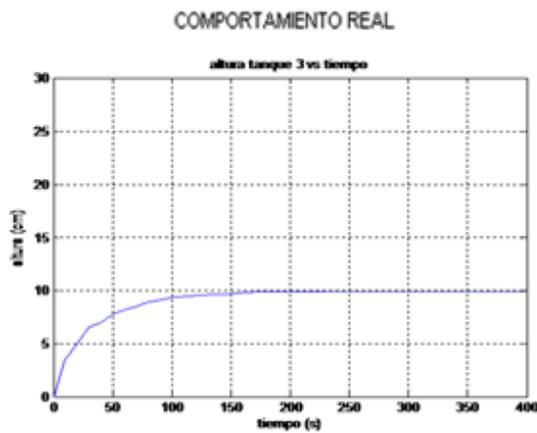


Figura 18. Prueba 3 – dinámica de funcionamiento tanque 3

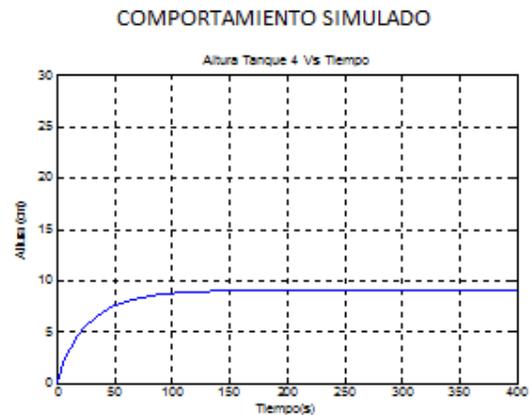
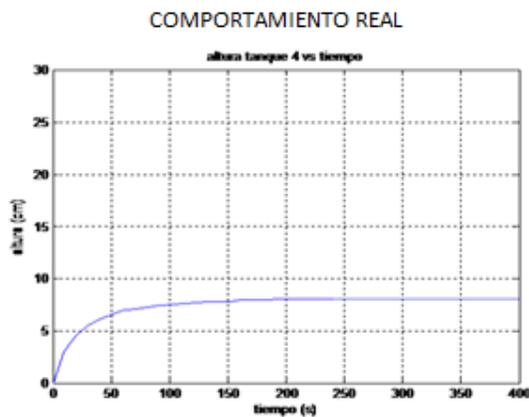


Figura 19. Prueba 3 – dinámica de funcionamiento tanque 4

- 3. Prueba 4:
  - a. Flujo de entrada 1: 33 l/m
  - b. Flujo de entrada 2: 24,5 l/m

