



Materiales para la Formación

Introducción a LabVIEW

Contenidos:

- A. LabVIEW – Entorno Gráfico de Programación
- B. Propósito para el Estudio de LabVIEW
- C. Fundamentos Básicos sobre LabVIEW
- D. Técnicas de Depuración
- E. Construcción de la Aplicación para la Demostración de la Ley de Boyle-Mariotte
- F. Estructuras de Programación
- G. Tipos de Datos y Conexiones
- H. Nodos de Propiedades
- I. Algunas características avanzadas de LabVIEW
- J. Referencias

A. LabVIEW – Entorno Gráfico de Programación

A.1. ¿Qué es LabVIEW?

LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*), marca registrada de National Instrument Inc. (NI), es un software de instrumentalización y análisis para el funcionamiento de los ordenadores. Es un entorno de programación que incluye todas las herramientas necesarias para el control del instrumento, la adquisición de datos, su almacenamiento, análisis y presentación, y la integración de todas estas características en un único sistema. Utiliza una programación gráfica y un lenguaje gráfico llamado G. El principal objetivo de LabVIEW es la creación de instrumentos virtuales.

A.2. ¿Qué es la Instrumentalización Virtual?

Por instrumento virtual se suele entender el sistema de medida controlado por un ordenador real. El control de los instrumentos físicos, que existen en el entorno del ordenador, se puede realizar utilizando el teclado, el ratón y la pantalla del ordenador. Una comprensión más amplia de la instrumentalización virtual incluye también una variedad de aplicaciones computerizadas para el modelado de los procesos, las simulaciones del instrumento o la ejecución de las animaciones de los sistemas de medida. En este sentido, todos los programas LabVIEW son **Instrumentos Virtuales**, o IVs para abreviar.

B. Propósito para el estudio de LabVIEW

La instrumentalización virtual se puede utilizar no solamente para la construcción de instrumentos del mundo real, como ya se ha apuntado con anterioridad, sino que también puede ser útil para las aplicaciones de construcción, que simulan los dispositivos del mundo real y los instrumentos durante su funcionamiento, y para la animación y el modelado de los procesos físicos reales, por ejemplo, en experimentos de Física, mostrando cómo funcionan. Esta es una de las posibilidades y de las características significativas de LabVIEW, que



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

puede ser utilizado para elaborar herramientas útiles en el proceso de la enseñanza, y también en el e-learning; por ejemplo, enseñando los fundamentos de los fenómenos físicos o demostrando la metodología al realizar experimentos de Física.

El principal objetivo de este breve manual sobre LabVIEW en este material para la formación es demostrar cómo el lenguaje gráfico G de LabVIEW puede ser utilizado para las aplicaciones de construcción, que son experimentos virtuales de Física dedicados a la presentación de *Las Leyes de los Gases*. Lo que se pretende es que este material te prepare para la utilización de LabVIEW a la hora de crear aplicaciones sencillas en el nivel básico.

C. Fundamentos Básicos sobre LabVIEW

Los programas LabVIEW, que son instrumentos virtuales, se componen de tres partes principales: el *Panel Frontal*, el *Diagrama de Bloques* y el *Icono/Conector*. Cuando LabVIEW arranca aparece la ventana de *Inicio* en la forma en que se muestra en el Gráfico 1 para *LabVIEW 8.2*.

