

# ANEXO 1

Configuración de red local Ethernet.

## Anexo 1: Configuración de red local Ethernet.

El cable Ethernet usado para conectar el equipo CompactRIO a la PC es un cable *cruzado*. En la siguiente tabla se muestran las conexiones tanto para un cable Ethernet normal como para uno cruzado.

PIN	Conector 1	Conector 2 (Normal)	Conector 2 (Cruzado)
1	Blanco/Naranja	Blanco/Naranja	Blanco/Verde
2	Naranja	Naranja	Verde
3	Blanco/Verde	Blanco/Verde	Blanco/Naranja
4	Azul	Azul	Azul
5	Blanco/Azul	Blanco/Azul	Blanco/Azul
6	Verde	Verde	Naranja
7	Blanco/Café	Blanco/Café	Blanco/Café
8	Café	Café	Café

Tabla 51. Conexiones de cable Ethernet.

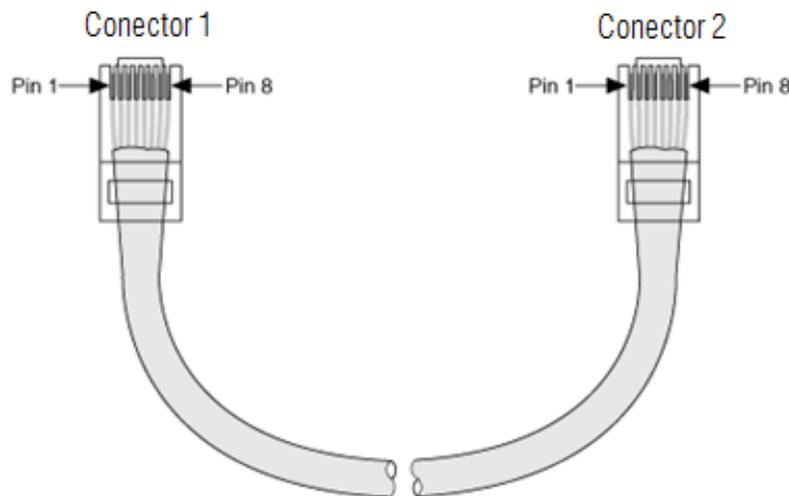


Ilustración 1. Conectores del cable Ethernet.

En algunas computadoras la red local no está habilitada y eso representa un gran impedimento para conectar el equipo CompactRIO con la PC vía Ethernet. A continuación se describen los pasos que debes de seguir para resolver el problema.

1. Encender la computadora.
2. Antes de que el sistema operativo se cargue en la PC oprimir la tecla **Supr.**

3. En la pantalla aparece la ventana *AMBIOS SIMPLE SETUP UTILITY-VERSION 1.21.13*
4. En el menú desplegado buscar la opción *FEATURES SETUP* y oprimir **Enter**.
5. En la lista de dispositivos buscar *ETHERNET DEVICE* y con las teclas **+** ó **-** cambiar el estado de *DISABLED* a *ENABLED*.
6. Oprimir la tecla **Esc**.
7. En el menú principal dirigirse a la opción *EXIT*.
8. Se despliega un mensaje preguntando si se desean guardar los cambios realizados antes de salir, a lo que se debe aceptar.
9. Ya que se ha cargado el sistema operativo de la computadora y teniendo el cable ethernet desconectado, entonces se debe de observar en la barra de inicio al ícono de *la conexión de red local* que indica que el cable de red está desconectado.

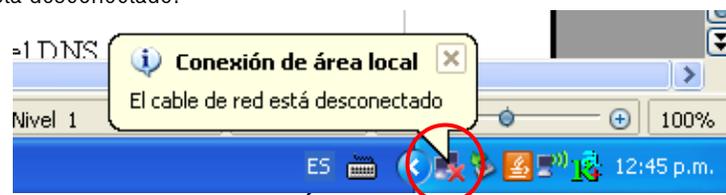


Ilustración 2. Ícono conexión de red local.

10. Dar doble clic sobre dicho ícono.

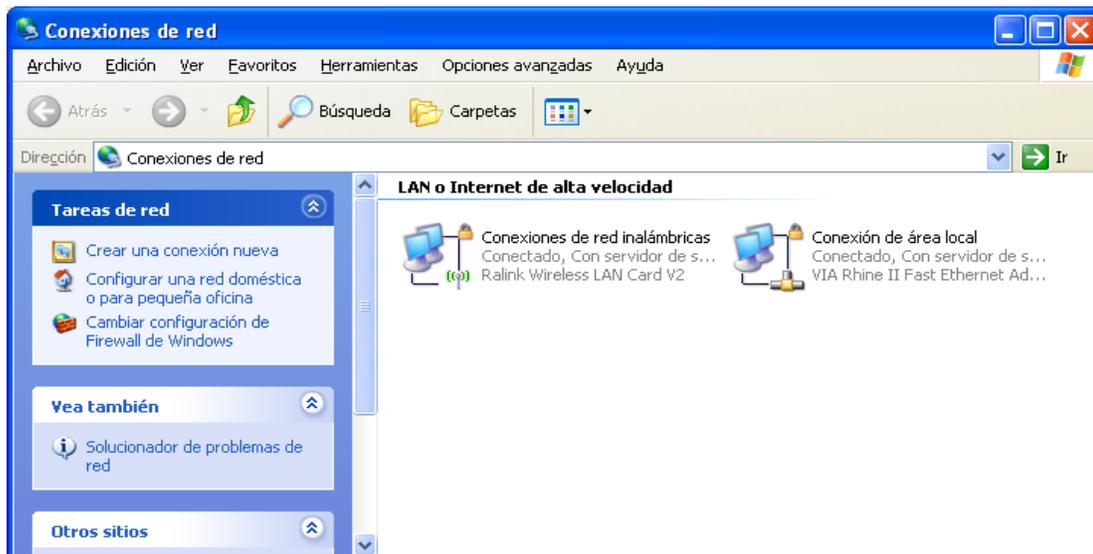


Ilustración 3. Conexiones de red.

11. Conectar el cable de red a la PC.

12. Dar doble clic sobre *Conexión de área local*.



Ilustración 4. Estado de conexión.

13. En la ventana Estado de Conexión de área local da clic sobre el botón PROPIEDADES.

14. Se abre la ventana Propiedades de conexión de área local y en la lista de elementos que utiliza la conexión seleccionar *Protocolo Internet (TCP/IP)* y después dar clic sobre el botón PROPIEDADES.



Ilustración 5. Propiedades de Conexión de red.

15. En ésta nueva ventana se pueden modificar los valores de Dirección IP, Máscara de Subred, Puerta de enlace predeterminada, así como el Servidor DNS preferido.

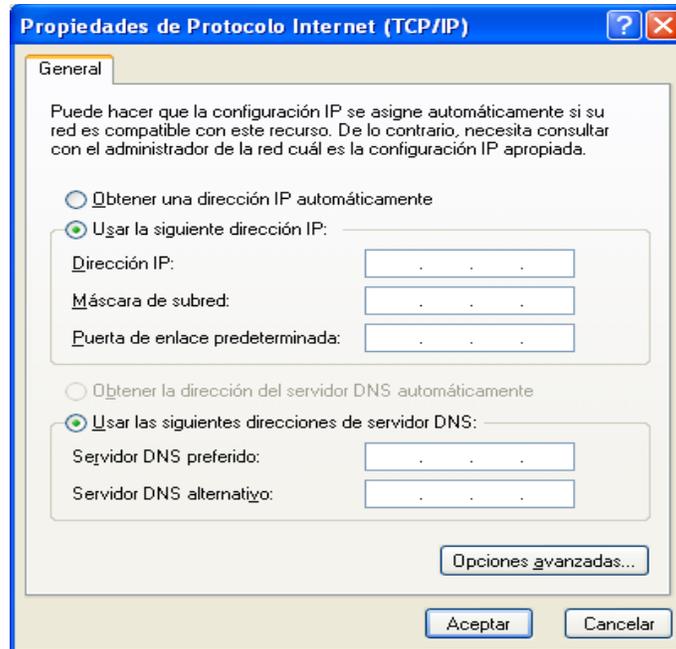


Ilustración 6. Propiedades de Protocolo Internet.

Es recomendable asignar una dirección IP parecida a la de la PC, la cual se puede conocer realizando los siguientes pasos:

1. Abrir el menú de INICIO de Windows y buscar **Ejecutar**.
2. Teclear *cmd* y dar clic en ACEPTAR.

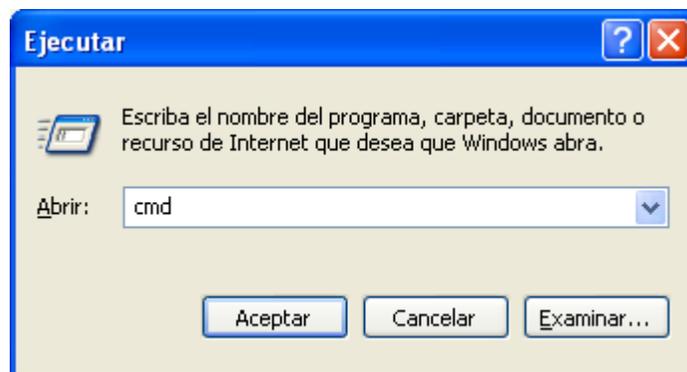


Ilustración 7. Ejecutar.

3. Teclear *ipconfig/all* y oprimir ENTER.

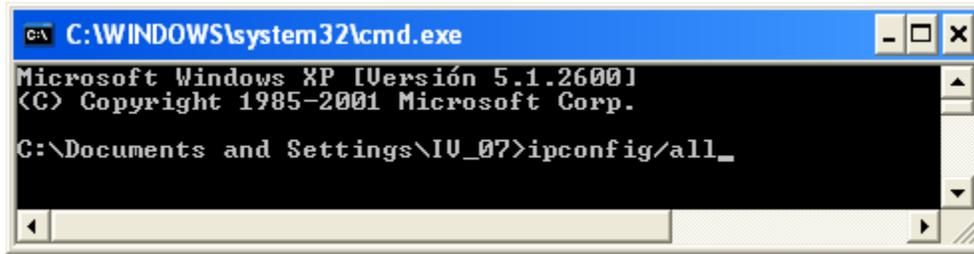


Ilustración 6. Ipconfig/all.