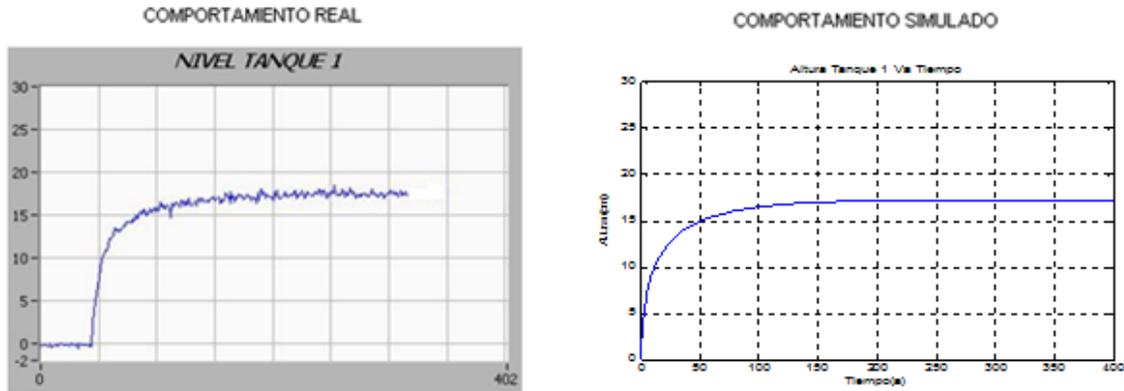


Figura 20. Prueba 4 – dinámica de funcionamiento tanque 1

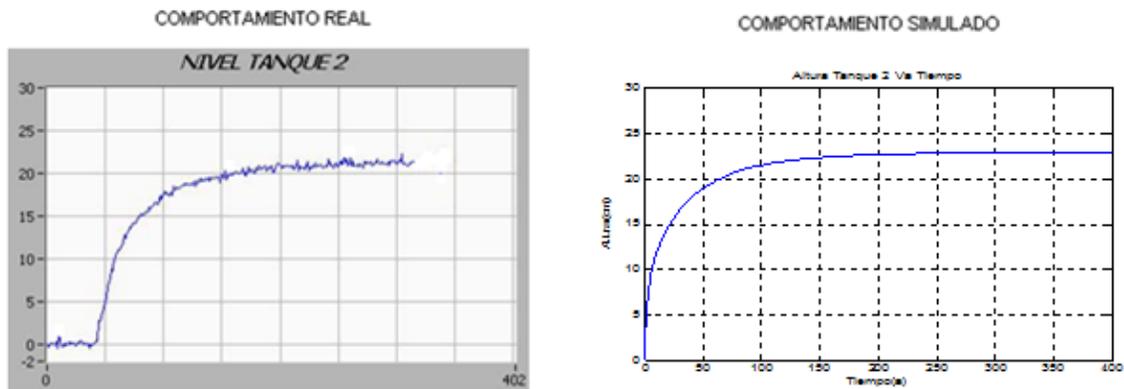


Figura 21. Prueba 4 – dinámica de funcionamiento tanque 2

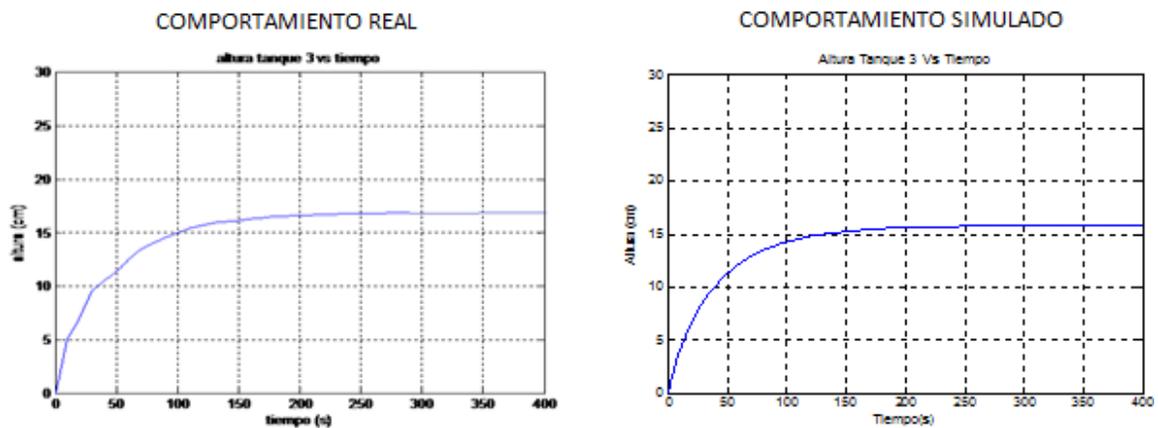


Figura 22. Prueba 4 – dinámica de funcionamiento tanque 3

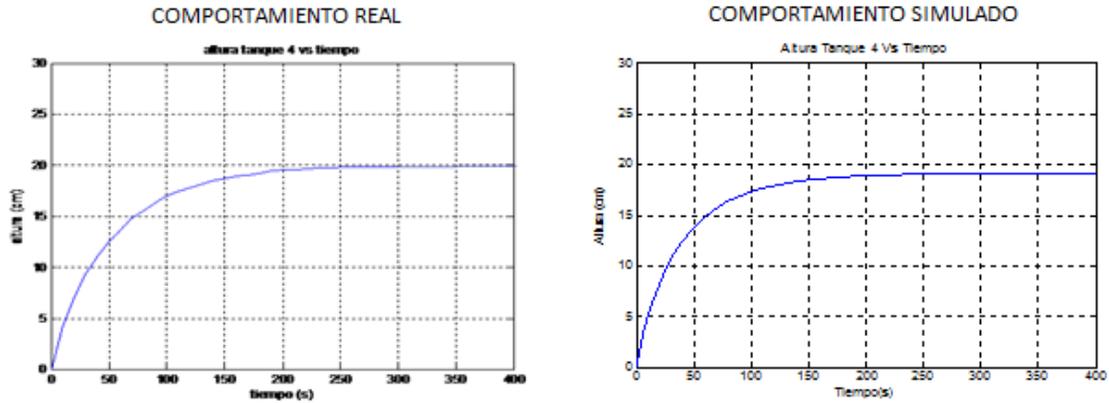


Figura 23. Prueba 4 – dinámica de funcionamiento tanque 4

4. Prueba 5: Parámetros
  - a. Flujo de entrada 1: 31 l/m
  - b. Flujo de entrada 2: 20,9 l/m

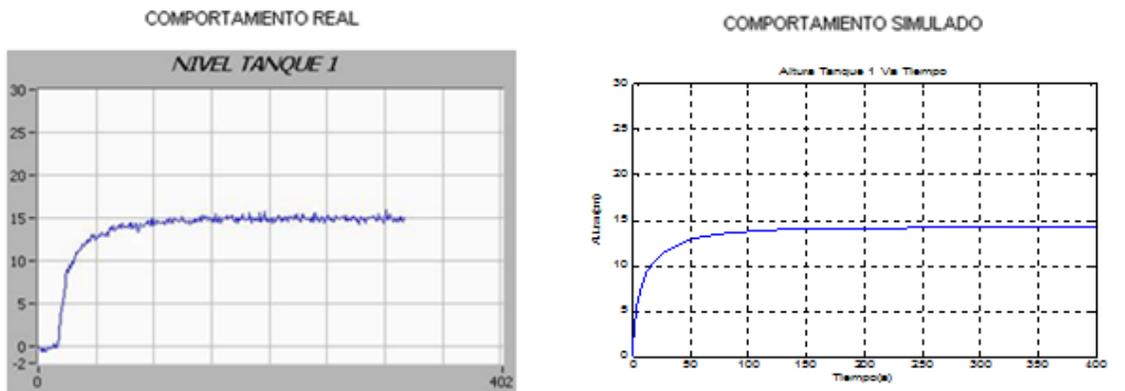


Figura 24. Prueba 5 – dinámica de funcionamiento tanque 1

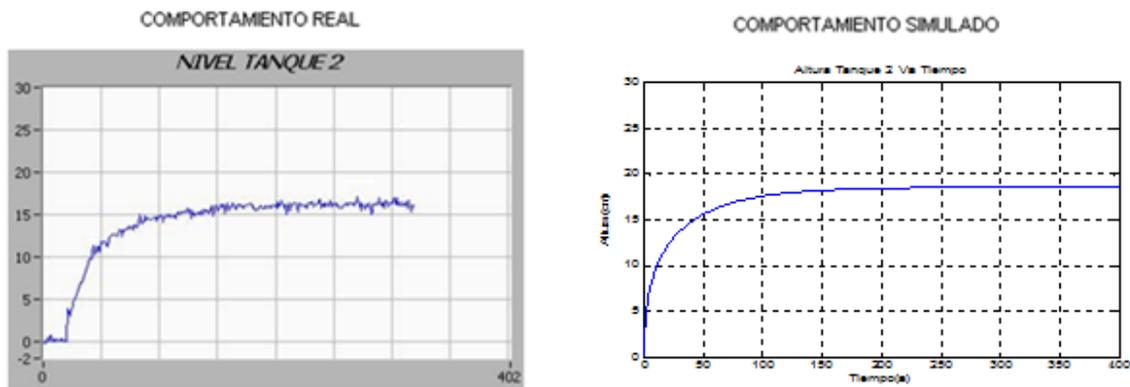
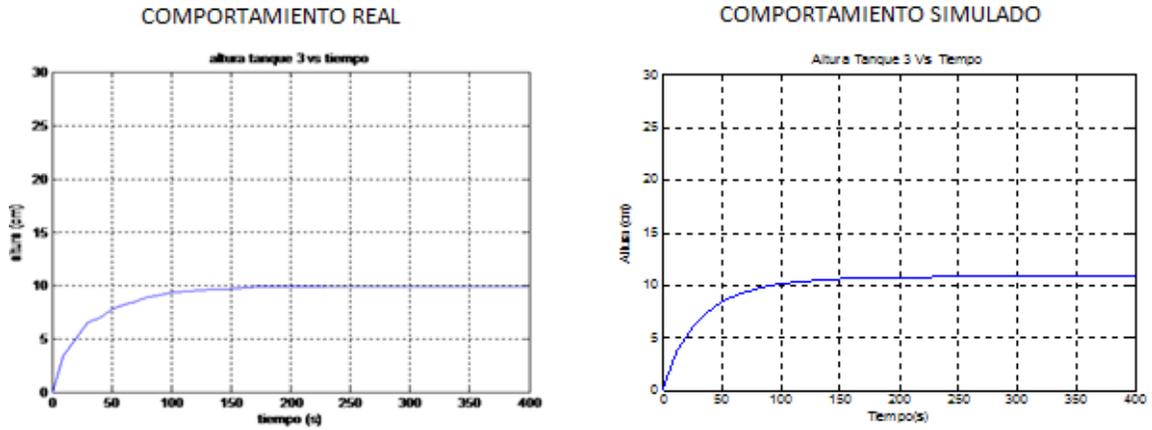
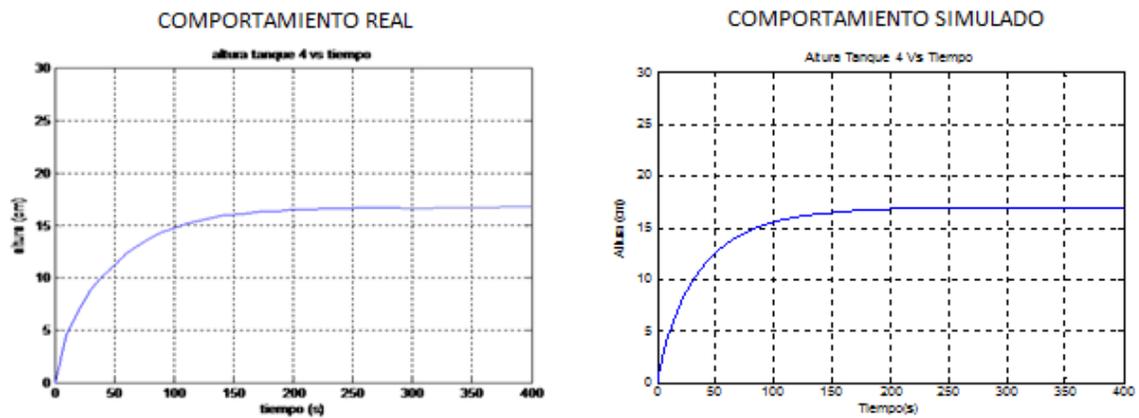


Figura 25. Prueba 5 – dinámica de funcionamiento tanque 2



**Figura 26. Prueba 5 – dinámica de funcionamiento tanque 3**



**Figura 27. Prueba 5 – dinámica de funcionamiento tanque 4**

La siguiente tabla, resume los resultados obtenidos en las cinco pruebas de funcionamiento de la planta y muestra el error en cada prueba:

flujo 1 (l/m)	flujo 2 (l/m)	tanque	Altura simulación	Altura real (cm)	error (cm)
31	24,5	1	15,5	16	0,5
		2	22	20	-2
		3	16,5	17	0,5
		4	17,2	17	-0,2
33	24,5	1	16,5	17	0,5
		2	23	21	-2
		3	16	17	1
		4	19,3	20	0,7
33	27,2	1	17,5	18	0,5
		2	25	25	0

**Planta de Tanques Multivariable**

---

		3	21,5	22	0,5
		4	19,5	20	0,5
31	20,9	1	14,5	15	0,5
		2	18,2	16,5	-1,7
		3	11	10	-1
		4	17	16,8	-0,2
24,5	20,9	1	11	12	1
		2	14	13	-1
		3	11	10	-1
		4	9	8	-1

**Tabla 1. Error de mediciones – altura de los cuatro tanques**

## **ANEXO E**

### **DOCUMENTACION DE LOS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE LA PLANTA**

#### **1. TAGS QUE DEFINEN EL ÁREA DE TRABAJO**

**Nombre de la planta:** Laboratorio de control de procesos industriales.

Código: 1.