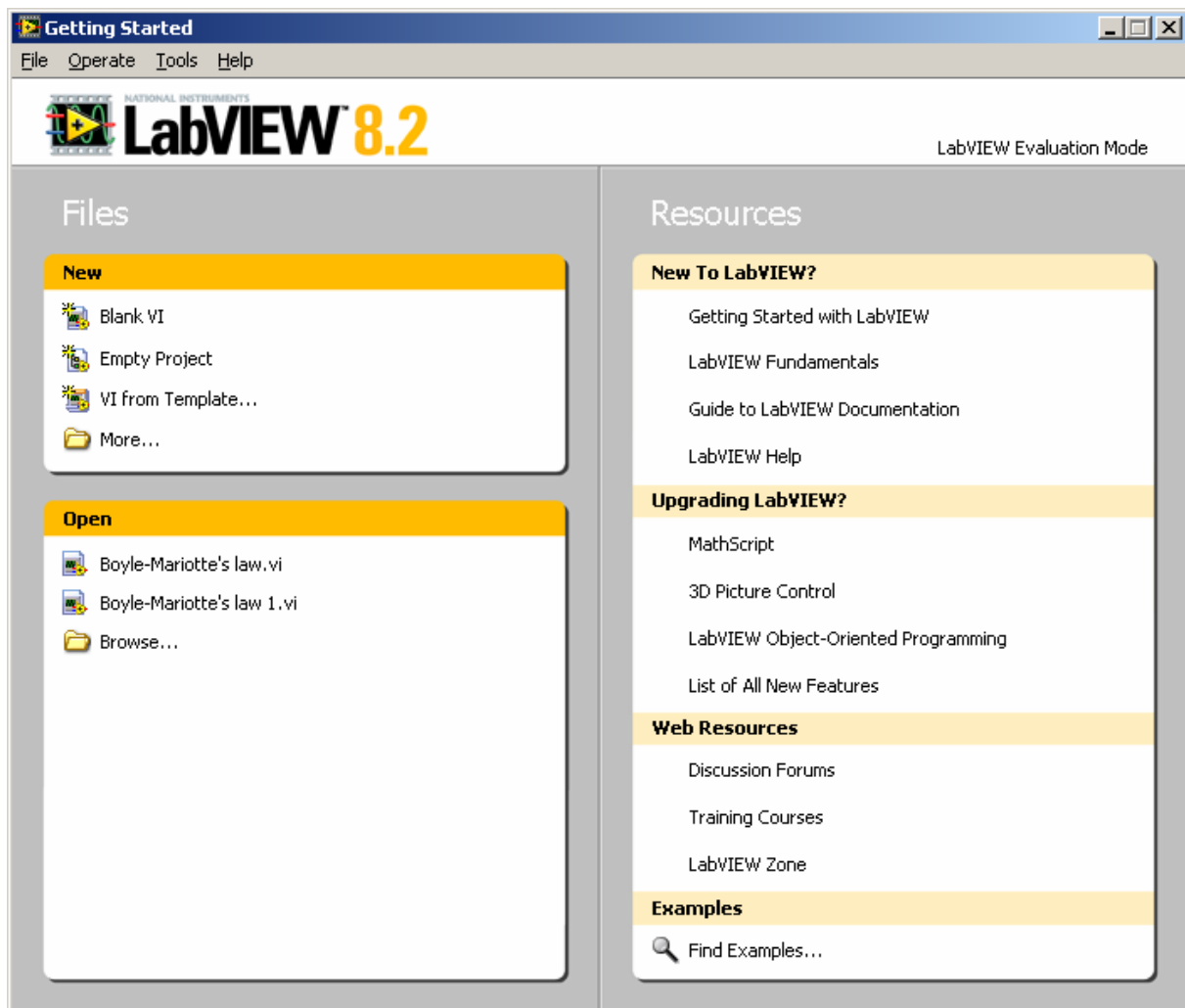


Gráfico 1 – Ventana de Inicio para *LabVIEW 8.2*



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

Desde la ventana de *Inicio* se puede abrir el dispositivo de almacenamiento del IV sin información o *Blank VI* (vacío; Gráfico 2) seleccionando para ello *Blank VI* desde la casilla de *Archivos>>Nuevo*.

El IV ha sido creado con dos ventanas, la ventana del Panel Frontal que se ve al frente (Gráfico 2) tras abrir *Blank VI*, y la ventana de *Diagrama de Bloques* en la parte posterior, tras la ventana del *Panel Frontal*.

Estas ventanas tienen las características propias de *Windows*, como las barras de cabecera y menú, la barra de desplazamiento, los botones para minimizar y maximizar y también algunas características específicas adicionales como la barra de herramientas y la casilla de *Icono/Conector* visible a la derecha, en la esquina superior de la ventana del IV.

El *Panel Frontal*, interfaz de usuario, permite al usuario controlar la ejecución de IV. Se ha construido con un conjunto de objetos gráficos utilizados por el usuario para ofrecer alguna información al IV (una información de entrada o input al programa) o puede ser utilizada por el IV para proporcionar la información deseada y que sea útil para el usuario (información resultante o output del programa). Los objetos del *Panel Frontal*, cuyo papel varía según la aplicación, son *Controles* o *Indicadores*. Los *Controles* proporcionan a la aplicación los datos que se utilizan para controlarla, y los *Indicadores* se utilizan para presentar los datos o resultados obtenidos tras el análisis de datos. Para ambos tipos de objetos del *Panel Frontal* se utiliza normalmente el nombre de *Controles*.

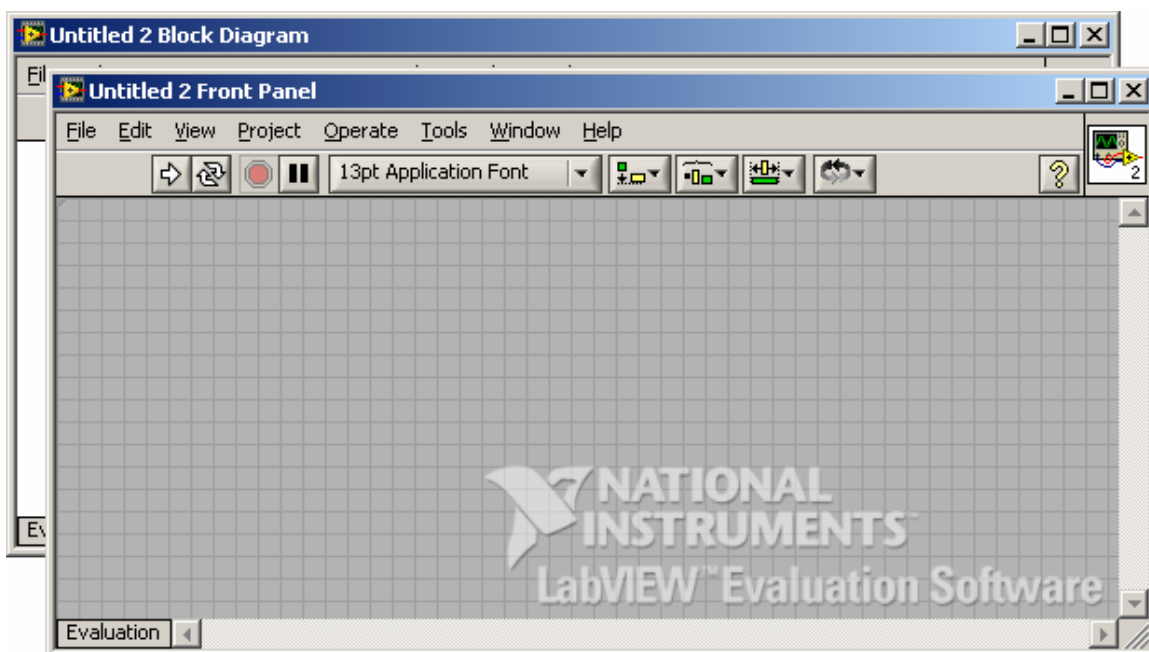


Gráfico 2 – Ventanas del Panel Frontal (al frente) y del Diagrama de Bloques (en la parte posterior)

Se puede colocar un objeto del panel frontal sobre el *Panel Frontal* abriendo la *Paleta de Controles* (*Controls Palette*) desplegándolo donde se desee en la ventana del panel frontal y seleccionando la sub-paleta correspondiente (por ejemplo, la paleta numérica) y a continuación el icono apropiado utilizando el menú desplegable (por ejemplo un tanque) colocándolo en el panel frontal con la técnica de arrastrar y soltar. (Gráfico 3). También se puede abrir la *Paleta de Controles* desde la barra de menú seleccionando *Ver>> Paleta de Controles* (*View>>Controls Palette*).