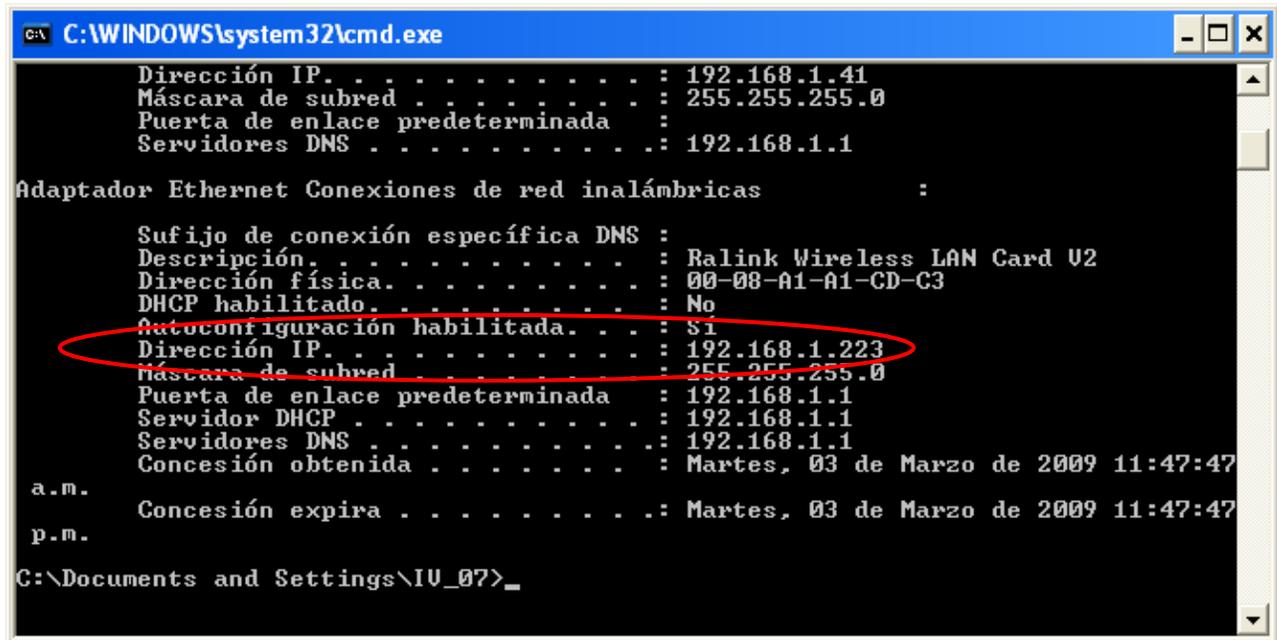


Ilustración 7. Dirección IP.

En la pantalla aparecerá la Dirección IP, la Máscara de subred, el DNS, entre otros.

- Colocar los primeros tres números de la Dirección IP de la PC en la casilla Dirección IP de la ventana de propiedades de protocolo Internet (TCP/IP) y dar clic en ACEPTAR.

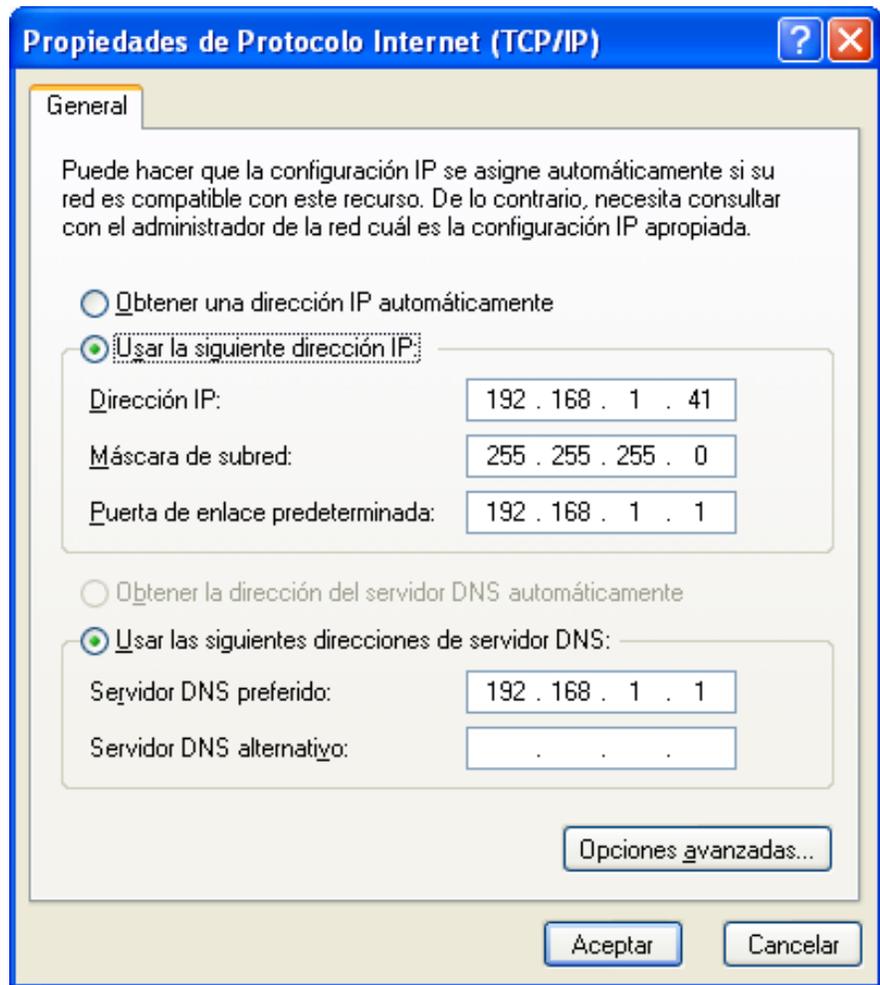


Ilustración 8. Propiedades de Protocolo Internet.

- Abrir *Measurement & Automation Explorer*.
- Dar clic sobre la opción + de *Remote Systems*.
- Dar clic sobre el equipo encontrado(CRIO9074) y establecer la dirección IP colocando los tres primeros números de la dirección IP de la PC y se cambia el último número.
- Dar clic sobre el botón  *Apply*.

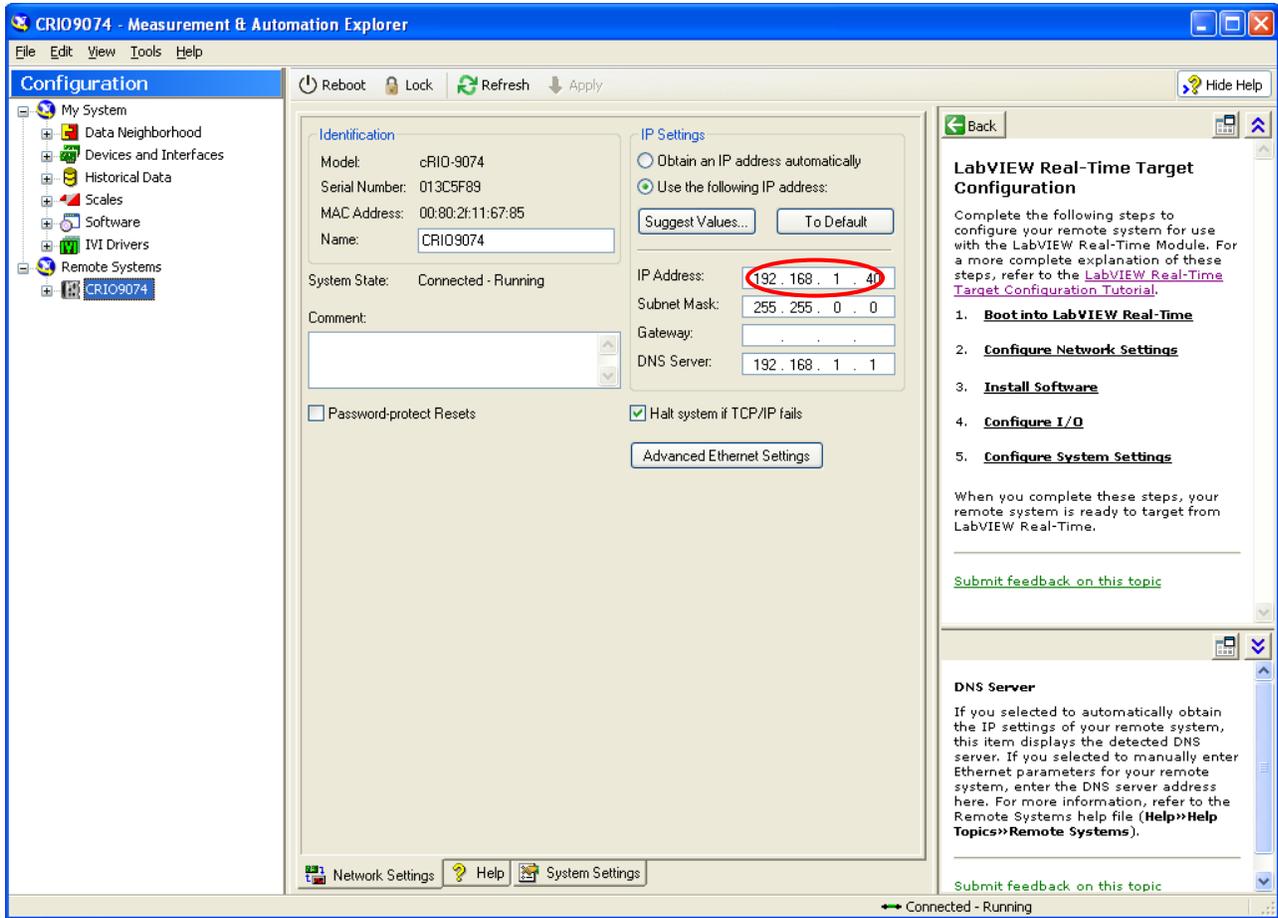


Ilustración 9. Explorador M&A.

# ANEXO 2

Sistema de control de la planta industrial. Lvproj

# 2

## Anexo 2: Sistema de control de la planta industrial. Lvproj

El conjunto de VIs que componen el sistema de control de la planta piloto de tipo industrial estan guardados dentro de un proyecto. En la ilustración 1 se muestra al conjunto de VIs que forman el control de la planta.

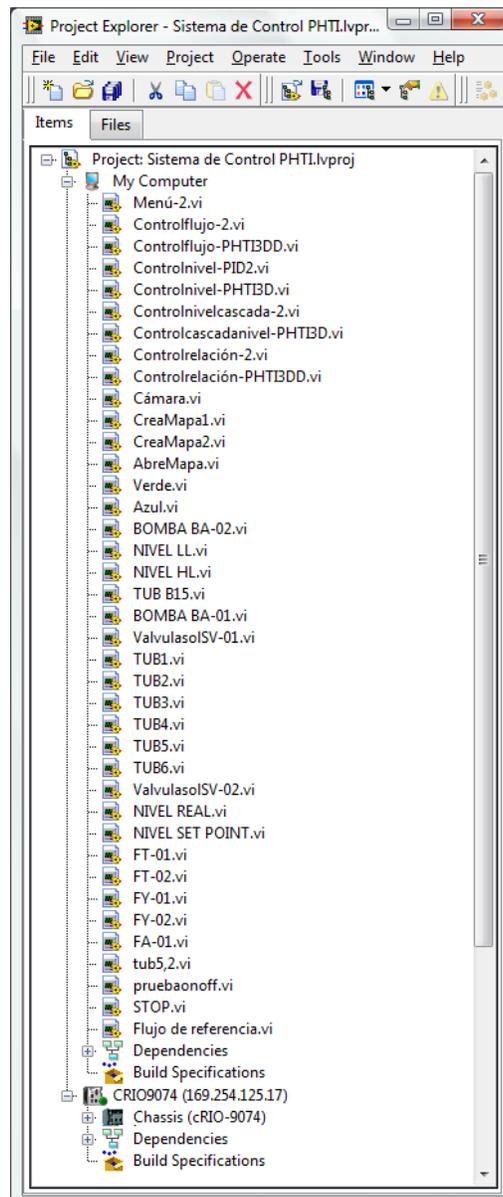


Ilustración 52. Lvproject Sistema de control PHTI

El VI principal del sistema de control de la planta es el “Menú-2.vi” el cual despliega en pantalla el menú de los diferentes esquemas de control con los que se controla la planta: Control de flujo, control de nivel, control en cascada y control de relación. Como se explicó en el capítulo 4, cada esquema de control de la planta se compone de tres VIs, uno corresponde a la cámara, otro al modelo tridimensional y el tercero al diagrama de la planta con sus respectivas gráficas.