**Nombre del área:** Planta de Tanques Multivariable

Código: 7.

Como el área es muy pequeña no requiere ser subdividida en secciones por lo tanto el código asignado al carácter sección es 0.

Código Siemens CEMAT: 170. Este código aparecerá cuando se definan los TAGs para cada instrumento y las señales presentes en la planta.

#### **2. TAGS QUE REPRESENTAN LOS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

##### **TANQUES DE ALMACENAMIENTO:**

- WT1: Tanque de agua No.1
- WT2: Tanque de agua No.2
- WT3: Tanque de agua No.3
- WT4: Tanque de agua No.4
- WT5: Tanque de agua No.5 o pulmón.
- WT6: Tanque de agua No.6 o pulmón.

##### **MOTOBOMBAS:**

- PP1: Motobomba No. 1.
- PP2: Motobomba No. 2.

##### **ELECTROVALVULAS:**

- VV1: Electro válvula No.1.
- VV2: Electro válvula No.2.
- VV3: Electro válvula No.3.
- VV4: Electro válvula No.4.

**VALVULAS MANUALES:**

- MV1: Válvula manual de paso que controla la cantidad de flujo que se deriva por la tubería de Bypass a la salida del tanque No.1.
- MV2: Válvula manual de paso para controlar la cantidad de flujo que se deriva de la tubería principal por la electroválvula No.1.
- MV3: Válvula manual de paso para alimentar el tanque No.3.
- MV4: Válvula manual de paso para alimentar el tanque No.1.
- MV5: Válvula manual de paso para controlar la cantidad de flujo que se deriva de la tubería principal por la electroválvula No.2
- MV6: Válvula manual de paso que controla la cantidad de flujo que se deriva por la tubería de Bypass a la salida del tanque No.2.
- MV7: Válvula manual de paso para controlar la cantidad de flujo que se deriva de la tubería principal por la electroválvula No.3.
- MV8: Válvula manual de paso para alimentar el tanque No.2.
- MV9: Válvula manual de paso para alimentar el tanque No.4.
- MV10: Válvula manual de paso para controlar la cantidad de flujo que se deriva de la tubería principal por la electroválvula No.4.

**TRANSMISORES DE CAUDAL:**

- FT1: Transmisor de caudal de entrada al tanque No.1.
- FT2: Transmisor de caudal de entrada al tanque No.2.

**TRANSMISORES DE NIVEL:**

- LT1: Transmisor de nivel del tanque No.1.
- LT1: Transmisor de nivel del tanque No.2.

**TUBERIA:**

- PI1: Tubería de 1 pulgada para la succión del agua por la motobomba PP1.
- PI2: Tubería de 1 pulgada para la succión del agua por la motobomba PP2.
- PI3: Tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada entre la salida de la motobomba PP1 y la 1ª T.
- PI4: Tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada entre la salida de la motobomba PP2 y la 1ª T.
- PI5: Tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada entre la 1ª y 2ª T y 1ª unión universal (PP1).
- PI6: Tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada entre la 1ª y 2ª T y 1ª unión universal (PP2).

- PI7: by-pass de la motobomba PP1 (tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada)
- PI8: by-pass de la motobomba PP2 (tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada)
- PI9: Tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para alimentar tanque 1
- PI10: Tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para alimentar tanque 2
- PI11: Disturbio alimentación tanque 1 (tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada)
- PI12: Disturbio alimentación tanque 2 (tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada)
- PI13: Tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para alimentar tanque 3
- PI14: Tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para alimentar tanque 4
- PI15: Desagüe tanque 3 (tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada)
- PI16: Desagüe tanque 4 (tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada)
- PI17: Desagüe tanque 1 (tubería de 1  $\frac{1}{2}$  pulgada)
- PI18: Desagüe tanque 2 (tubería de 1  $\frac{1}{2}$  pulgada)
- PI19: Disturbio tanque 1 (tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada)
- PI20: Disturbio tanque 2 (tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada)
- PI21: Desagüe de emergencia ppal. (caída al tanque pulmón – tanques 1-2)
- PI22: Subida desagüe de emergencia ppal. (tanque 3-4– tanques 1-2)
- PI23: Desagüe de emergencia tanque 1-2 (tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada)
- PI24: Desagüe de emergencia tanque 3-4 (tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada)
- PI25: Unión de los dos tanques pulmón (tubería de 1 pulgada)

### **3. TAGS QUE REPRESENTAN LAS VARIABLES A MEDIR Y LAS ACCIONES QUE LAS CONTROLAN**

LZ1: Señal analógica que indica el nivel del agua en el tanque WT1

LZ2: Señal analógica que indica el nivel del agua en el tanque WT2

QZ1: Señal analógica que indica el caudal de entrada al tanque WT1

QZ2: Señal analógica que indica el caudal de entrada al tanque WT2

MD1: Acción sobre la motobomba PP1 por medio de una señal digital enviada desde la DAQ para encenderla.

MD2: Señal digital sobre la motobomba PP2 para encenderla.

XD1: Acción sobre la electroválvula VV1 por medio de una señal digital enviada desde la DAQ.

XD2: Señal digital enviada de la DAQ que actúa sobre la electroválvula VV2.

XD3: Acción sobre la electroválvula VV3 por una señal digital enviada desde la DAQ.

XD4: Señal digital enviada de la DAQ que actúa sobre la electroválvula VV4.

SZ1: Controla la velocidad de la motobomba PP1

SZ2: Controla la velocidad de la motobomba PP2

H1: Indica estado OK del variador VS1

H2: señal que indica estado de falla del variador VS1

H3: señal que indica estado OK del variador VS2

H4: Indica que el variador VS2 está en falla

#### **4. TAGS QUE REPRESENTAN LAS SEÑALES QUE ACTUAN SOBRE CADA EQUIPO EN LA SECCION DE TRABAJO**

##### **ENTRADAS**

- *Para los tanques de almacenamiento WT1 y WT2:*

##### **SEÑALES ANALÓGICAS**

La planta cuenta con cuatro sensores utilizados para medir los niveles del agua y el caudal de entrada en los tanques WT1 y WT2. Estos sensores envían una señal a la Tarjeta de Adquisición de Datos para propósitos de monitoreo de los valores medidos.

- AO1, AO2 y AO3: TAGs que representan las señales analógicas generadas para medir e indicar el nivel de agua en los tanques

WT1 y WT2.

TAGs utilizados: 170.WT1/AO1 (sensor de nivel del tanque WT1)  
170.WT2/AO2 (sensor de nivel del tanque WT2)  
170.WT2/AO3 (Señal sensor de caudal tanque WT2)

- DO1: Señales analógicas que corresponden a los valores de caudal a la entrada de cada tanque.

TAGs utilizados: 170.WT1/DO1 (Señal sensor de caudal tanque WT1)

## **SALIDAS**

- *Para los variadores de velocidad:*

### **SEÑALES DISCRETAS**

Las motobombas son las encargadas del suministro de agua a los tanques WT1, WT2, WT3 y WT4. El diseño de la planta permite que a través de variadores de velocidad se puedan encender o apagar las motobombas PP1 y PP2 por señales enviadas desde la DAQ.

- MD1: Señal que permitirá enganchar la motobomba PP1 mediante la habilitación del flujo eléctrico hacia la misma y con esto, activar el suministro de agua a los tanques WT1 y WT4. Al desactivarse esta señal, la motobomba PP1 se apagará.

TAG utilizado: 170.VV1/MD1 (Señal de encendido motobomba PP1)

- MD2: Habilita el flujo eléctrico hacia la motobomba PP2 y permite el suministro de agua a los tanques WT2 y WT3. La motobomba PP2 se apaga al deshabilitar esta señal.

TAG utilizado: 170.VV2/MD2 (Señal de encendido motobomba PP2).

## **SEÑALES ANALÓGICAS**

La planta cuenta con dos variadores de velocidad que controlan la cantidad de caudal que deberán succionar las motobombas a partir de la frecuencia con la que trabaje. Estas señales son analógicas de 4 – 20mA.