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

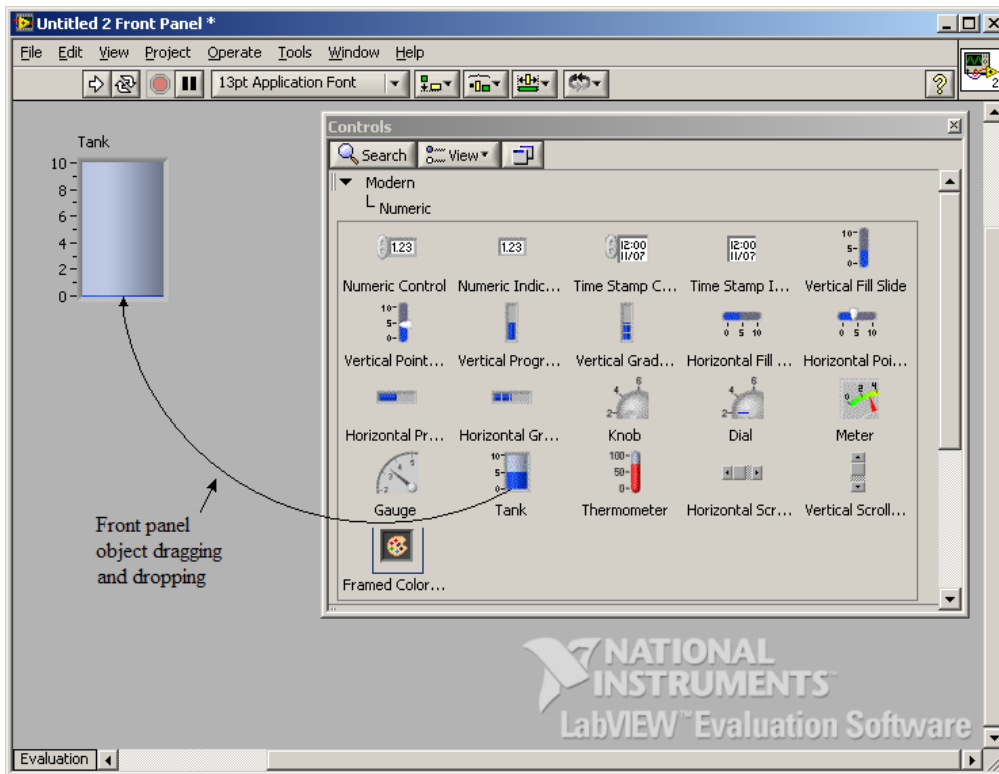


Gráfico 3 – El panel Frontal con la Paleta de Controles

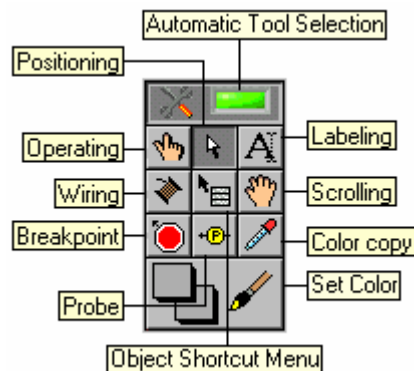


Gráfico 4 – La Paleta de Herramientas

Una vez colocado el objeto (el tanque) en el panel frontal, a este se le puede volver a dar tamaño, etiquetar, renombrar, cambiar de rango, colorear, etc. Para realizar estas operaciones se pueden seleccionar las herramientas correspondientes desde la *Paleta de Herramientas (Tools Palette)* (Gráfico 4). Se puede abrir la *Paleta de Herramientas* desde la barra de menú seleccionando *Ver>>Paleta de Herramientas (View>>Tools Palette)* o con la combinación *Desplazamiento+Click botón derecho* del teclado.



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

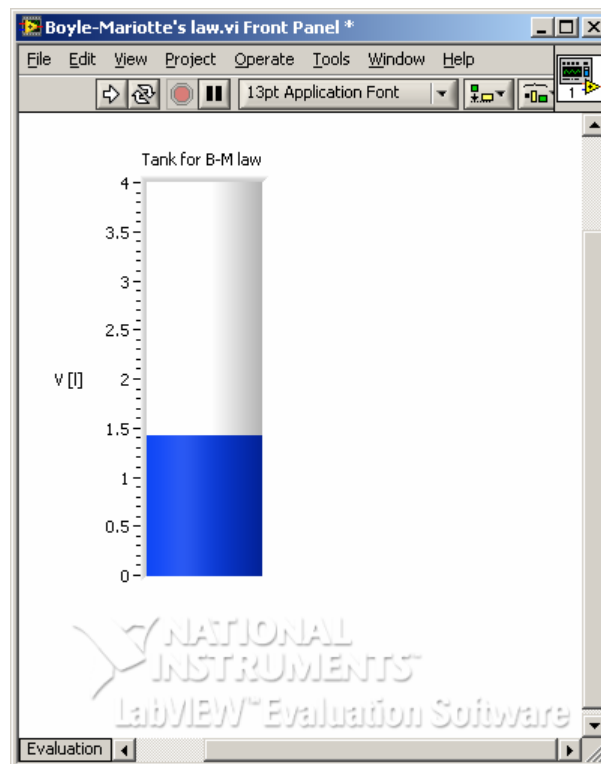


Gráfico 5 – El panel frontal con el control que simula un tanque

La *Paleta de Herramientas* es un panel gráfico que contiene distintas herramientas que se utilizan para crear y operar con los IVs. Una herramienta es un cursor de ratón especial, que puede ser de distintos tipos dependiendo de su función, para realizar operaciones específicas tales como el posicionamiento (positioning), conexión (wiring), etiquetado (labeling), funcionamiento (operating), desplazamiento (scrolling), establecimiento de los puntos de parada (setting breakpoints), los menús de acceso directo y sonda (probes and shortcut menus) y también operaciones utilizadas normalmente en cualquier programa de paint para cambiar la visualización del objeto. El Gráfico 5 muestra el *Tanque* de control, cuyo nombre ha sido editado reemplazando *Tanque* por *Tanque para la Ley de B-M*, utilizando para ello la *Herramienta de Etiquetado (Labeling Tool)*. Con la misma herramienta el nombre de la escala de ejes Y [l]V ha sido colocada y se ha cambiado su rango de 10 a 4. La edición del texto se ha hecho de la típica forma en que lo hacen los programas que se utilizan para procesar textos. También se cambiaron la amplitud y altura del tanque utilizando la *Herramienta de Posicionamiento (Positioning Tool)*. Finalmente, el color del espacio bajo el nivel del gas dentro del tanque ha sido cambiado a blanco utilizando la *Herramienta de Establecimiento de Color (Set Color Tool)*, y de igual manera, el contorno de la ventana. Las operaciones relativas al cambio de tamaño y color se realizan de manera similar a las típicas operaciones de edición de imágenes. Para cambiar el nivel del gas en el tanque se puede utilizar la *Herramienta de Funcionamiento (Operating Tool)*.