El VI de la cámara es:

- Cámara.vi Es el VI usado para usar la webcam y observar la planta piloto.

Los VIs para el esquema de control de flujo son:

- Controlflujo-2.vi Es el VI que muestra el esquema de la planta y las gráficas del comportamiento de sus variables.
- Controlflujo-PHTI3D.vi Es el VI que muestra el modelo tridimensional de la planta junto con su tablero virtual.

Los VIs para el esquema de control de nivel PID son:

- ControlnivelPID-2.vi Muestra el esquema de la planta y las gráficas del comportamiento de sus variables.
- ControlnivelPID-PHTI3D.vi Muestra el modelo tridimensional de la planta y su tablero virtual.

Los VIs para el esquema de control en cascada son:

- Controlnivelcascada-2.vi Muestra el esquema de la planta y las gráficas del comportamiento de sus variables.
- Controlnivelcascada-PHTI3D.vi Muestra el modelo tridimensional de la planta y su tablero virtual.

Los VIs para el esquema de control de relación son:

- Controlrelación-2.vi Muestra el esquema de la planta y las gráficas del comportamiento de sus variables.
- Controlrelación-PHTI3D.vi Muestra el modelo tridimensional de la planta y su tablero virtual.

Los VIs secundarios son:

- Creamapa.vi Une el conjunto de mapas del modelo tridimensional de la planta.
- Abremapa.vi Abre cada uno de los mapas que forman el modelo tridimensional de la planta.

Los VIs restantes son variables globales usadas para enviar datos de un VI a otro. Ellos contienen información sobre el estado de las bombas, válvulas, transmisores de presión y sensores de nivel. Todos los VIs se ejecutan en la PC para que se pueda usar la herramienta Web Publishing Tool de LabVIEW y así monitorear el sistema de manera remota.

# ANEXO 3

Práctica ilustrativa.

## Anexo 3: Práctica ilustrativa.

En este anexo se presenta una práctica ilustrativa que describe el procedimiento para utilizar los sistemas de control presentados en el trabajo de tesis “*Sistemas de control para la automatización de una planta piloto de tipo industrial*”.

La práctica cubre los siguientes aspectos:

- ⊕ El usuario aprende a abrir y manejar el programa para contralar la planta piloto.
- ⊕ El usuario se familiariza con las interfaces de cada VI.
- ⊕ El usuario utiliza el esquema de control de flujo y cambia los valores de las ganancias del controlador para observar su efecto en la respuesta del sistema.
- ⊕ El usuario utiliza el esquema de control de nivel y cambia los valores de las ganancias del controlador para observar su efecto en la respuesta del sistema.
- ⊕ El usuario utiliza el esquema de control de nivel en cascada.

### OBJETIVOS

- ✓ El usuario se familiarizará con el funcionamiento de la planta piloto de tipo industrial.
- ✓ El usuario conocerá y realizará las conexiones entre el equipo CompactRIO y el gabinete de la planta piloto.
- ✓ El usuario aprenderá a manejar el programa que controla a la planta piloto.
- ✓ El usuario observará los cambios en la respuesta del sistema conforme varíe las ganancias de los controladores de cada esquema de control.

### ANTECEDENTES

En la industria existen diversos procesos en los que se requieren controlar el nivel de líquido en tanques y regular el flujo circulante en tuberías. En el laboratorio de fundamentos de control de la División de Ingeniería Eléctrica se cuenta con una planta piloto de tipo industrial, en ella se pueden desarrollar diversos esquemas para controlar el nivel en tanques y el flujo en las tuberías, tal y como se lleva a cabo en un proceso industrial. A esta planta se la ha denominado “*piloto*” porque es una representación a escala de una planta industrial además que en ella se pueden realizar algunas pruebas de funcionamiento.

Día a día la industria busca sistemas de control más versátiles, de fácil manejo y robustos. En esta práctica se presentan diversos esquemas de control para el flujo y nivel de tanques. Se usa un equipo CompactRIO que es manejado mediante el software LabVIEW, una herramienta de programación gráfica. El hardware y software utilizados ayudan a crear interfaces más amigables al usuario y controladores más robustos. El usuario puede enviar órdenes a los actuadores de la planta piloto, establecer niveles y flujos de referencia para el funcionamiento de la planta, analizar el comportamiento de la planta mediante gráficas e incluso controlarla vía remota.

## MATERIAL Y EQUIPO

Un sistema de control siempre cuenta con diversos elementos como lo son los sensores, elementos finales de control, etapas de condicionamiento, controladores e interfaces de usuario.

Los elementos de los que se obtiene información del sistema son:

- Transmisor de nivel LT-01 del tanque abierto FA-01.
- Transmisor de flujo FT-01 de la rama uno.
- Transmisor de flujo FT-02 de la rama dos.
- Sensor de nivel alto HL del tanque cerrado FA-02.
- Sensor de nivel bajo LL del tanque cerrado FA-02.

Los elementos finales de control de la planta son:

- Válvula solenoide SV-01 instalada en la rama uno.
- Válvula solenoide SV-02 instalada en la rama dos.
- Válvula proporcional FY-01 instalada en la rama uno.
- Válvula proporcional FY-02 instalada en la rama dos.
- Bomba BA-01 que bombea el líquido fuera del tanque FA-01.
- Bomba BA-02 que bombea el líquido del tanque FA-02 al FA-01.

NOTA: Es recomendable revisar el capítulo uno, ya que describe los elementos de la planta piloto y su mecanismo de funcionamiento.

El controlador usado en la planta es:

- CompactRIO 9074

NOTA: Es recomendable revisar el capítulo dos, ya que describe el equipo CRIO y sus módulos de expansión.

El software usado para crear la interface de usuario y programar el controlador es:

- LabVIEW 8.6

Los esquemas de control hechos para controlar la planta son:

- Control de flujo PID
- Control de nivel PID
- Control de nivel en cascada
- Control de relación de flujo

NOTA: Es recomendable revisar el capítulo tres, ya que en él se describen los esquemas de control usados en la planta.

Algunas ventajas que nos brindan el software y hardware utilizados son:

- Permite cambiar entre un esquema de control y otro sin modificar las conexiones entre el tablero de la planta y el controlador.
- Se puede observar el comportamiento de las variables controladas por medio de gráficas.
- El control de la planta se puede hacer vía remota.
- Se puede usar una cámara Web para vigilar la planta.

## DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Realizar las siguientes conexiones entre los módulos del equipo CompactRIO y los bornes del gabinete de la planta piloto de tipo industrial como se indica en el capítulo 4 “*Diseño del sistema de control*”, en el subtema 4.3 “*Conexiones entre sistemas (planta piloto/Compact RIO)*”.

- ⊕ Revisar que el interruptor de la Alimentación General (ubicado en la parte superior del gabinete de la planta piloto) esté en OFF.
- ⊕ Conectar los bornes de la bomba BA-01 del gabinete a la salida DIO4 del módulo NI9401.
- ⊕ Conectar los bornes de la bomba BA-02 del gabinete a la salida DIO5 del módulo NI9401.
- ⊕ Conectar los bornes de la válvula SV-01 del gabinete a la salida DIO6 del módulo NI9401.
- ⊕ Conectar los bornes de la válvula SV-02 del gabinete a la salida DIO7 del módulo NI9401.
- ⊕ Conectar los bornes del interruptor de nivel HL a la entrada DIO1 del módulo NI9401.
- ⊕ Conectar los bornes del interruptor de nivel LL a la entrada DIO0 del módulo NI9401.
- ⊕ Conectar los bornes del interruptor de nivel HL a la entrada DIO1 del módulo NI9401.
- ⊕ Conectar los bornes del transmisor de nivel LT-01 al canal de entrada CHO del módulo NI9219.
- ⊕ Conectar los bornes del transmisor de flujo FT-01 al canal de entrada CH1 del módulo NI9219.
- ⊕ Conectar los bornes del transmisor de flujo FT-02 al canal de entrada CH2 del módulo NI9219.
- ⊕ Conectar los bornes de la fuente de 24 V del gabinete a la entrada Vsup del módulo NI9265.
- ⊕ Conectar los bornes de la fuente de 24 V del gabinete al equipo CompactRIO.
- ⊕ Conectar la manguera de aire de la planta al compresor.
- ⊕ Conectar el compresor un tomacorriente.
- ⊕ Encender la computadora.

Una vez que se han hecho las conexiones como se indican en el subtema 4.3 conectar el equipo CRIO a la PC por medio del cable Ethernet cruzado.

- ⊕ Activar el interruptor de la Alimentación General del gabinete de la planta.
- ⊕ Abrir LaVIEW dando doble clic sobre el ícono que aparece en el escritorio de la PC.



Ilustración 53. Ícono de LabVIEW.

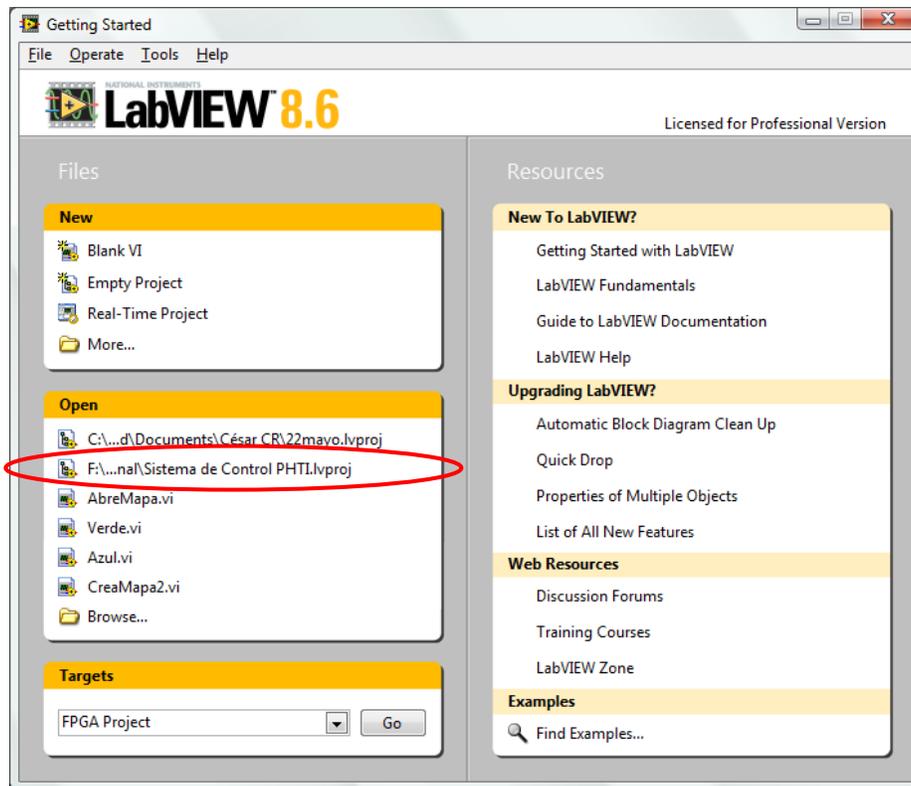


Ilustración 54. Ventana de inicio de LabVIEW.