TAGs utilizados: 170.VS1/SZ1 (Control de velocidad motobomba PP1)  
170.VS2/SZ2 (Control de velocidad motobomba PP2)

- *Para las electroválvulas:*

## **SEÑALES DISCRETAS**

El circuito hidráulico cuenta con una derivación en cada tubería de entrada a los tanques WT1 y WT2 para reducir la cantidad de agua suministrada. De igual manera, los tanques WT1 y WT2 cuentan con tuberías adicionales a las de desagüe, ubicadas en su base, para generar mayor caudal de salida de los tanques con el propósito de generar cambios en la dinámica de la planta. Estas señales pueden ser activadas en cualquier momento desde la interfaz hombre – máquina.

- XD1: Al activarse esta señal la electroválvula VV1 se abre y el caudal que va dirigido al tanque WT1 disminuye debido a la derivación de la tubería de entrada al tanque.

TAG utilizado: 170.VV1/XD1

- XD2: Señal que activa la electroválvula VV2 y genera que una mayor cantidad de agua salga del tanque WT1.

TAG utilizado: 170.VV2/XD2

- XD3: Esta señal abre la electroválvula VV3 y el caudal que entra al tanque WT2 disminuye debido a la derivación que tiene la tubería de entra al tanque.

TAG utilizado: 170.VV3/XD3

- XD4: Activa la electroválvula VV4 y el caudal de salida del tanque WT2 aumenta.  
TAG utilizado: 170.VV4/XD4
- *Para el tablero de control:*

### **SEÑALES DISCRETAS**

El tablero de control cuenta con un modulo de 4 indicadores que muestran el estado de los variadores. Estas señales serán activas dependiendo de la señal de estado entregada por los variadores.

- H1: Este bombillo indicará que el variador VS1 está funcionando correctamente y permanecerá en este estado siempre y cuando no ocurra una falla en el funcionamiento del variador.

TAG utilizado: 170.VS1/H1

- H2: Bombillo utilizado para indicar falla en el funcionamiento del variador VS1.

TAG utilizado: 170.VS1/H2

- H3: Este bombillo indicará que el variador VS2 está funcionando correctamente y permanecerá en este estado siempre y cuando no ocurra una falla en el funcionamiento del variador.

TAG utilizado: 170.VS2/H3

- H4: Bombillo utilizado para indicar falla en el funcionamiento del variador VS2.

TAG utilizado: 170.VS2/H4

**5. TABLA: “LISTA DE SEÑALES SECCIÓN 170”**

<b>TABLA No. 1: LISTA DE SEÑALES SECCION 170</b>					
10 - 06 - 2011					
TAG					
123	456	789	PLANO No.	TIPO	I/O
170	WT1	AI1	J-001-A	ANALOGICA	I
170	WT2	AI2	J-001-A	ANALOGICA	I
170	WT1	DI1	J-001-A	DIGITAL	I
170	WT2	DI2	J-001-A	DIGITAL	I
170	VV1	MD1	J-001-A	DIGITAL	O
170	VV2	MD2	J-001-A	DIGITAL	O
170	VV1	XD1	J-001-A	DIGITAL	O
170	VV2	XD2	J-001-A	DIGITAL	O
170	VV3	XD3	J-001-A	DIGITAL	O
170	VV4	XD4	J-001-A	DIGITAL	O
170	VS1	LZ1	J-001-A	ANALOGICA	O
170	VS2	LZ2	J-001-A	ANALOGICA	O

**Tabla 2. Lista de señales sección 170**

**6. TABLA: “LISTA DE INSTRUMENTOS ÁREA 7”**

<b>TABLA No. 3: LISTA DE INSTRUMENTOS</b>					
JUN - 10 - 2011					
TAG					
123	456	789	PLANO No.	DESCRIPCION	RANGO
170	PP1	AI1	-	Sensor y trasmisor de flujo Series SFI-800 W.E, Anderson	0-5V
170	PP1	AI2	-	Trasmisor de flujo +GF SIGNET 8550-1	4 - 20mA
170	PP2	DI3	-	Sensor y Transmisor ultrasónico de nivel Echopod	4 - 20mA
170	PP2	DI4	-	Sensor y Transmisor ultrasónico de nivel U - GAGE	4 - 20mA

**Tabla 3. Lista de instrumentos área 7**

**7. TABLA QUE DESCRIBE INSTRUMENTOS ASOCIADOS CON LOS PLANOS TÍPICOS DE CABLEADO**

	<b>ELEMENTO</b>	<b>DETALLE</b>	<b>ACCION</b>
1	-CM1	Relé electromecánico	Arranque de la motobomba PP1 desde la DAQ
2	-CM2	Relé electromecánico	Arranque de la motobomba PP2 desde la DAQ
3	-CM3	Relé electromecánico	Activación electroválvula VV1
4	-CM4	Relé electromecánico	Activación electroválvula VV2
5	-CM5	Relé electromecánico	Activación electroválvula VV3
6	-CM6	Relé electromecánico	Activación electroválvula VV4
7	-SSR1	Relé de estado sólido	Acción de mando sobre el relé -CM1 motobomba PP1
8	-SSR2	Relé de estado sólido	Acción de mando sobre el relé -CM2 motobomba PP2
9	-SSR3	Relé de estado sólido	Acción de mando sobre el relé -CM3 electroválvula VV1
10	-SSR4	Relé de estado sólido	Acción de mando sobre el relé -CM4 electroválvula VV2
11	-SSR5	Relé de estado sólido	Acción de mando sobre el relé -CM5 electroválvula VV3
12	-SSR6	Relé de estado sólido	Acción de mando sobre el relé -CM6 electroválvula VV4
13	-H1	Luminaria	Luz piloto que indica el encendido de la motobomba PP1
14	-H2	Luminaria	Luz piloto que indica que la motobomba PP1 esta parada
15	-H3	Luminaria	Luz piloto que indica el encendido de la motobomba PP2
16	-H4	Luminaria	Luz piloto que indica que la motobomba PP2 esta parada
15	X1	Bornera	Distribución de alimentación de 110 VCA
16	X3	Bornera	Distribución de las entradas (sensores) y salidas (relés CM1-CM6) discretas y analógicas de la DAQ
17	X4	Bornera	Señales de salida para el control de las motobombas PP1 y PP2 y las cuatro electroválvulas
18	X8	Bornera	Señales de entrada provenientes de los sensores de caudal y de nivel.
19	X5	Bornera	Bornera Variador 1
20	X6	Bornera	Bornera Variador 2
21	X2	Bornera	Neutro
22	X13	Bornera	Alimentación de 24 VDC y tierra
23	X9	Bornera	Señales de entrada de los sensores y señales de mando de los variadores del PLC
24	X7	Bornera	Señales de activación de las dos motobombas y las cuatro electroválvulas del PLC

25	X12	Bornera	Tierra
----	-----	---------	--------

**Tabla 4. Instrumentos asociados a los típicos de cableado**

**8. TABLA: "ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LA DAQ"**

I/O	TIPO	TAG			DESCRIPCIÓN	RANGO
		123	456	789		
9	DIGITAL				Tierra digital	-
16	DIGITAL				Activación motobomba PP2	0 - 5V
17	DIGITAL				Activación de la electroválvula VV4	0 - 5V
19	DIGITAL				Activación de la electroválvula VV1	0 - 5V
21	ANALOGA				Señal de control de velocidad motor PP1	0 - 10V
22	ANALOGA				Señal de control de velocidad motor PP2	0 - 10V
32	ANALOGA				Tierra análoga	-
34	ANALOGA				Transmisor de nivel que indica la altura del agua en el tanque 2	4 - 20 mA
47	DIGITAL				Recepción de pulsos para lectura de caudal de entrada al tanque WT1	0 - 5V
	ANALOGA				Recepción de pulsos para lectura de caudal de entrada al tanque WT2	4 - 20 mA
49	DIGITAL				Activación de la electroválvula VV3	0 - 5V
51	DIGITAL				Activación motobomba PP1	0 - 5V
52	DIGITAL				Activación de la electroválvula VV2	0 - 5V
66	ANALOGA				Transmisor de nivel que indica la altura del agua en el tanque 1	4 - 20 mA

**Tabla 5. Asignación de entradas y salidas de la DAQ**

## ANEXO F

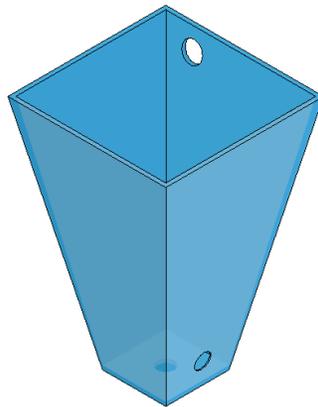
### DISEÑO FÍSICO DE LA PLANTA EN 3D

Para poder hacer la implementación final, se hizo el diseño de toda la planta utilizando el software de Solid Edge que permitió ver en 3D el modelo final. Este diseño fue realizado a escala real, ya que las longitudes y los tamaños de las tuberías, estructura y tanques definidos en esta herramienta serían las medidas reales en la implementación.