La *Paleta de Herramientas* es común tanto para las operaciones del panel frontal como para las del diagrama de bloques.

“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

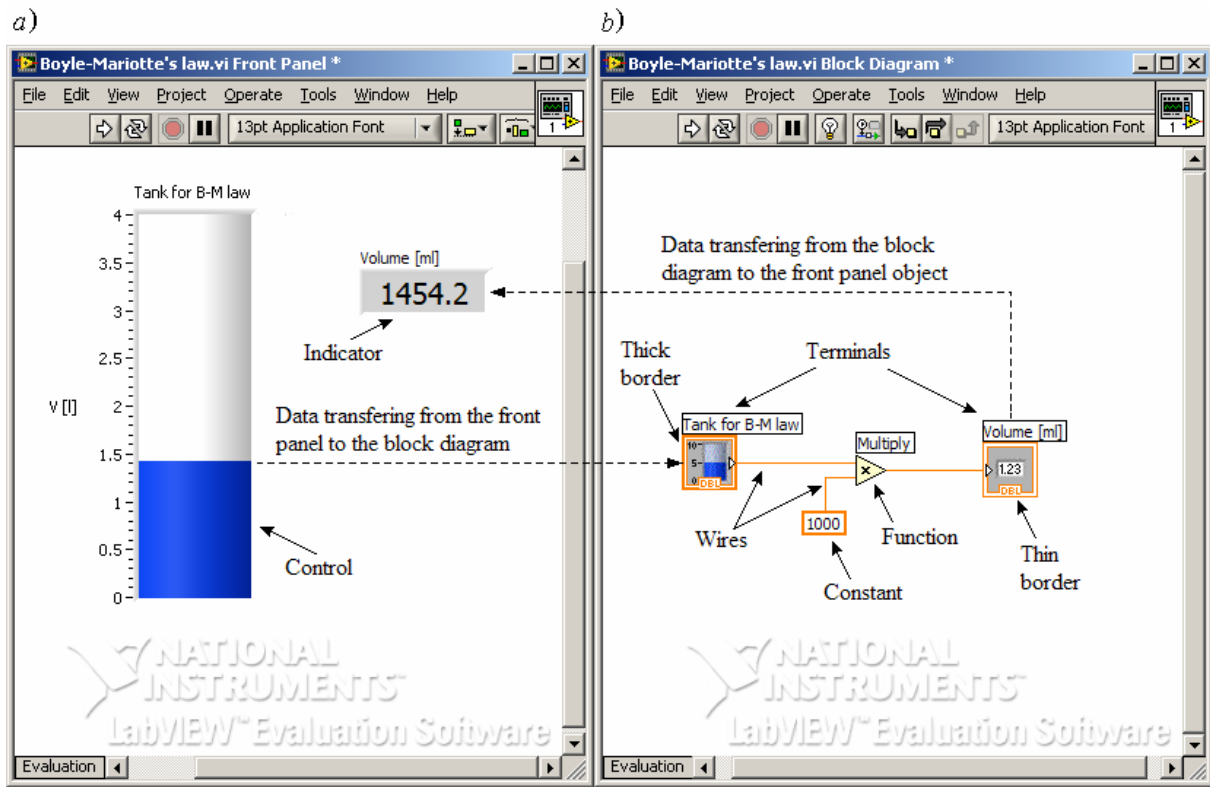


Gráfico 6 – Panel frontal y diagrama de bloques colocados juntos en la pantalla para el IV Ley de Boyle-Mariotte

El Diagrama de *Bloques* contiene las terminales correspondientes a los objetos, controles e indicadores del panel frontal, a la vez que las funciones, estructuras, sub-IVs, constantes, y conexiones que transportan los datos de un objeto a otro. Las funciones, estructuras y sub-IVs son elementos de ejecución del programa – nodos. El icono sub-IV representa un programa colocado como subprograma dentro de otro IV. El conjunto de los objetos arriba mencionados representa de forma gráfica el código fuente del programa. Durante la ejecución del programa los datos son transferidos entre el *Panel Frontal* y el *Diagrama de Bloques*, y llevados entre los iconos del diagrama de bloques. La ruta del flujo de datos en el diagrama de bloques está determinada por las conexiones alámbricas. El Gráfico 6 muestra el panel frontal del IV de la *Ley de Boyle-Mariotte* en el que con el control numérico se ha nominado como *Volumen*, y que muestra el valor del volumen del gas con unidades de *ml*. y una precisión digital de 1.

Se pueden abrir por separado las ventanas del panel frontal y del diagrama de bloques por medio de *Ventana>>Mostrar Panel Frontal (Window>>Show Front Panel)* o *Mostrar Diagrama de Bloques (Show Block Diagram)* disponibles en las barras de menú correspondientes.