- ⊕ Abrir el proyecto “Sistema de Control PHTI”. Si el proyecto no aparece en la ventana de inicio de LabVIEW como se indica en la ilustración 2, dar clic sobre FILE>>OPEN PROJECT y buscar el proyecto en la carpeta o dispositivo en el que se encuentre almacenado.

Quando se abre el proyecto aparece la ventana del explorador, como la que se muestra en la ilustración 3. Para iniciar la comunicación entre el proyecto “Sistema de Control PHTI” y el equipo cRIO realizar lo siguiente:

- ⊕ Localizar en la ventana del explorador del proyecto la opción **CRIO9074** y dar clic derecho sobre ella.
- ⊕ En el menú que apareció dar clic sobre **Connect**.

Estos pasos se ejemplifican en la ilustración 3.

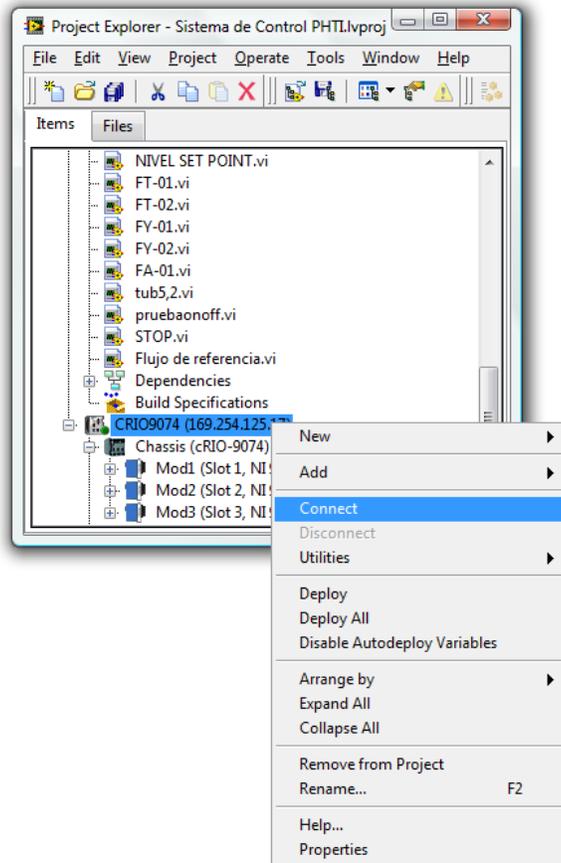


Ilustración 55. Ventana del explorador del proyecto.

- En la ventana del explorador del proyecto dar doble clic sobre el VI “Menú-2.vi” como se indica en la ilustración 4.

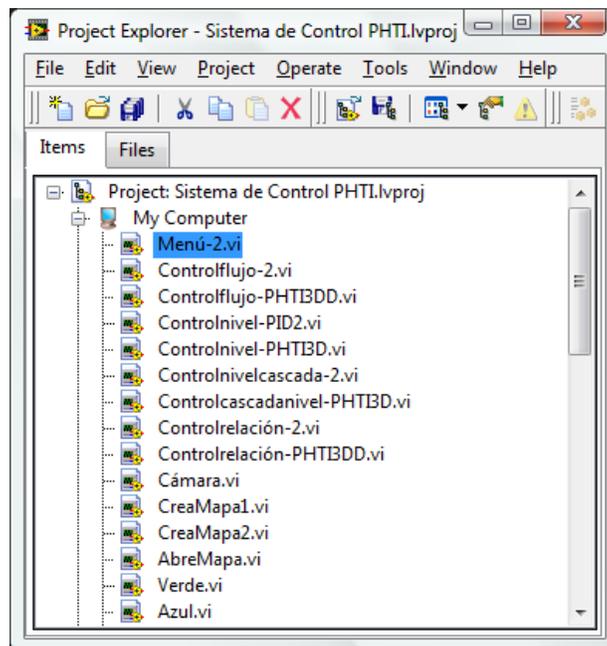


Ilustración 56. Explorador del proyecto.

- Cuando se abre le VI Menú-2 aparecen en pantalla todos los VIs que controlan la planta, se deben cerrar todos excepto el Menú, que se muestra en la ilustración 5.
- Dar clic sobre el botón  para ejecutar el VI.

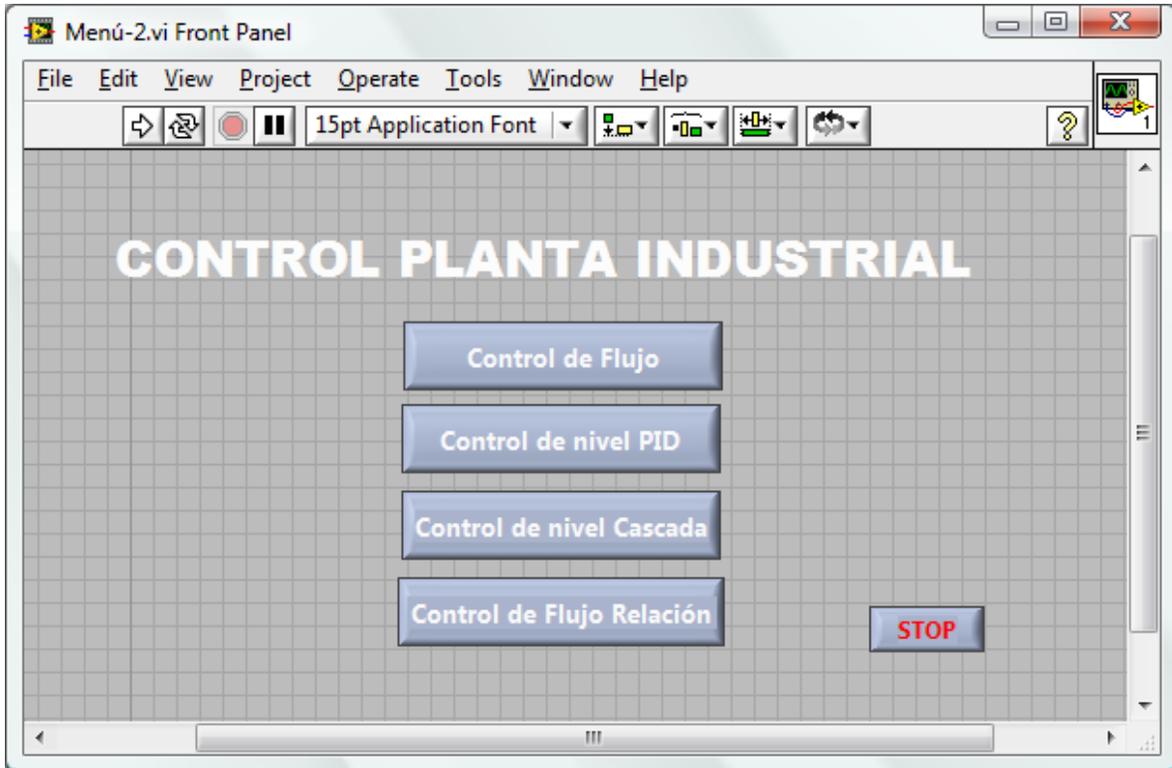


Ilustración 57. VI “Menú-2”

## DESARROLLO DE LA PRÁCTICA (Control de flujo)

- Elegir un esquema de control de la planta. Dar clic sobre el botón **Control de Flujo**.

En pantalla aparecen 3 ventanas, una corresponde a la cámara Web, otra al modelo tridimensional de la planta y otra a su respectivo esquema.

El VI del modelo tridimensional contiene también el tablero virtual de la planta donde se controlan las válvulas, bombas, puntos de referencia y las constantes del controlador. Con el propósito de que el usuario se familiarice con cada programa se sugieren las siguientes actividades.

- Dar un clic sobre el modelo tridimensional y mantener el botón del mouse oprimido para hacer girar el modelo de la planta.
- En el tablero virtual, encender las válvulas SV-01 y SV-02. Observar el cambio de color de las válvulas en el modelo tridimensional de la planta.
- Mover la perilla o cambiar el valor del indicador digital de la Válvula FY-01 y observar el desplazamiento del indicador de la válvula FY-01 en el modelo tridimensional.
- Encender y apagar las bombas BA-01 y BA-02 e identificarlas en el modelo tridimensional de la planta.

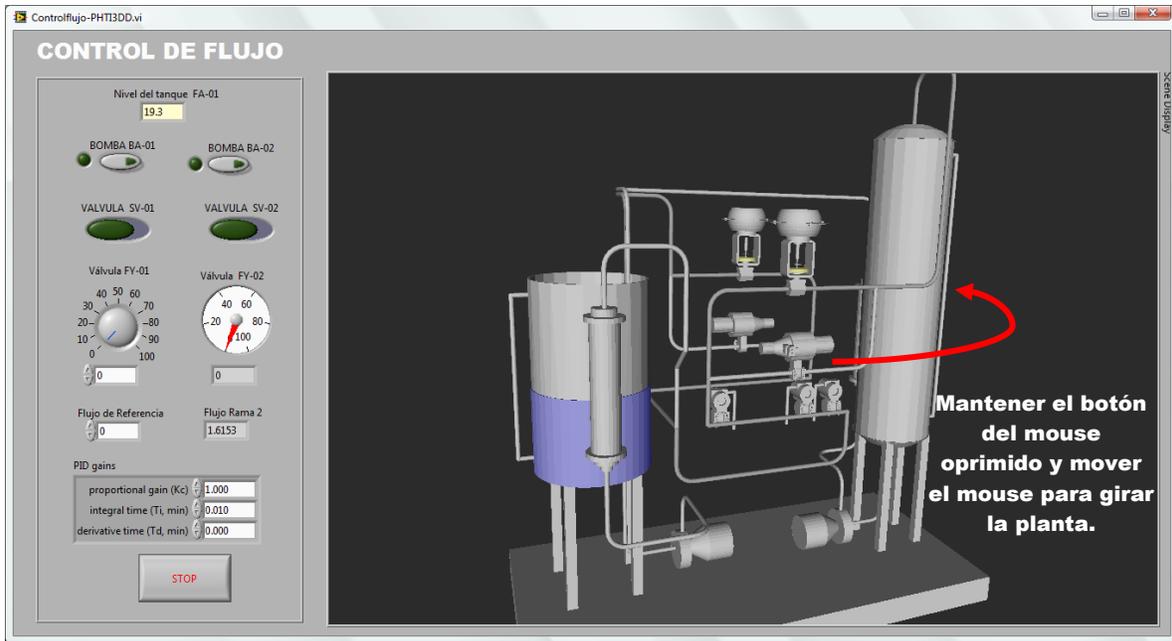


Ilustración 58. Modelo tridimensional de la planta (gira el modelo)