Este anexo solo muestra las figuras finales obtenidas para cada parte de la planta; el proyecto cuenta con una documentación digital en la que se encuentran una carpeta con cada una de las piezas diseñadas en Solid Edge que pueden ser vistas en el software y obtener sus medidas.

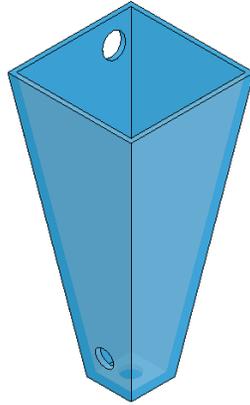
#### 1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO:

##### a. TANQUE 1: TANQUE DE ÁREA VARIABLE



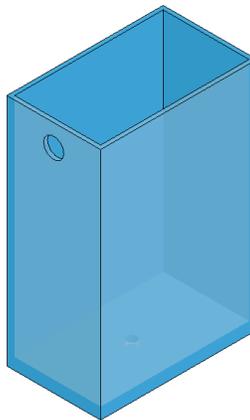
**Figura 28. Tanque de almacenamiento 1**

##### b. TANQUE 2: TANQUE DE ÁREA VARIABLE



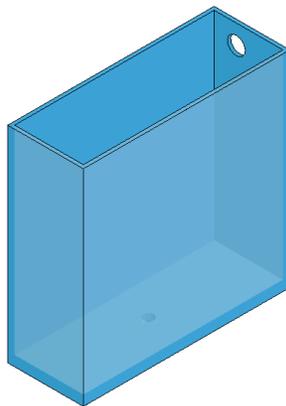
**Figura 29. Tanque de almacenamiento 2**

**c. TANQUE 3: TANQUE DE ÁREA CONSTANTE**



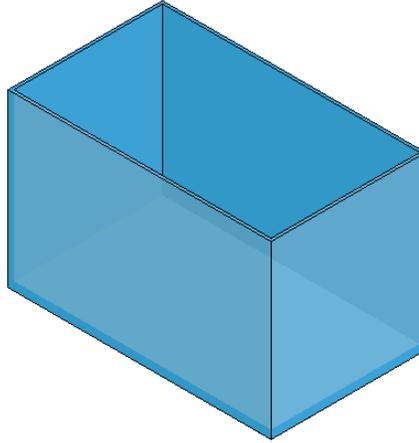
**Figura 30. Tanque de almacenamiento 3**

**d. TANQUE 4: TANQUE DE ÁREA CONSTANTE**



**Figura 31. Tanque de almacenamiento 4**

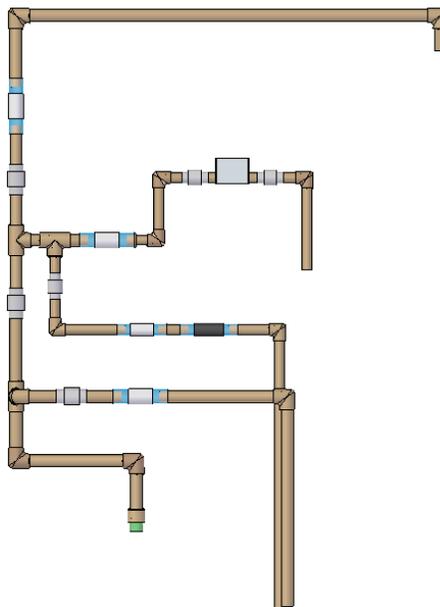
**e. TANQUE 5 Y 6: TANQUES PULMÓN**



**Figura 32. Tanques pulmón**

**2. TUBERÍA DE ASPIRACIÓN:**

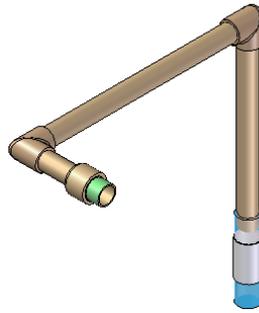
Tubería que transporta el flujo que entregan las motobombas hacia los tanques 1, 2, 3 y 4.



**Figura 33. Tubería de aspiración**

**3. Tubería de succión:**

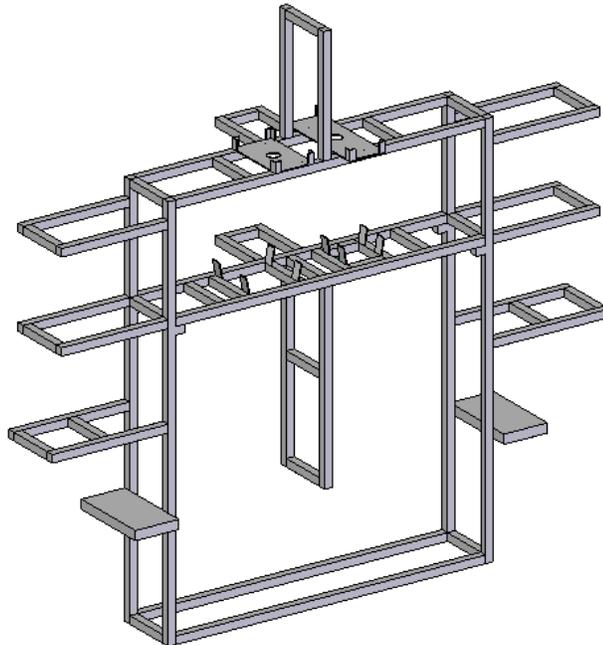
Tubería de una pulgada unida a las motobombas para succionar el agua desde los tanques pulmón.



**Figura 34. Tubería de succión**

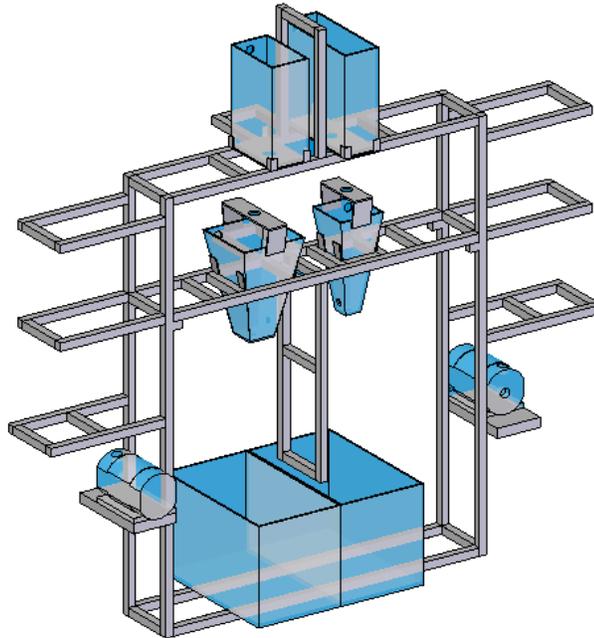
#### **4. ESTRUCTURA DE METAL:**

Esta estructura fue diseñada para ubicar los 6 tanques y las motobombas y poder montar la planta.