“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

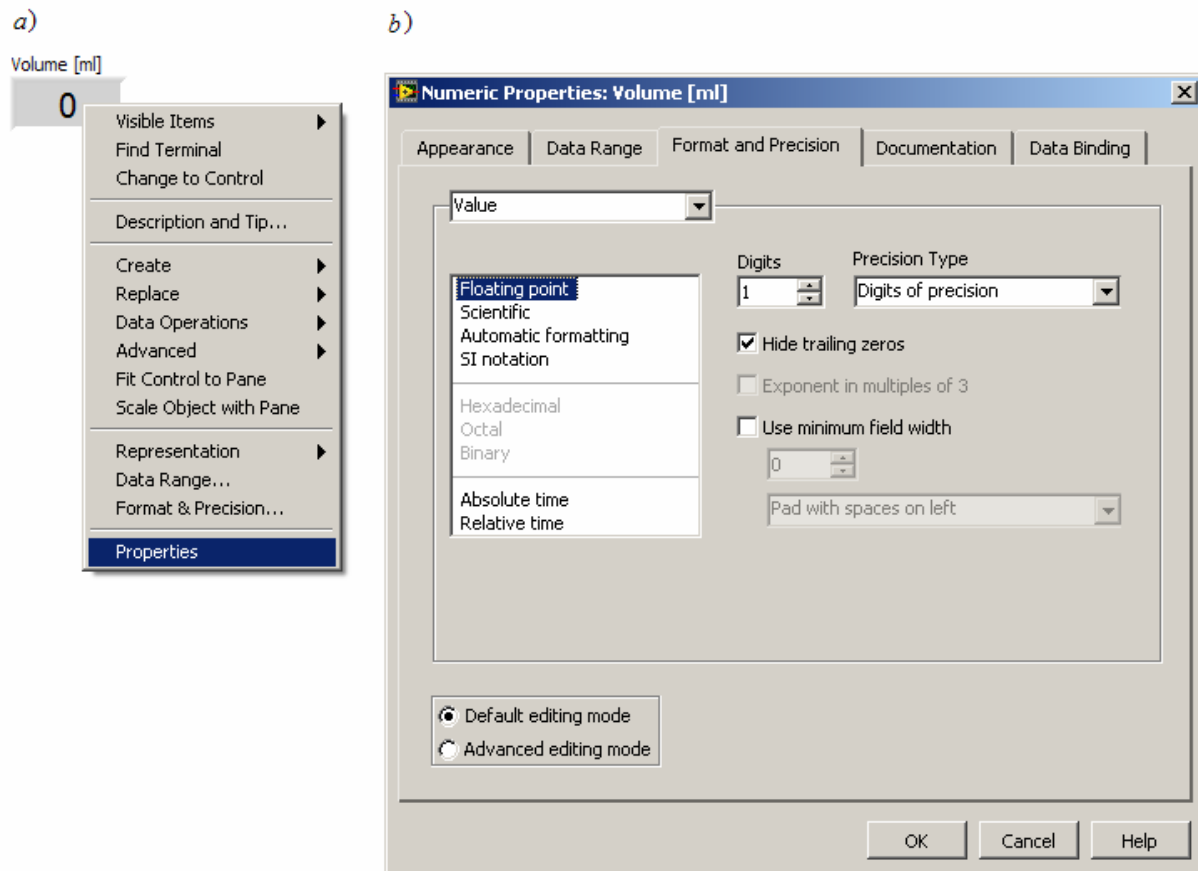


Gráfico 7 – Selección de Propiedades para el objeto del Panel Frontal – Control del Volumen: a) Menú de acceso directo al control del Volumen, b) Ventana de Propiedades Numéricas

En el programa de IV sobre la *Ley de Boyle-Mariotte* el control numérico del *Tanque para la ley de B-M* proporciona el indicador numérico *Volumen* con datos numéricos. El cambio de la función del indicador del *Tanque para la Ley de B-M* por la función de control del *Tanque para la Ley de B-M* ha sido posible seleccionando *Cambiar a Control* (*Change to Control*) (Gráfico 7^a) desde el menú desplegable para el indicador *Tanque para la Ley de B-M*. Lo contrario al *Cambiar a Control* (función) es el *Cambiar a Indicador* (*Change to Indicator*) (función). Es posible cambiar funciones similares para otros controles tras colocarlos en el panel frontal. Los controles son fuentes de datos y los indicadores son receptores de datos. Cada objeto colocado en el panel frontal es representado en el diagrama de bloques por su terminal. Dependiendo de la función del objeto, el margen de su terminal puede ser grueso (para los controles) o fino (para los indicadores). Los datos se pueden llevar de la terminal de control a la terminal del indicador tras conectarlos por cable con la *Herramienta de Conexión* (*Wiring Tool*).

Las propiedades de control colocadas en el panel frontal pueden ser determinadas desde la ventana de Propiedades (*Properties*) (el Gráfico 7b muestra para el control numérico del *Volumen*), que puede ser abierto desde el menú desplegable del objeto presionando con el botón derecho y seleccionando la opción *Propiedades* (*Properties*) (Gráfico 7a). Desde esta ventana tras abrir la opción *Formato y Precisión* (*Format and*



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

Precision) se seleccionó el dígito de precisión 1 como número elegido por el indicador de *Volumen*.