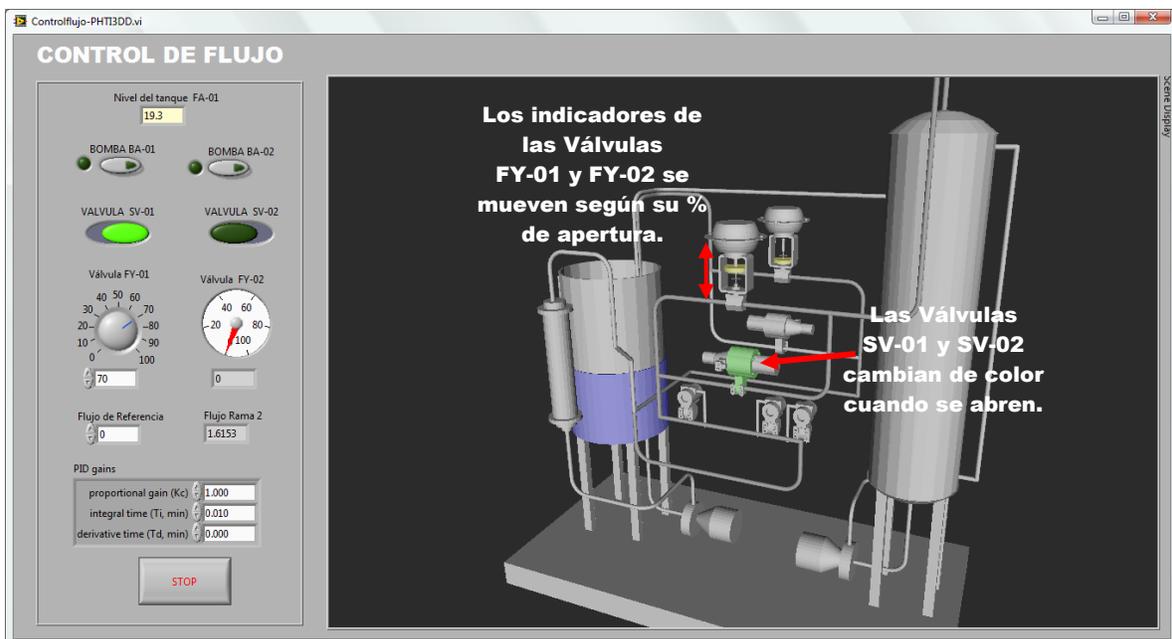
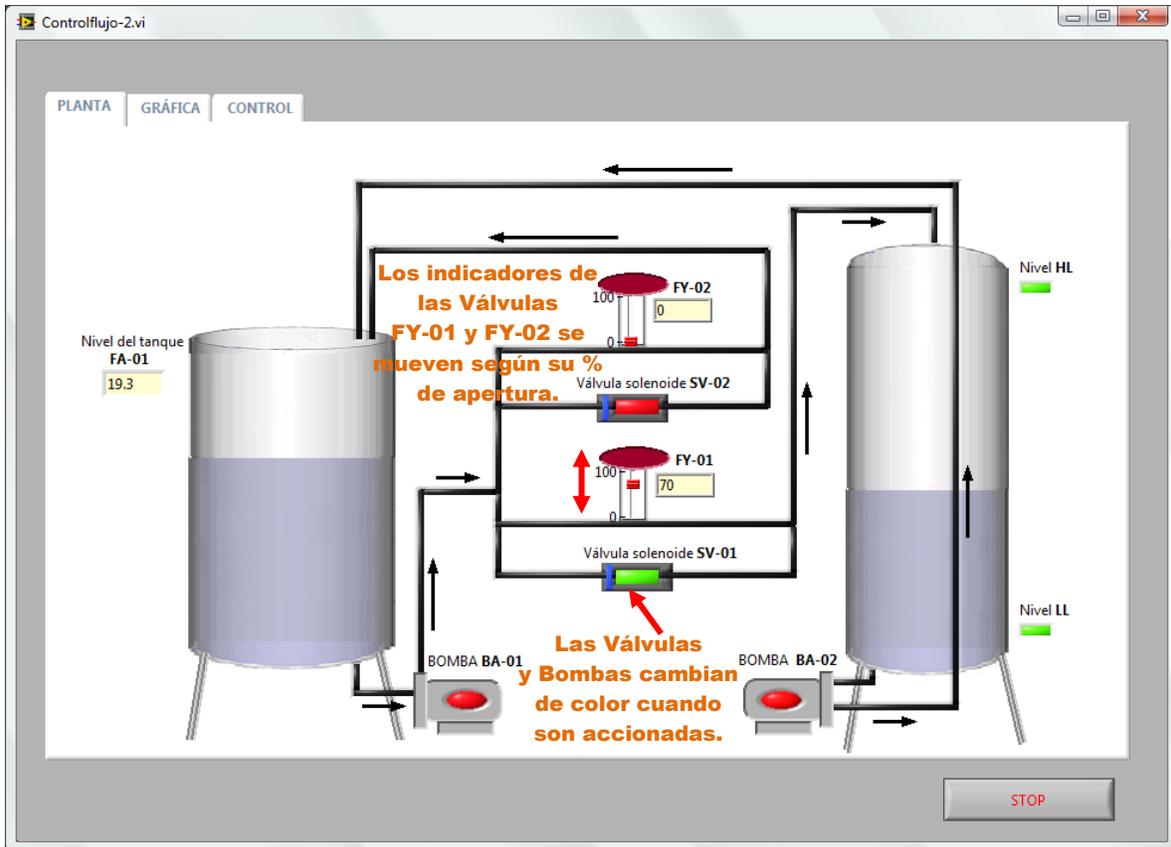


Ilustración 59. Modelo tridimensional de la planta (cambia el estado de las válvulas)



**Ilustración 60. Esquema de la planta (cambia el estado de las válvulas)**

- En la celda **Flujo de referencia** del tablero virtual, introducir numéricamente el flujo deseado en la rama dos (los valores del flujo de referencia deben de encontrarse entre 0 y 19 GPM).

Con las actividades anteriores se ha logrado familiarizar al usuario con el funcionamiento del tablero virtual. Ahora se describirán los pasos para utilizar el esquema de control de flujo.

- Cerrar las válvulas SV-01 y SV-02.
- Abrir la válvula FY-01 al 30 %.
- Colocar un flujo de referencia de 20 GPM.
- Las ganancias del controlador son por default:  $K_c=1$ ,  $T_i=.01$  y  $T_d=0$ . Verificar que éstos valores se encuentran dentro del cuadro **PID gains** del tablero virtual.
- Encender la bomba BA-01.
- Encender la bomba BA-02.

Con esto el esquema de control de flujo empezará a funcionar. El controlador hace que cambie la apertura de la válvula FY-02 según el flujo de referencia.

El modelo tridimensional ayuda al usuario a identificar las tuberías en los que circula el agua, observar el nivel del tanque FA-01 y aprender fácilmente la manera en que opera la planta.

La siguiente parte de esta práctica consiste en cambiar las ganancias del controlador PID y observar el comportamiento de la planta conforme se varía cada una de ellas.

- Tomar la orilla derecha de la ventana del VI del modelo tridimensional y reducirla hasta que sólo quede el tablero virtual. Como se muestra en la ilustración 9.



**Ilustración 61. Tablero virtual de la planta (reduce la ventana)**

Ahora se puede observar el tablero virtual y el comportamiento de la planta mediante gráficas al mismo tiempo en la pantalla. En este caso se muestra la gráfica del flujo en la rama dos y el porcentaje de apertura de la válvula FY-01 y FY-02.

- Para ejemplificar el uso del controlador, cambiar el flujo de referencia de 12 a 15 GPM.

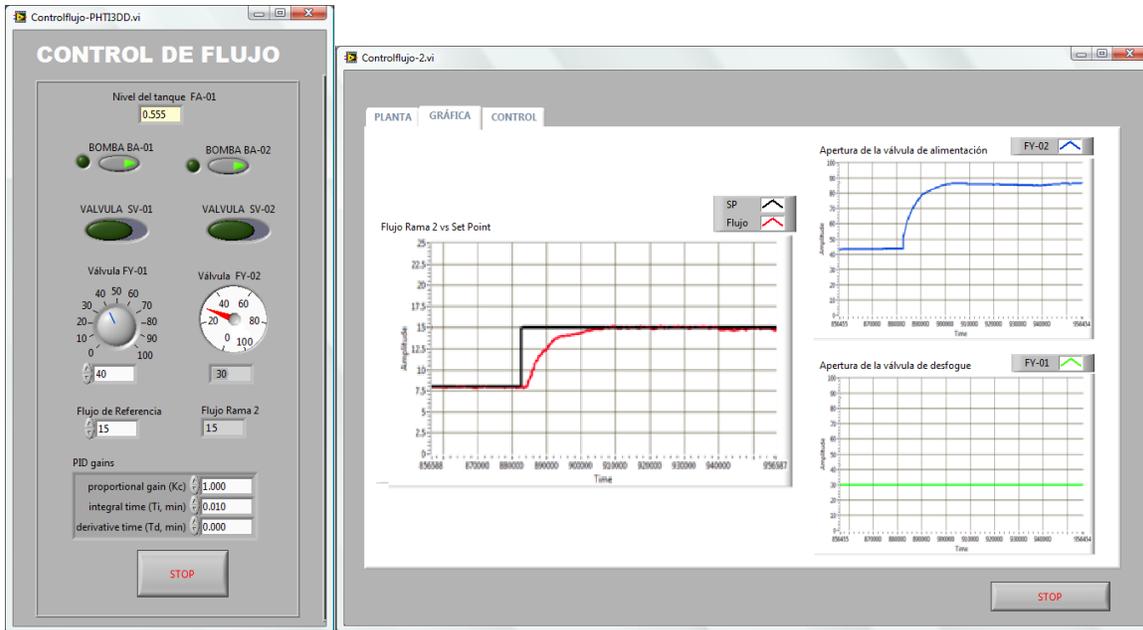


Ilustración 62. Tablero virtual y gráficas del comportamiento de la planta.

El controlador compara el flujo real contra el flujo de referencia y al detectar que el SP es mayor, envía una señal a la válvula FY-02 para aumentar su apertura y así incrementar el flujo real de la rama dos.

- ⊕ Cambiar el flujo de Referencia de 15 a 12 GPM.
- ⊕ Cambiar la apertura de la válvula FY-01 de 30 a 40 % de apertura. Esta acción representa una perturbación al sistema. Observar el comportamiento del sistema frente a dicha perturbación.

El controlador reacciona ante la perturbación y modifica la apertura de la válvula FY-02 para compensar el efecto causado en el flujo de la rama dos.