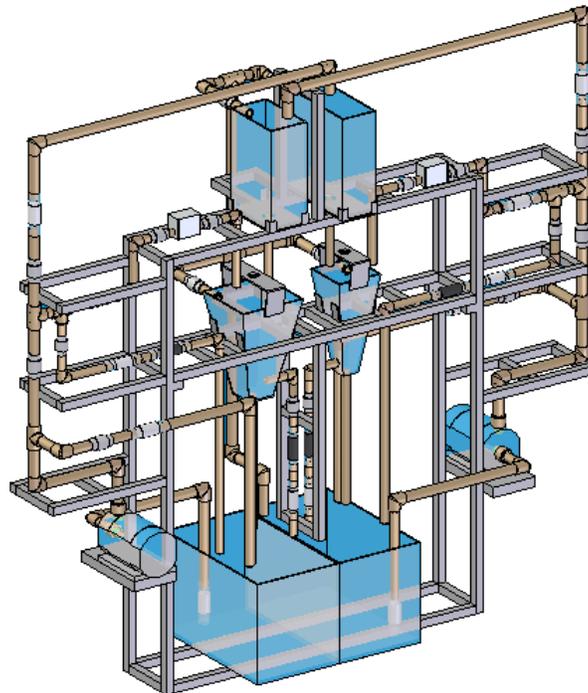
**Figura 35. Estructura de la planta**

**5. ESTRUCTURA CON LOS 6 TANQUES:**



**Figura 36. Estructura de la planta con los 6 tanques de almacenamiento**

**6. ESTRUCTURA FINAL CON LOS 6 TANQUES Y LAS TUBERÍAS DE SUCCION Y ASPIRACION IMPLEMENTADAS:**



**Figura 37. Planta de Tanques Multivariable diseñada**

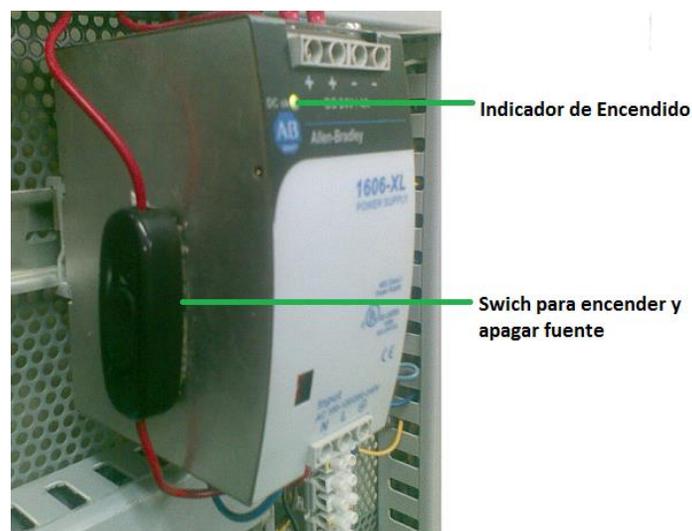
## **ANEXO G**

### **MANUAL DE USUARIO PLANTA MULTIVARIABLE**

A continuación se presentan la forma de operación de planta, las precauciones a tener en cuenta en este proceso, explicar el funcionamiento de la interfaz hombre maquina HMI, como purgar las bombas y como desmontar los tanques. Del punto 1 al 8 se explica cómo encender la planta y las motobombas. Entre el punto 8 y 13 se explica el funcionamiento del HMI. Los puntos finales 14 al 16 son para apagar la planta. El punto 4 es más una precaución para que las bombas arranquen normalmente. Los puntos 6 y 7 hablan de la configuración de válvulas.

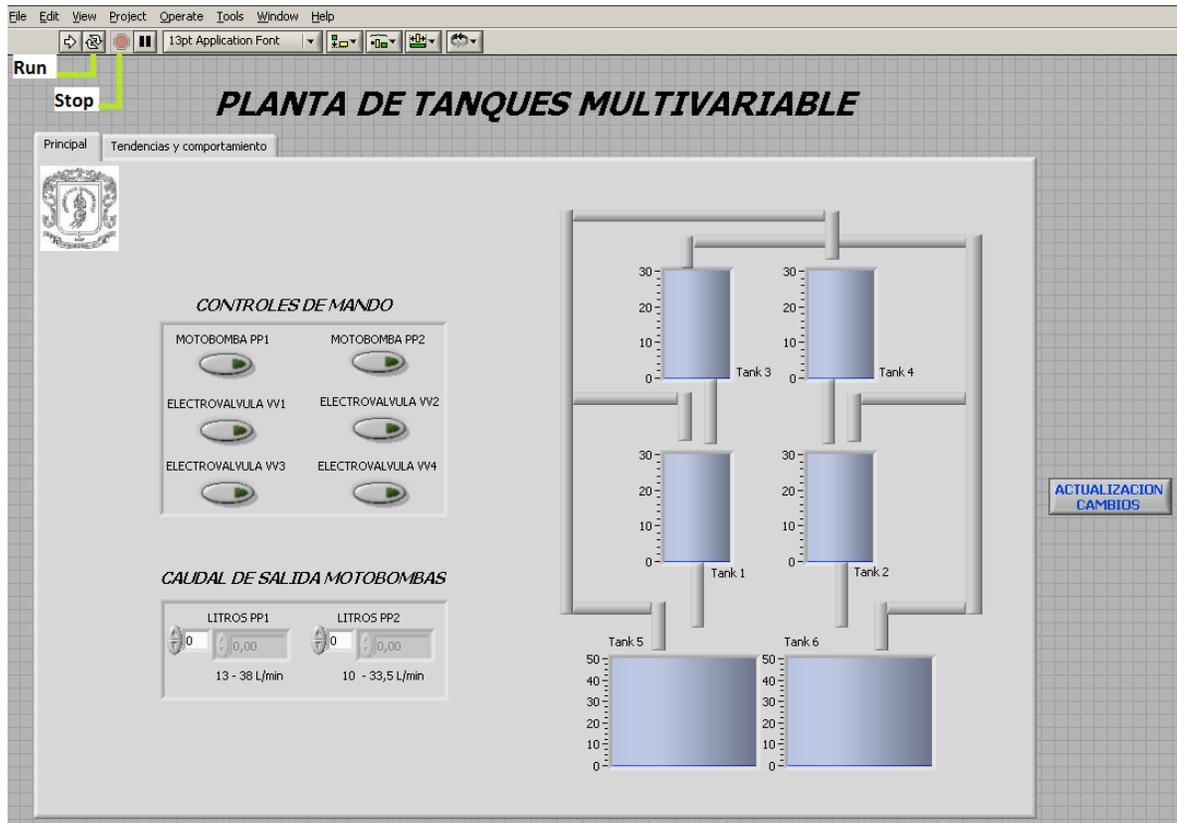
#### **Encender la planta**

1. Conectar el enchufe que alimenta el tablero de control de la planta multivariable a la alimentación eléctrica de 120V. Verifique que la fuente de 24 voltios ubicada en el panel de la planta de nivel este encendida (la fuente tiene un led indicador de encendido), de lo contrario enciendala. Si no enciende ver si el tablero de la planta de nivel está conectado o el estado del break de la planta de nivel.



**Figura 38. Fuente de 24 Voltios**

2. Encienda el computador, en los programas del computador busque el software de Labview\_ 8.5, abra el archivo **Monitoreo Planta Multivariable**, ubicado en la siguiente dirección: **D:\Planta Multivariable\Monitoreo Planta Multivariable**, Y debe aparecer la siguiente pantalla:



**Figura 39. Página Principal del HMI**

3. Coloque el programa a correr sin activar ningún botón, en la Figura 39 las líneas verdes muestran la ubicación de los botones de Run y Stop.
4. Si las motobombas han estado inactivas por un periodo de más de un día, girar las aspas de las motobombas ubicadas en la parte de atrás (Figura 40, círculo rojo), las aspas se deben ser giradas en el sentido de giro de la motobomba que es indicado por la flecha encerrada en el círculo de color verde. La flecha verde ayuda a identificar el sentido de giro de la motobomba



**Figura 40. Sentido de giro de las motobombas**

5. Encender el breaker ubicado en el tablero de control (Figura 41, círculo rojo) y se debe encender el led rojo del alimentador de 5V indicando que la planta está energizada (Figura 41, círculo amarillo). Los pilotos de modo de fallo de los variadores (Figura 41, color verde, ubicados en la parte inferior del tablero), se activan por un tiempo breve, y posteriormente se activan los pilotos de estado ok (color amarillo) y en el display del variador se debe confirmar que queda en condiciones iniciales (0 Hz).