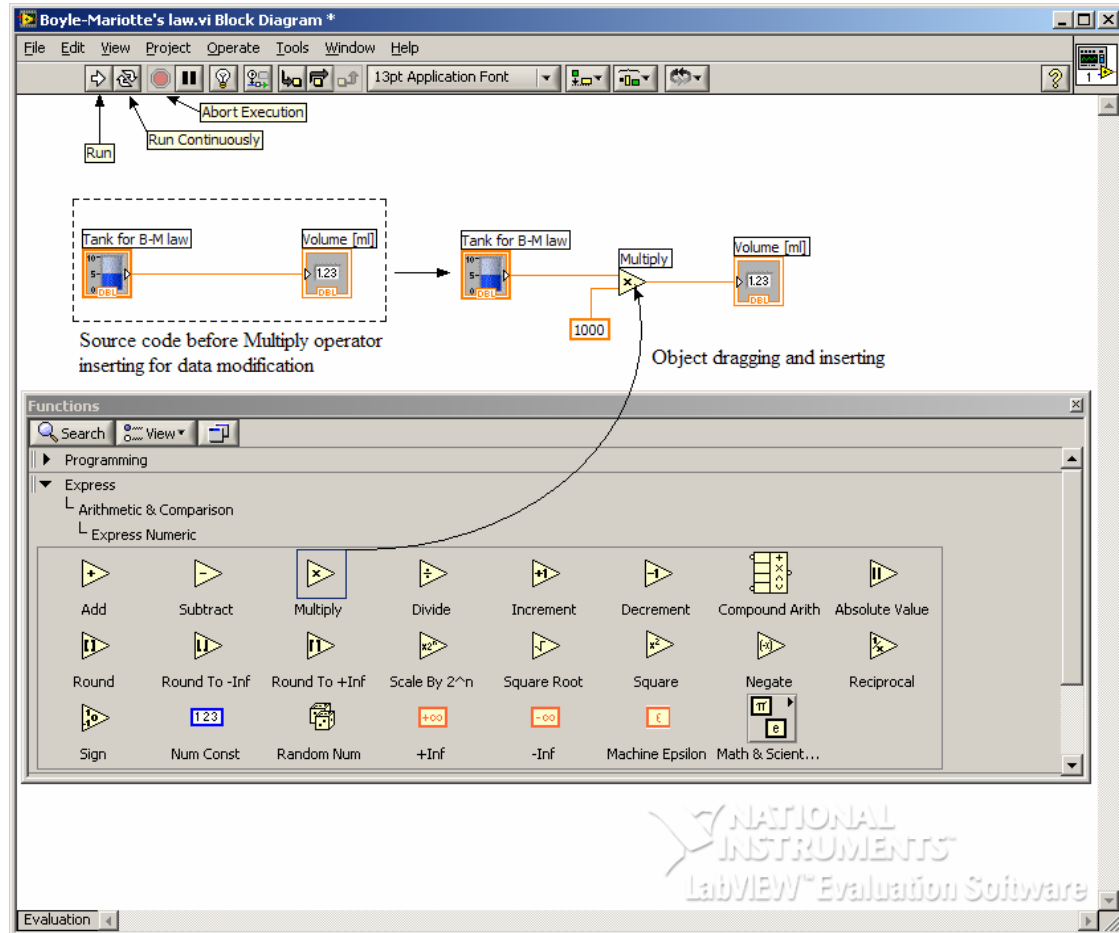


Gráfico 8 – El operador aritmético *Multiplicar*, seleccionándolo y arrastrándolo desde la subpaleta *Express Numeric* e insertándolo entre los terminales del *Tanque para la ley de B-M* y el del *Volumen*

Los datos pueden ser modificados mientras se trasladan. En el diagrama de bloques en el Gráfico 6a el valor de los litros de gas recibidos desde la terminal del *Tanque* se convierte en el valor de los mililitros mostrados por el indicador de volumen. La modificación de datos se ha hecho con el objeto de la función *Multiplicar* (*Multiply*) insertada en el camino entre el *Tanque para la Ley de B-M* y los terminales de *Volumen*. Los objetos de función y los IVs para la modificación de datos se encuentran disponibles en la *Paleta de Funciones* (*Functions Palette*). Se puede colocar un objeto de función sobre el diagrama de bloques abriendo la paleta con las funciones e IVs (*Paleta de Funciones*) desplegando a la derecha donde se quiera en la ventana del diagrama de bloques, y seleccionando la correspondiente subpaleta (por ejemplo, la subpaleta *Express Numeric* que se abre desde *Express >> Arithmetic&Comparison*) y a continuación arrastrando y soltando el icono apropiado (operador numérico para *Multiplicar*, por ejemplo) hasta la ventana del diagrama de bloques (Gráfico 8). La *Paleta de Funciones* también se puede abrir desde la barra de menú seleccionando *Ver>>Paleta de Funciones* (*View>>Functions Palette*).



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

Tras completar el código fuente se puede ejecutar el IV una sola vez haciendo click sobre el botón *ejecutar (Run)* o de forma continua presionando sobre el botón *Ejecutar Continuosamente (Run Continuosly)* disponible en la barra de herramientas. El botón blanco *Ejecutar* informa de que el IV ya está preparado para funcionar. Si se inicia el IV, LabVIEW lo compila, y comienza la ejecución del IV. Mientras se inicia el IV el botón de *Ejecutar* cambia su apariencia (reemplazando la flecha blanca por la negra) para indicar que el IV se está ejecutando. Se puede detener la ejecución del IV inmediatamente presionando los botones *Cancelar Ejecución (Abort Execution)* o *Ejecución Continua (Running Continuosly)* disponibles en la barra de herramientas.

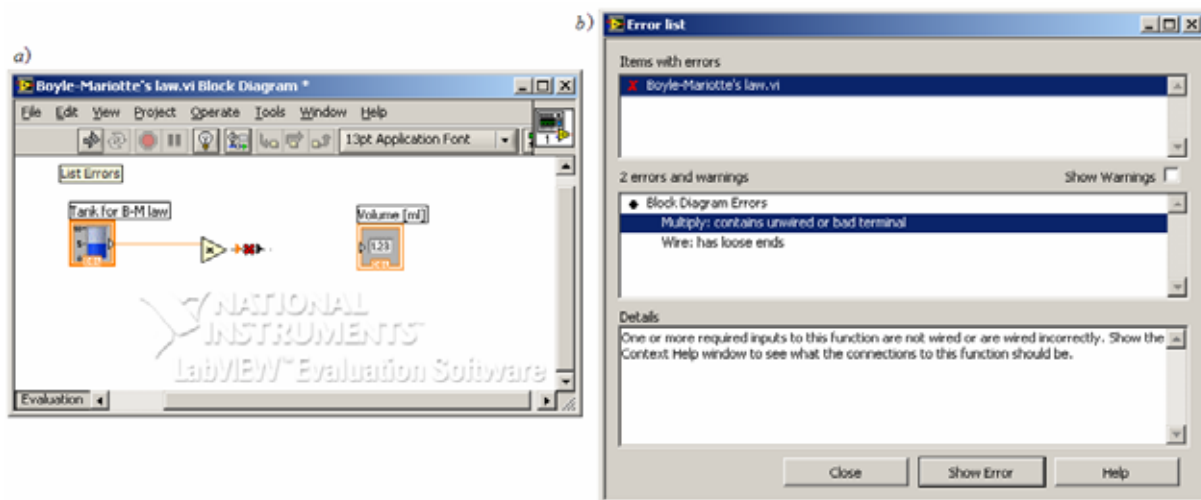


Gráfico 9 – Depuración de errores en la programación: a) IV con errores, b) ventana con la lista de errores

D. Técnicas de Depuración

El botón de *Ejecución* (una flecha rota) aparece en la barra de herramientas en caso de que el IV esté dañado. En este caso se reemplaza el nombre del botón *Ejecutar* por el de Lista de Errores (*Error List*) (Gráfico 9a). Un IV dañado es un IV que no puede compilar o no se puede ejecutar debido a errores de programación. Se puede investigar qué clase de errores tiene tu IV haciendo click sobre el botón con el cable roto *Lista de Errores*. El Gráfico 9a muestra el IV de la *Ley de Boyle-Mariotte* con dos errores: uno es debido a una mala conexión (el cable: tiene los extremos sueltos) indicado por una línea discontinua negra, y el segundo relativo a que uno de los dos terminales del operador *Multiplicar* no está conectado a nada (*Multiplicar: contiene una terminal desconectada o defectuosa*).