- ⊕ Cambiar la apertura de la válvula FY-01 de 40 a 30%.

### -GANANCIAS DEL CONTROLADOR PID- Ganancia proporcional

Si bien el usuario ha observado la función del controlador en el sistema, ahora es recomendable que modifique las ganancias del recuadro **PID gains** del tablero virtual y observe la respuesta del sistema ante cada cambio. En esta parte de la práctica el usuario observará la función del controlador trabajando únicamente con la acción proporcional.

- ⊕ Colocar un cero en la celda *integral time* del recuadro de **PID gains** del tablero virtual.

El controlador trabajará solamente con el efecto de la acción proporcional.

- ⊕ Cambiar el flujo de referencia de 12 a 15 GPM.

El usuario observará que esta vez el flujo real de la rama dos no se iguala al flujo de referencia. La acción proporcional hace que el flujo real se acerque a los 15 GPM, sin embargo en estado estacionario siempre existe un error, es decir, el flujo nunca llega a los 15 GPM.

- ⊕ Cambiar el valor de la ganancia proporcional.
- ⊕ Cambiar el flujo de referencia.

Con el cambio de la ganancia proporcional se busca que el usuario observe la respuesta del sistema cuando la ganancia es muy grande o muy pequeña. El cambio de flujo de referencia representa una entrada escalón al sistema.

### -GANANCIAS DEL CONTROLADOR PID- Tiempo de integración

En esta parte de la práctica el usuario observará la función del controlador trabajando con la acción proporcional e integral.

- ⊕ Colocar "0.01" en la celda *integral time*.
- ⊕ Colocar "1" en la celda de la ganancia proporcional.
- ⊕ Cambiar el flujo de referencia a 12 GPM.
- ⊕ Una vez que el flujo real de la rama dos es 12 GPM, colocar un cero en la celda *integral time*.

El usuario observará la respuesta del sistema según los cambios en el valor del tiempo integral.

- ⊕ Cambiar el valor del tiempo integral.
- ⊕ Modificar el flujo de referencia.

Se pretende que el usuario varíe el valor del tiempo integral varias veces hasta determinar el tiempo cuyo valor ofrezca la respuesta deseada del sistema.

### -GANANCIAS DEL CONTROLADOR PID- Tiempo derivativo

En esta parte de la práctica el usuario observará la función del controlador trabajando con la acción proporcional, integral y derivativa.

- ⊕ Colocar el tiempo integral en 0.01.
- ⊕ Colocar la ganancia proporcional en 1.
- ⊕ Cambiar el flujo de referencia a 12 GPM.

El usuario observará la respuesta del sistema según los cambios en el valor del tiempo derivativo.

- ⊕ Colocar un valor en la celda del tiempo derivativo.
- ⊕ Cambiar el flujo de referencia.

El usuario debe colocar varios valores en la celda del tiempo derivativo y determinar si existe alguno que junto con la acción proporcional e integral generen una mejor respuesta del sistema.

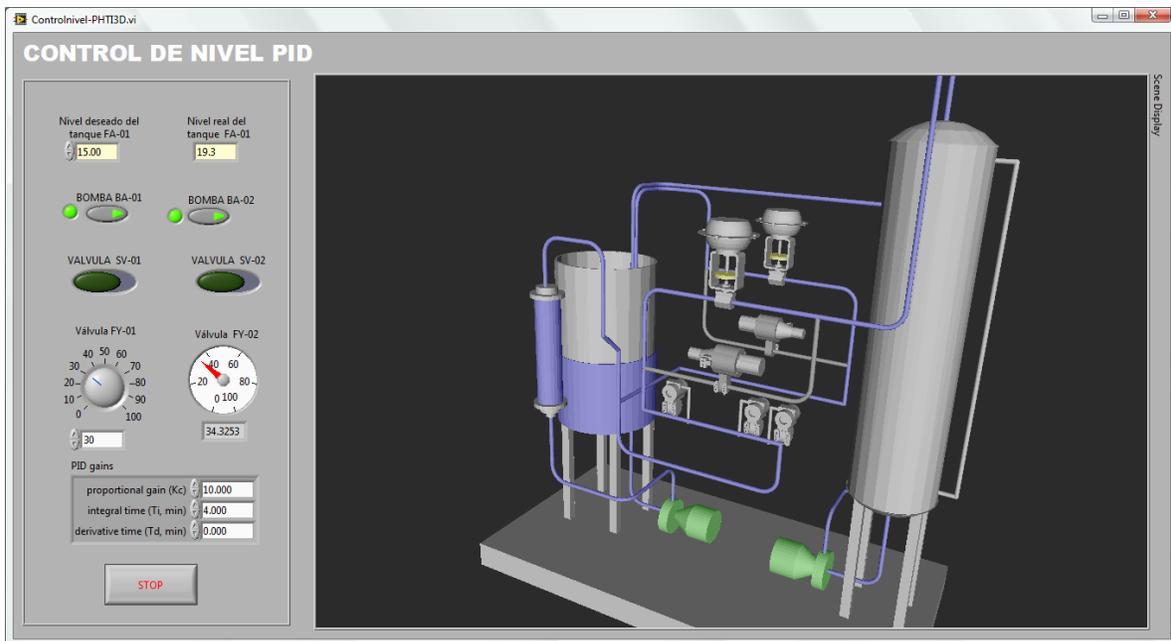
- ⊕ Dar clic sobre el botón STOP del vi "Cámara"
- ⊕ Dar clic sobre el botón STOP del vi "Controlflujo-2"
- ⊕ Dar clic sobre el botón STOP del vi "Controlflujo-PHTI3D"

## DESARROLLO DE LA PRÁCTICA (Control de nivel PID)

En pantalla solo aparece el vi del menú que se muestra en la ilustración 5.

- Dar clic sobre el botón **Control de nivel PID**.

Aparecen tres VIs: el modelo tridimensional “Controlnivel-PHTI3D.vi”, el esquema de la planta “Controlnivel-2.vi” y el vi de la cámara.



**Ilustración 63. Tablero virtual y modelo tridimensional “Control de nivel PID”**

Con este VI se controla el nivel del tanque FA-01. El usuario debe establecer un nivel de referencia.

- Colocar el nivel de referencia del tanque en 15 pulgadas de agua.
- Abrir la válvula FY-01 en 30 %.
- Colocar una ganancia proporcional de 10.
- Colocar un tiempo integral de 4.
- Colocar un tiempo derivativo de 0.
- Encender la bomba BA-01.
- Encender la bomba BA-02.

El controlador envía una señal correctiva a la válvula FY-02 para que iguale el flujo real al flujo deseado. El usuario observará que el control de nivel es un proceso que requiere más tiempo para llegar a su punto de ajuste.

- Cambiar el nivel de referencia de 15 a 20 pulgadas de agua.

Esperar a que el sistema se estabilice en 20 pulgadas.

- Cambiar la apertura de la válvula FY-01 de 30 a 40 %.

El cambio de apertura en la válvula FY-01 representa una perturbación al sistema. El controlador es capaz de responder a dicha perturbación en cuanto detecta que el nivel real difiere del nivel deseado.

- ⊕ Cambiar el nivel de referencia de 20 a 15 pulgadas de agua.
- ⊕ Cambiar la apertura de la válvula FY-01 de 40 a 30%.

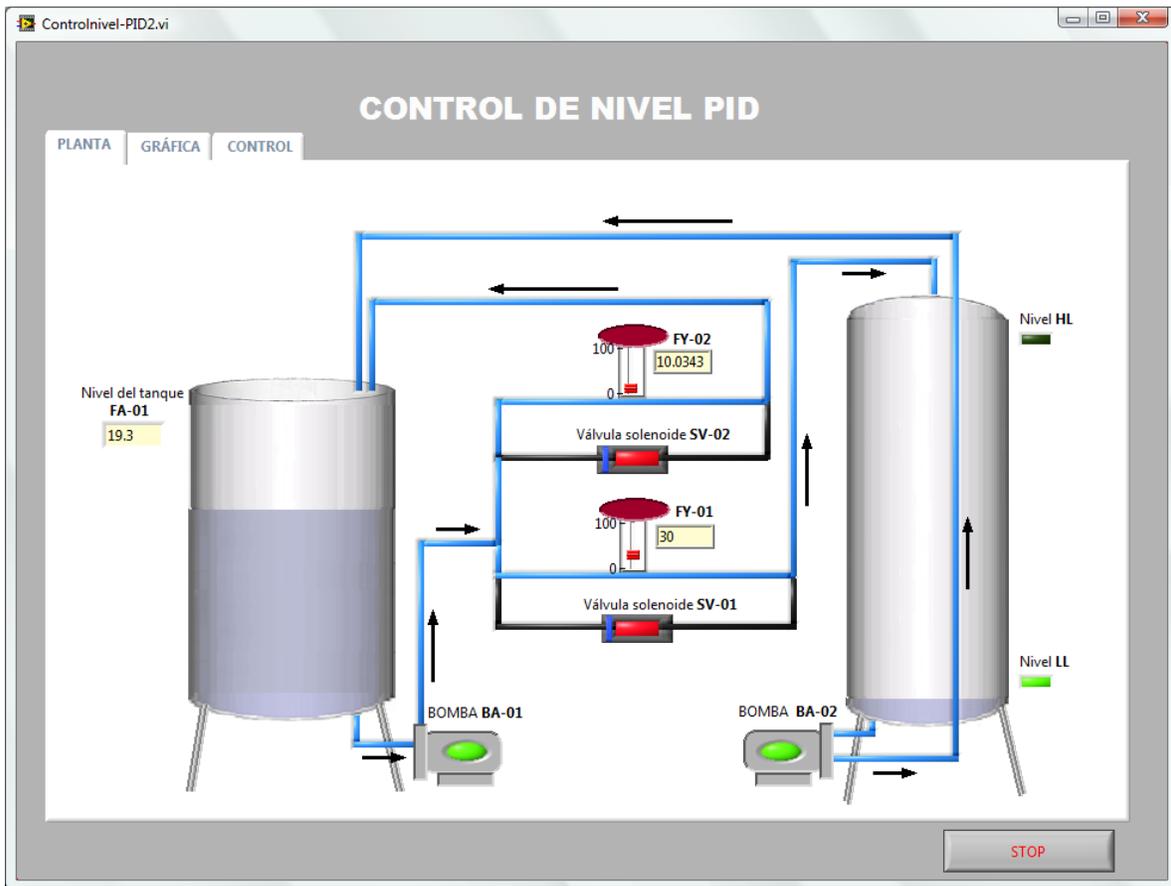


Ilustración 64. Esquema de la planta piloto “Control de nivel PID”

### -GANANCIAS DEL CONTROLADOR PID- Ganancia proporcional

Ya que el usuario ha observado la función del controlador en el sistema, modificará las ganancias del recuadro **PID gains** del tablero virtual y observará la respuesta del sistema ante cada cambio. En esta parte de la práctica el controlador trabajará únicamente con la acción proporcional.

- ⊕ Colocar un cero en la celda *integral time* del recuadro de **PID gains** del tablero virtual.

El controlador trabajará solamente con el efecto de la acción proporcional.