**Figura 41. Tablero de Control – Planta Multivariable**

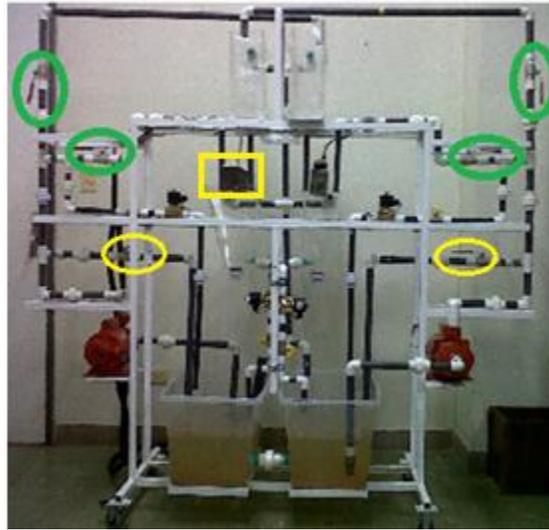
6. Si se desea que la planta funcione de acuerdo a lo modelado (Planta de Tanques Multivariable), las válvulas se deben ubicar de tal forma que solo se vea la marquilla negra (Figura 42, círculo verde), y no se alcance a ver la parte plateada (Figura 42, círculo amarillo).

Las válvulas están cerradas si las manijas están perpendiculares a la tubería, y están totalmente abiertas si se encuentran paralelas a la tubería.



**Figura 42. Configuración de las válvulas manuales**

Las válvulas que deben ser configuradas son: **MV4, MV8, MV9, MV3** (Figura 43, círculos verdes).



**Figura 43. Planta de Tanques Multivariable – Ubicación de válvulas y Sensor de Nivel Tanque 1**

7. Si las bombas se van a arrancar por primera vez en el día, o se desean colocar inmediatamente un flujo grande (mayor a 20 Litros) se deben tener las válvulas en la tubería bypass abiertas (Figura 43, círculos amarillos), para evitar dañar la tubería mientras se prenden, Después de encendidas se pueden cerrar el bypass.
8. Alimentar los elementos con los 24 voltios, modificando el switch ubicado en el panel (Figura 44 – encerrado con un círculo rojo). El sensor de nivel que se encuentra en el tanque 1 debe encender sus indicadores (Figura 43).



Figura 44. Tablero de Control – Sensor de Nivel del Tanque 1

- Colocar en el programa los valores de caudal de salida para cada motobomba, **tener en cuenta que los valores no pueden estar fuera del rango** que se encuentra debajo de cada sitio donde se coloca el valor del caudal, luego activar la motobombas dando clic en el control de mando de cada motobomba, los botones se deben encender. **Para que cualquier cambio sea efectivo debe darse clic el Botón actualización de datos** (Figura 45, cuadros verdes). En la siguiente figura se resaltan en cuadros verdes los puntos importantes. **Si las motobombas no arrancan en 5 segundos apagar inmediatamente e ir al paso número cuatro.**

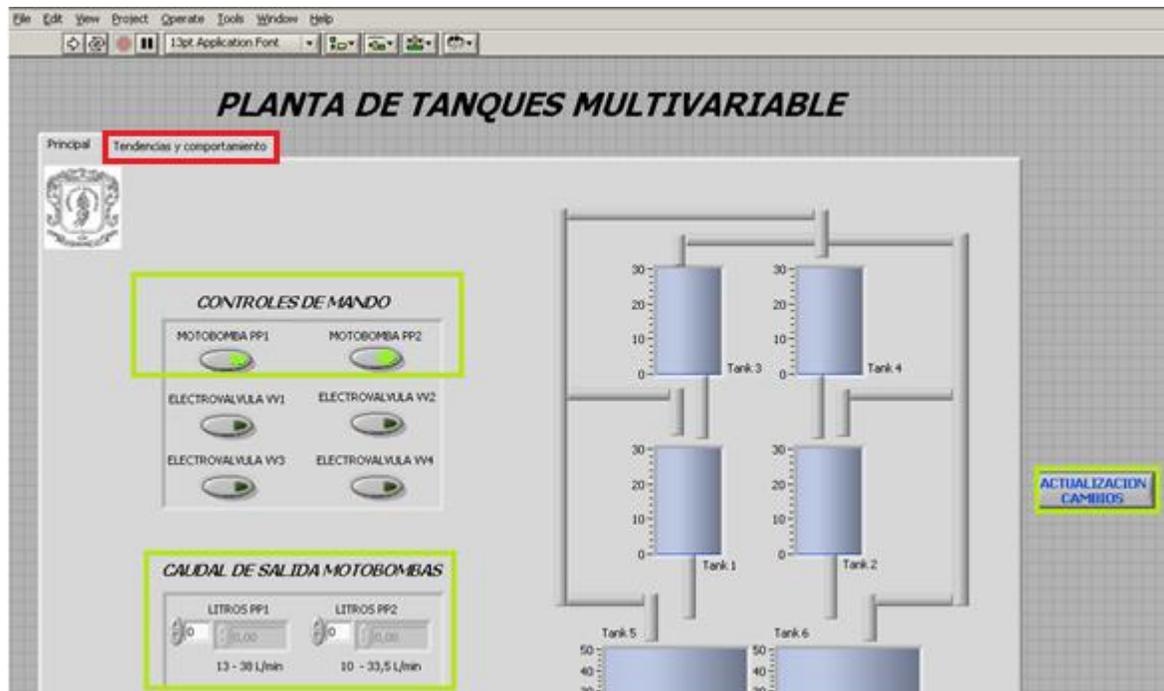
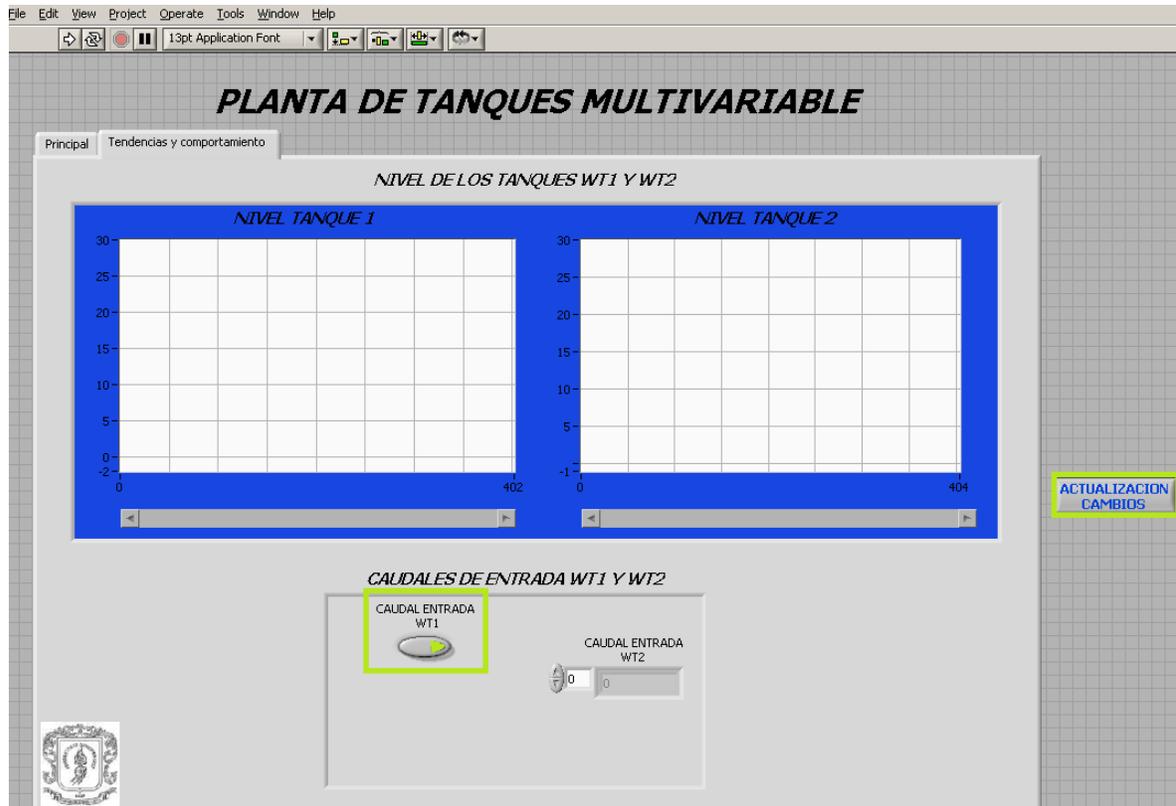


Figura 45. Monitoreo Planta Multivariable – Botones de motobombas, caudal de salida y actualización de datos

10. Para ver las gráficas de nivel y los valores de flujo para los tanques del medio se hace clic en el botón Tendencia y comportamiento, (Figura 45, cuadro rojo), la pantalla que se verá es la siguiente:



**Figura 46. Monitoreo Planta Multivariable – Tendencias y Comportamiento, Botón de Caudal y Actualización de Datos**

Para limpiar las gráficas, se da clic derecho ellas y se les da **Clear**.