LabVIEW es un sistema basado en el principio de flujo de datos. Este sistema consiste en nodos ejecutables que sólo funcionan cuando reciben todos los datos de input necesarios produciendo a continuación los datos de output cuando se ejecutan. Se puede comprobar cómo se ejecuta tu IV con el botón del dispositivo de *Ejecución Resaltada (Highlight Execution)* disponible en la barra de tareas. De esta manera se puede observar como los datos fluyen entre los terminales (Gráfico 10a). Existe otra posibilidad de comprobar el IV chequeando paso a paso la ejecución del IV con los botones *Comenzar la Ejecución Individual, Ejecutar... y Finalizar el IV...* (*Start Single Stepping, Step over... and Finish VI...*) (Gráfico 10b).

“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

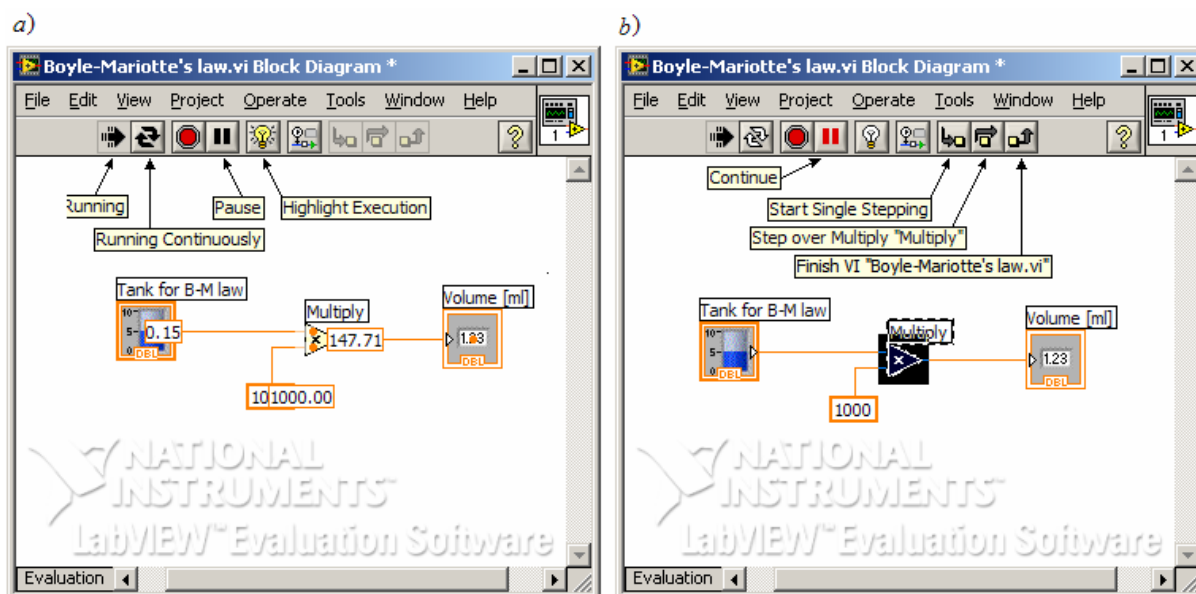


Gráfico 10 – Comprobación del IV: a) con la opción de *Ejecución Resaltada (Highlight Execution)*, b) paso a paso

E. Construcción de la Aplicación para la Demostración de la Ley de Boyle-Mariotte

Para demostrar la ley de Boyle-Mariotte se tiene que implementar la siguiente ecuación:

$$p_0 V_0 = p_1 V_1 \quad \text{siendo } T = \text{const}, \quad (1)$$

Y a continuación presentar cómo la presión p del gas ideal depende del volumen del gas V , cuando la temperatura T_1 es constante y normal

$$p_1 = p_0 V_0 / V_1 \quad \text{siendo } T_0 = 293. \quad (2)$$

Para demostrar esta ley se tiene que simular un proceso de compresión forzado por una fuerza externa F aplicada al pistón, que provoca un cambio en el volumen del gas. Esto significa que tienes que construir el IV, que consiste en el control numérico que representa la influencia de la fuerza F en el volumen del gas V , el indicador numérico del *Tanque para la Ley B-M*, y dos visualizadores numéricos, V_1 y p_1 (Gráfico 11a). Para este fin se puede utilizar el IV, creado con anterioridad, presentado en el Gráfico 5. En la versión más simple del IV para la demostración de la Ley de Boyle-Mariotte la imagen llamada $V(F)$ puede ser utilizada para la simulación de la influencia de la fuerza F en el cambio de volumen V . Se puede decidir que la imagen $V(F)$ cambie el volumen del gas V de $V_{max} = 2,7$ litros a $V_{min} = 1$ litro, lo que significa que los datos numéricos tienen que fluir al *Tanque para la Ley de B-M* seleccionado del rango limitado a 2,7 y 1 como valor numérico. Si es así, se tiene que seleccionar el rango respectivo para la imagen $V(F)$ tras abrir su ventana de *Propiedades* (Gráfico 11c). También se necesita su escala invertida. Tras configurar la imagen $V(F)$ se ha de cambiar esta vez de *escribir a leer* del *Tanque para la Ley B-M*.