- ⊕ Cambiar el nivel de referencia de 15 a 20 pulgadas de agua.

El usuario observará que esta vez el nivel real del tanque FA-01 no se iguala al flujo de referencia. La acción proporcional hace que el nivel real se acerque a los 15 GPM, sin embargo en estado estacionario siempre existe un error, es decir, el nivel no llega a las 20 pulgadas de agua.

- Cambiar el valor de la ganancia proporcional.
- Cambiar el nivel de referencia.

Con el cambio de la ganancia proporcional se busca que el usuario observe la respuesta del sistema cuando la ganancia es muy grande o muy pequeña. El cambio de flujo de referencia representa una entrada escalón al sistema.

### -GANANCIAS DEL CONTROLADOR PID- Tiempo de integración

En esta parte de la práctica el usuario observará la función del controlador trabajando con la acción proporcional e integral.

- Colocar "4" en la celda del tiempo integral.
- Colocar "10" en la celda de la ganancia proporcional.
- Cambiar el nivel de referencia a 15 pulgadas de agua.
- Una vez que el nivel real del tanque es 15 pulgadas de agua, cambiar el valor del tiempo integral.
- Modificar el flujo de referencia.

Se pretende que el usuario varíe el valor del tiempo integral varias veces hasta determinar el tiempo cuyo valor ofrezca la respuesta deseada del sistema.

### -GANANCIAS DEL CONTROLADOR PID- Tiempo derivativo

En esta parte de la práctica el usuario observará la función del controlador trabajando con la acción proporcional, integral y derivativa.

- Colocar el tiempo integral en 4.
- Colocar la ganancia proporcional en 10.
- Cambiar el nivel de referencia a 15 pulgadas de agua.

El usuario observará la respuesta del sistema según los cambios en el valor del tiempo derivativo.

- Colocar un valor en la celda del tiempo derivativo.
- Cambiar el nivel de referencia.

El usuario debe colocar varios valores en la celda del tiempo derivativo y determinar si existe alguno que junto con la acción proporcional e integral generen una mejor respuesta del sistema.

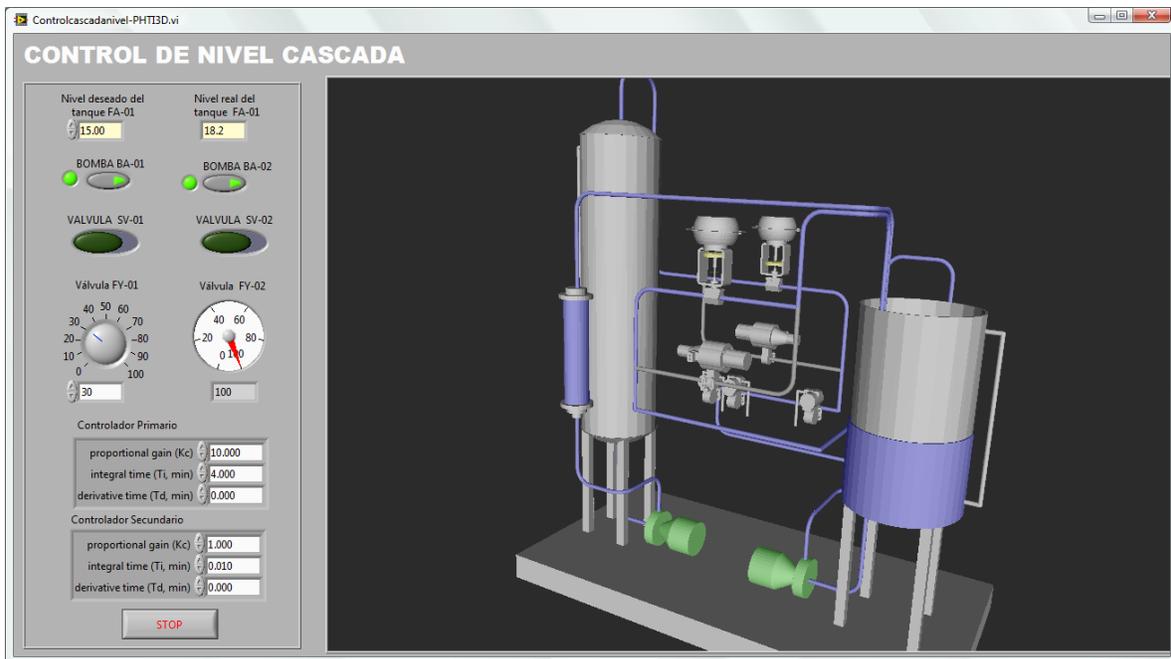
- Dar clic sobre el botón STOP del vi "Cámara".
- Dar clic sobre el botón STOP del vi "Controlnivel-2".
- Dar clic sobre el botón STOP del vi "Controlnivel-PHTI3D".

## DESARROLLO DE LA PRÁCTICA (Control de nivel en cascada)

En pantalla solo aparece el vi del menú que se muestra en la ilustración 5.

- ☛ Dar clic sobre el botón **Control de nivel Cascada**.

Aparecen tres VIs: el modelo tridimensional "Controlcascadanivel-PHTI3D.vi", el esquema de la planta "Controlcascadanivel-2.vi" y el vi de la cámara.



Con este VI se controla el nivel del tanque FA-01. El usuario debe establecer un nivel de referencia.

- ☛ Colocar el nivel de referencia del tanque en 15 pulgadas de agua.
- ☛ Abrir la válvula FY-01 en 30 %.

En la celda de las ganancias del controlador primario:

- ☛ Colocar una ganancia proporcional de 10.
- ☛ Colocar un tiempo integral de 4.
- ☛ Colocar un tiempo derivativo de 0.

En la celda de las ganancias del controlador secundario:

- ☛ Colocar una ganancia proporcional de 1.
- ☛ Colocar un tiempo integral de 0.01.
- ☛ Colocar un tiempo derivativo de 0.

- ☛ Encender la bomba BA-01.
- ☛ Encender la bomba BA-02.

El controlador envía una señal a la válvula FY-02 para que iguale el flujo real al flujo deseado. El usuario observará que el control de nivel es un proceso que requiere más tiempo para llegar a su punto de ajuste, sin embargo es más rápido que el control de nivel PID de un solo lazo.

- ⊕ Cambiar el nivel de referencia de 15 a 20 pulgadas de agua.

Esperar a que el sistema se estabilice en 20 pulgadas.

- ⊕ Cambiar la apertura de la válvula FY-01 de 30 a 40 %.

El cambio de apertura en la válvula FY-01 representa una perturbación al sistema. El controlador es capaz de responder a dicha perturbación en cuanto detecta un cambio en el flujo de entrada y así evita que el nivel del tanque sea afectado.

- ⊕ Cambiar el nivel de referencia de 20 a 15 pulgadas de agua.
- ⊕ Cambiar la apertura de la válvula FY-01 de 40 a 30%.

### -GANANCIAS DEL CONTROLADOR EN CASCADA-

Las ganancias del controlador primario y del secundario son las mismas que se usaron para los esquemas de control de flujo y control de nivel. El usuario puede cambiar las ganancias de cada controlador como se hizo anteriormente para el esquema de control de flujo y de nivel PID. Cuando se trabaja con esquemas de control en cascada primero deben sintonizarse las ganancias del controlador secundario y después las del controlador primario.

- ⊕ Dar clic sobre el botón STOP del vi "Cámara".
- ⊕ Dar clic sobre el botón STOP del vi "Controlnivel-2".
- ⊕ Dar clic sobre el botón STOP del vi "Controlnivel-PHTI3D".

# **ANEXO 4**

**Conexión Remota.**

## Anexo 4: Conexión Remota.

En este anexo se explica el procedimiento para publicar el VI “Menú-2” en una página Web. De esta forma el proceso de la planta puede ser controlado y supervisado desde una PC con acceso a internet. Es importante que la PC tenga instalado el *Run Time Engine* de LabVIEW, el cual se puede descargar gratuitamente de la página <http://joule.ni.com/nidu/cds/view/p/id/1101/lang/en>.

Para realizar la conexión Remota del equipo por medio de la herramienta *Web Publishing* de labVIEW se deben seguir los siguientes pasos.

- En la barra de herramientas del VI dar clic sobre la opción **Tools >> Options**, como se muestra en la ilustración 1.

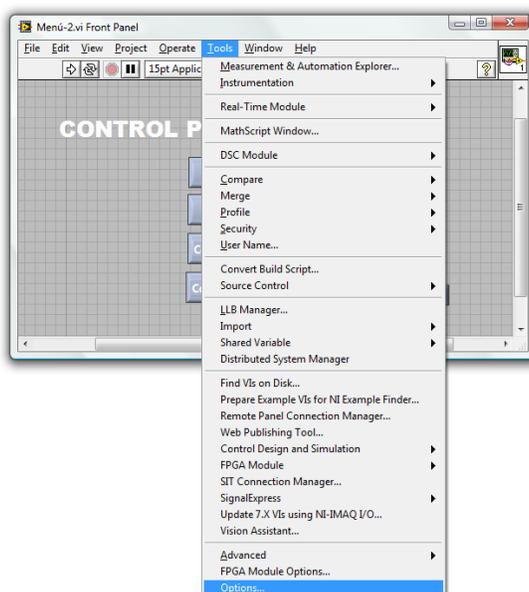


Ilustración 65. VI “Menú-2”

- En la ventana de *Options* da clic sobre **Web Server: Configuration**. Como se indica en la ilustración 2.
- Da clic sobre el cuadro **Enable Web Server** y da clic en **OK**.
- El contenido de las celdas restantes aparece por default y no se cambia su información.

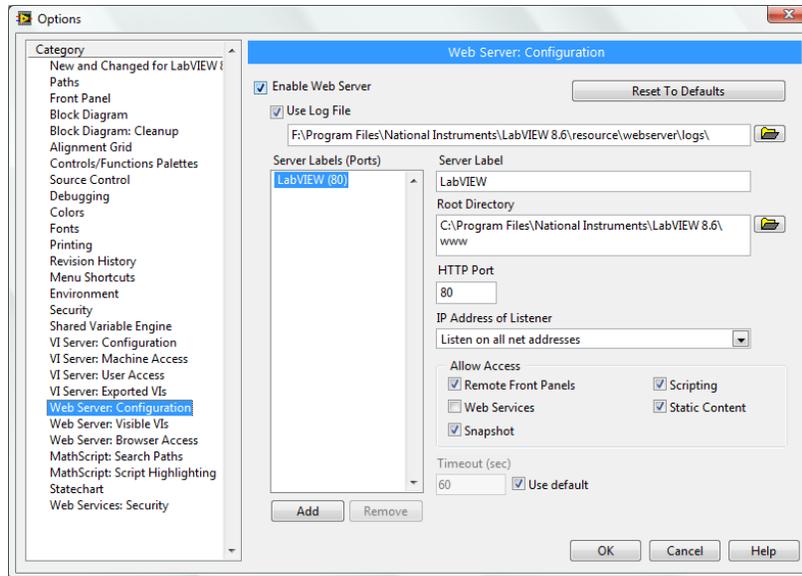


Ilustración 66. Ventana Web Server: Configuration.