La gráfica sigue avanzando y se sale del cuadro visible después de 400 segundos, por eso hay barras de desplazamiento debajo de cada gráfica de nivel.

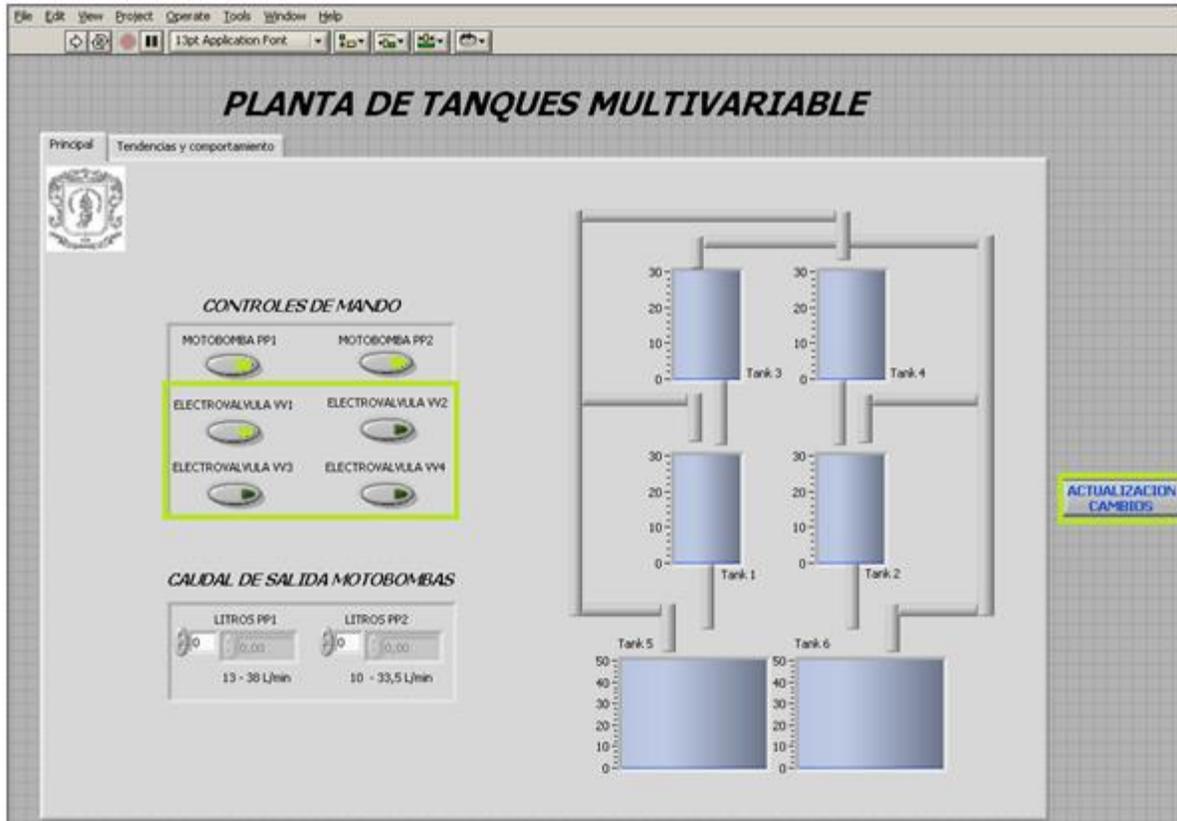
11. Para tener el valor de caudal de entrada al tanque 1 se oprime el botón Caudal entrada, posteriormente el botón de actualizar cambios (Figura 46, cuadros verdes) y debe aparecer el siguiente cambio en la pantalla de monitoreo (Figura 47):

## Planta de Tanques Multivariable



**Figura 47. Monitoreo Planta Multivariable – Botón de Stop y Botón Principal**

12. Para volver a la página Principal dar clic en el Botón Stop para el caudal (Figura 47, cuadro verde) y luego dar clic en el Botón Principal (Figura 47, cuadro rojo) y se va a la primer página.



**Figura 48. Monitoreo Planta Multivariable – Botones Electroválvulas y Botón de Actualización de Datos**

13. La activación de las electroválvulas se genera al dar clic a las los botones de Control de mando, Electroválvulas VV1, VV2, VV3 y VV4 (Figura 48).

**Para que cualquier cambio sea efectivo debe darse clic el Botón actualización de datos** (Figura 48, cuadros verdes). El valor del flujo que pasa por cada electroválvula puede ser modificado por una válvula manual que se encuentra sobre la misma tubería de cada electroválvula; a cada electroválvula le corresponde una válvula manual con las siguientes etiquetas: VV1->MV2, VV2->MV5, VV3->MV7, VV4->MV10 (Figura 49).



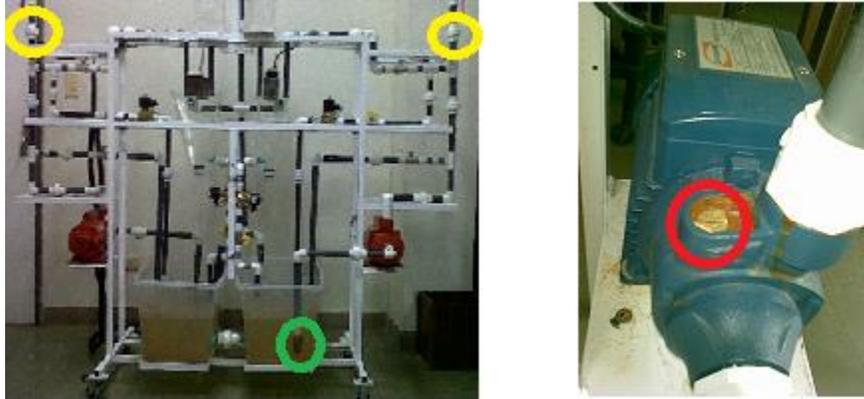
**Figura 49. Planta de Tanques Multivariable – Ubicación de electroválvulas**

14. Para desactivar las electroválvulas se debe dar clic sobre el botón de la electroválvula deseada, y actualizar los cambios.
15. Para apagar las motobombas se debe dar clic sobre el botón la motobomba deseada y actualizar cambios.
16. Para apagar la planta se debe primero apagar todas las electroválvulas, y las motobombas. No colocar el programa en modo stop o cerrarlo hasta después de quitar la alimentación de 24 voltios (switch punto 8) y 120 voltios (Breaker punto 5), el panel debe quedar desconectado y de no haber otras plantas trabajando la fuente de 24 voltios se debe apagar y desconectar el panel de la planta de nivel. Cerrar el programa y apagar el equipo.

### **PURGAR LAS MOTOBOMBAS**

1. Quitar el tornillo (Figura 50, círculo rojo).
2. Desarmar la unión universal (Figura 50, círculo amarillo). **Tener mucho cuidado con no perder el empaque.**
3. Depositar agua en la tubería que se quito desarmo la universal, hasta que salga agua en el agujero donde se quito el tornillo, y quede con agua este agujero.
4. Colocar el tornillo.
5. Colocar la unión universal. **No olvide instalar el empaque.**

**Nota:** En caso de ser necesario purgar las motobombas con mucha frecuencia revisar que las válvulas de granada (Figura 50, círculo verde) estén funcionando correctamente (no tengan mugre por dentro) o que el tornillo de la motobomba esté bien ajustado.



**Figura 50. Planta de Tanques Multivariable – Ubicación de Universales, Motobombas y Ubicación Tornillo para purgar las Motobombas**

## **QUITAR LOS TANQUES**

1. Desarmar la unión universal de la tubería de desagües de emergencia.
2. Desarmar la unión universal de los desagües de los tanques.

Con estos dos pasos los tanques superiores ya se podrán retirar, Para los tanques del medio es necesario realizar los dos siguientes pasos

3. Retirar los sensores de nivel y la base que los soporta.
4. Desconectar los tanques de las tuberías de disturbios (hay una universal) donde se encuentran las electroválvulas 3 y 4 (Figura 49).

Nota: los tanques de almacenamiento tienen la en la parte de atrás desagües para facilitar el cambio de agua.