- ☛ Escoger nuevamente de la barra de herramientas la opción **Tools>>Options**.
- ☛ Dar clic sobre **Web Server:Browser Access**. Como se indica en la ilustración 3.
- ☛ En la celda **Browser Adres** colocar un \* para indicar que todos los usuarios tienen acceso al VI.
- ☛ Dar clic sobre en la casilla **Allow Viewing and Controlling**.
- ☛ Dar clic sobre el botón **OK**.

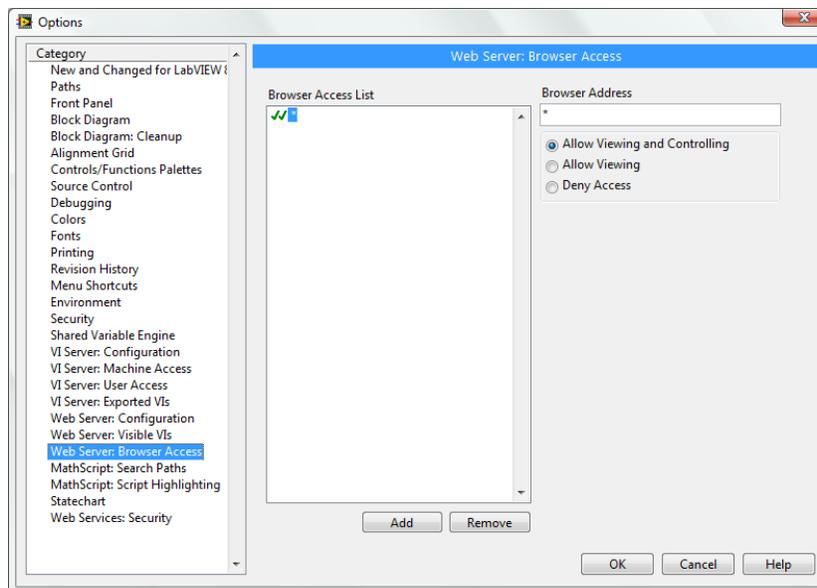


Ilustración 67. Ventana Web Server: Browser Acces.

- ☛ Da clic sobre **Web Server:Visible VIs**. Como se indica en la ilustración 4.
- ☛ En la celda **Visible VI** colocar un \* para permitir que cualquier VI sea visible.

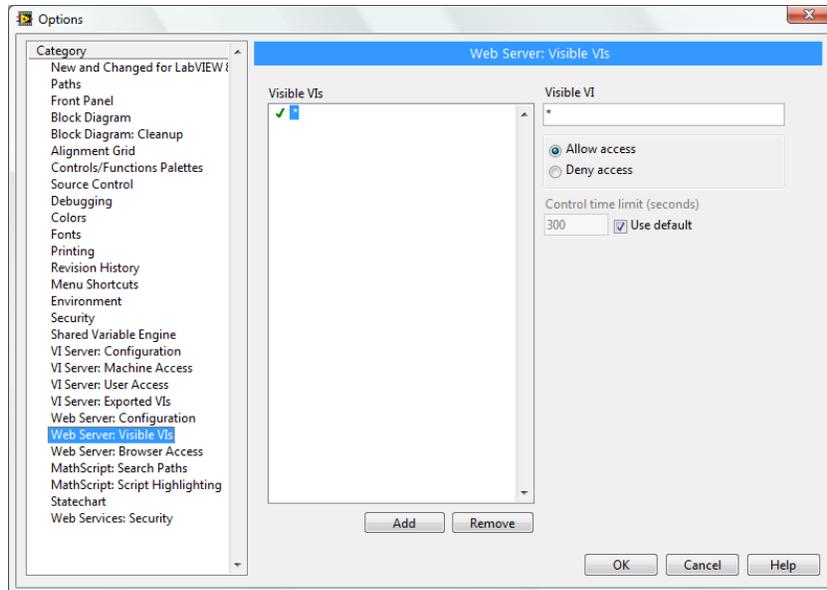


Ilustración 68. Ventana Web Server: Visible VIs.

- ☛ Asegurarse que el vi que se desea ver de manera remota esta abierto.
- ☛ En la barra de herramientas del VI dar clic sobre la opción **Tools >> Web Publishing Tool**.
- ☛ En pantalla aparece una ventana como la que muestra en la ilustración 5. En el menú que se despliega de la celda **VI name**, elegir el VI que desea publicar.
- ☛ Selecciona la opción **Embedded** y da clic en el botón **Next >**.

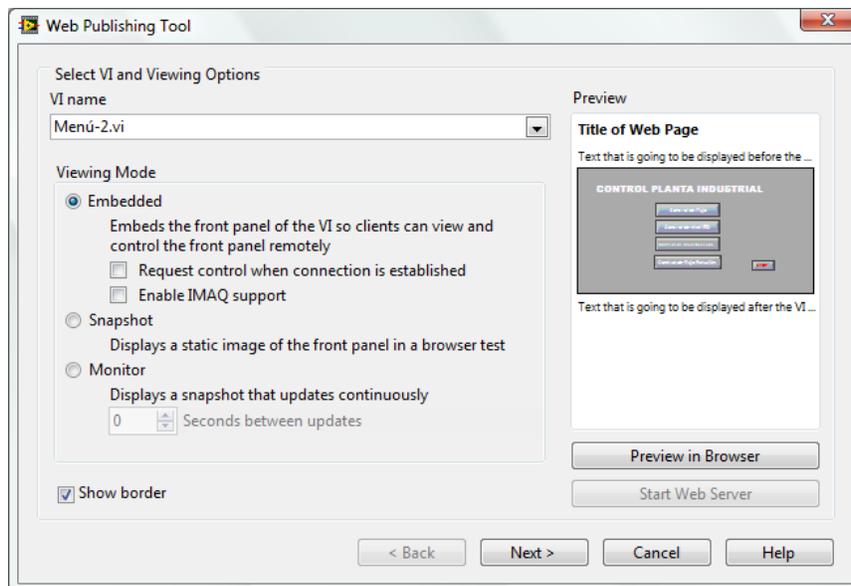


Ilustración 69. Web Publishing Tool: Select VI and Viewing Options.

- ☛ En pantalla aparece la ventana *Select HTML Output*, como se muestra en la ilustración 6. Colocar un Título de la página WEB en la celda **Document title**, un encabezado en la celda **Header** Y un pie de página en la celda **Footer**.
- ☛ Dar clic en el botón **Next >**.

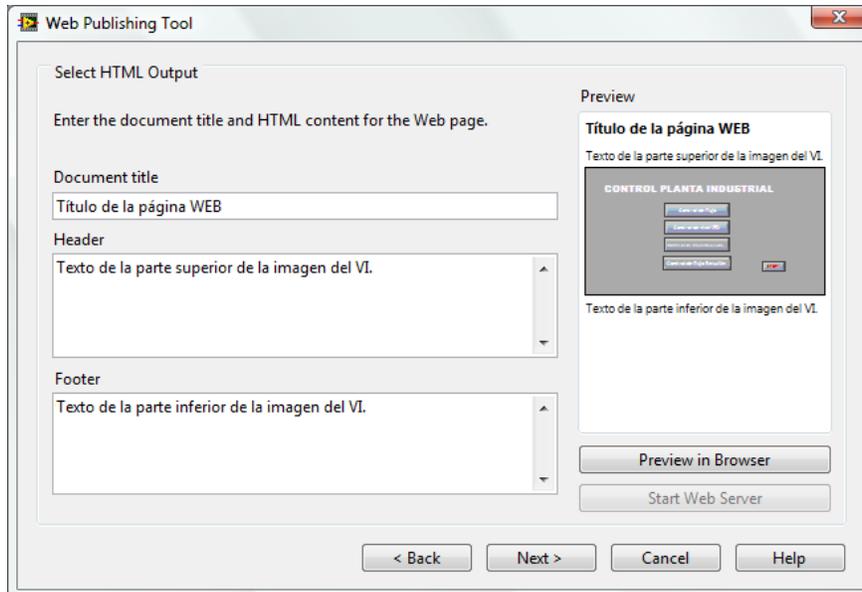


Ilustración 70. Web Publishing Tool: Select HTML Output.

- ✿ En la ventana *Save the New Web Page* (mostrada en la ilustración 7) se encuentra la celda **Local Directory to save the Web page** en la que aparece por *default* la dirección donde se guarda la página Web del VI.
- ✿ En la celda **URL** se encuentra la dirección de la página Web del VI.
- ✿ Dar clic en el botón **Save to Disk**.

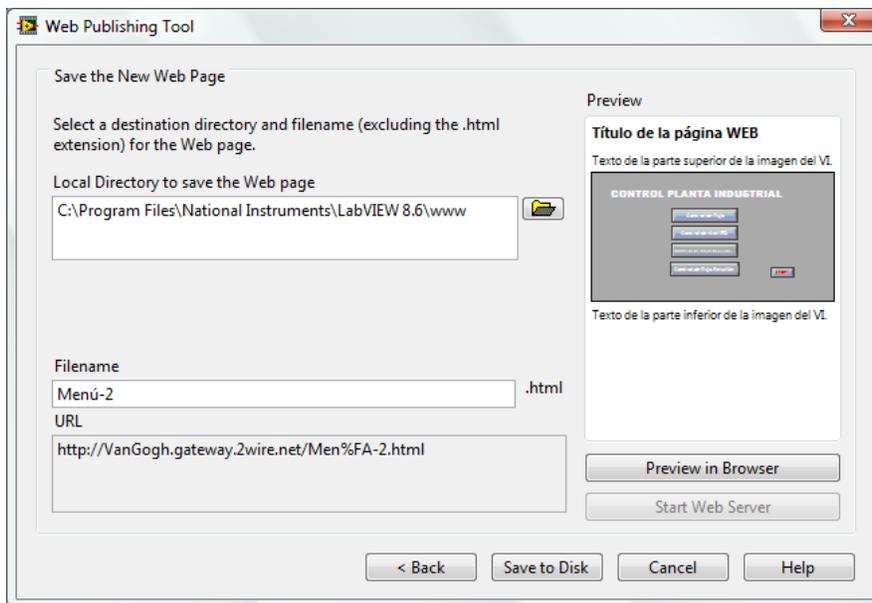
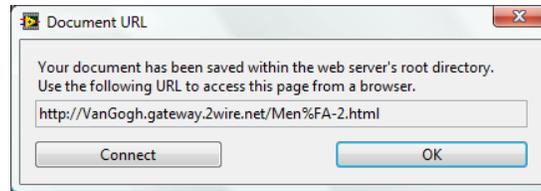


Ilustración 71. Web Publishing Tool: Save the New Web Page.

- ✿ Finalmente aparece la ventana *Document URL* (mostrada en la ilustración 8). Para ver la página del VI desde el explorador de la computadora dar clic sobre el botón **Connect**.
- ✿ Para cerrar el asistente *Web publishing Tool* dar clic en el botón **OK**.



**Ilustración 72 Ventana Document URL.**

- ✿ Abrir el explorador de la computadora donde se verá el VI de manera remota e introducir la dirección de la página Web del VI.