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

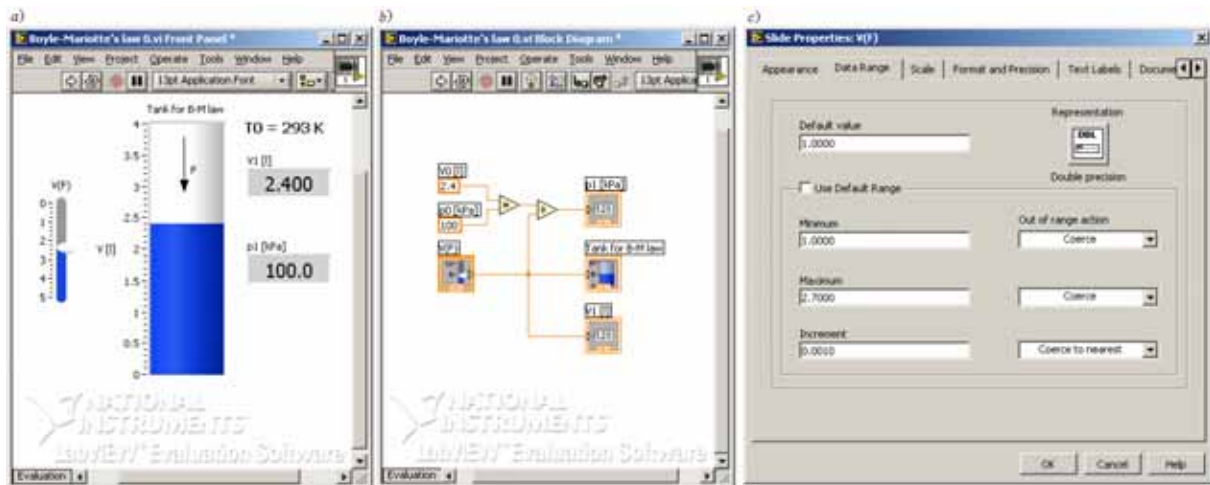


Gráfico 11 – La versión más simple de la demostración de la Ley de Boyle-Mariotte: a) panel frontal del IV, b) diagrama de bloques del IV, c) ventana para la configuración de la imagen V(F)

Desde *Funciones*>>*Paleta de Decoraciones (Functions>>Decorations palette)* se puede arrastrar una flecha y colocarla bajo el pistón para indicar la influencia de la dirección de la fuerza F . Para visualizar los valores actuales del volumen V_1 y la presión p_1 se utilizan los indicadores numéricos V_1 y p_1 . Tras describir las operaciones realizadas por la ley de Boyle-Mariotte 0. El IV está preparado para las mediciones virtuales a la temperatura normal de $T_0 = 293$ K. La implementación más simple de la ecuación (2) se presenta en el Gráfico 11b.

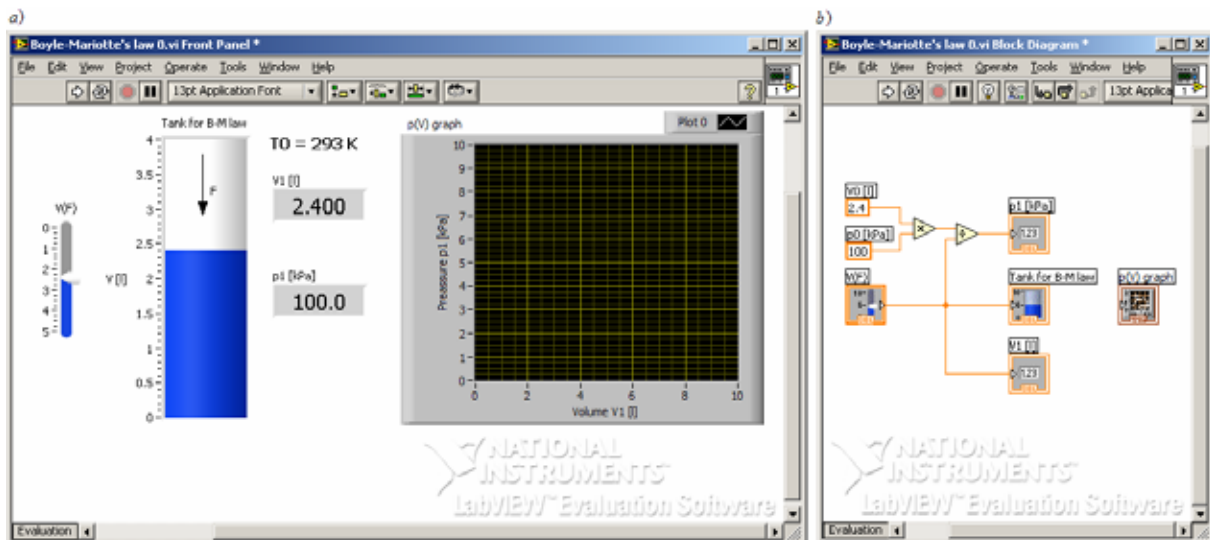


Gráfico 12 – El IV de la Ley de Boyle-Mariotte 0. con las coordenadas XY: a) panel frontal, b) diagrama de bloques

Una aplicación más avanzada permitiría presentar los datos como un conjunto de puntos (por ejemplo 10 puntos) colocados en las coordenadas XY. Esto significa que el IV presentado en el Gráfico 11a debería ser alcanzado con el indicador de coordenadas XY. El panel frontal del IV con las coordenadas XY identificado como $p(V)$ se muestra en el Gráfico 12a. Se puede seleccionar y arrastrar las coordenadas XY desde *Controles*>> *Paleta de*

“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

Gráficos (Controls>>Graph palette). Tras colocar el gráfico en panel frontal, se puede configurar tras abrir su ventana de *Propiedades (Properties)*, en la misma manera descrita arriba para el control numérico. El diagrama de bloques tras colocar el gráfico en el panel frontal se muestra en el Gráfico 12b. Como es habitual, tras colocar el indicador gráfico en el panel frontal aparece automáticamente el icono gráfico correspondiente en el diagrama de bloques.

F. Estructuras de Programación

Para mejorar la aplicación mediante la presentación de datos en el gráfico necesitamos tener las colecciones de los puntos de coordenadas que deberían colocarse en el gráfico. En tal caso, tendremos que reemplazar la imagen $V(F)$ con un sub-programa, que preparará automáticamente el valor V_i (coordenada x_i) para cada punto $p(V)$ (coordenada y_i) de los puntos requeridos establecidos y construir vectores (arrays) compuestos de las colecciones (V_i) y (p_i) de las coordenadas x e y de los puntos que han de colocarse en el gráfico. Para ser más precisos, eso significa que tenemos que construir dos vectores con las recolecciones de datos V_1 y p_1 . Para este propósito podemos usar la estructura *Para Bucle (For Loop)*, una del grupo de estructuras disponibles en el entorno LabVIEW.

El conjunto básico de estructuras de programación, mostrados en el Gráfico 13 (disponibles tras seleccionar *Funciones>>Programación>>Estructuras (Functions>>Programming>>Structures)*), son nodos de control del programa, tales como las estructuras de *Secuencia Plana/Apilada (Flat/Stacked Sequence structures)*, estructura de *Caso (Case structure)*, estructura de *Evento (Event structure)*, *Para Bucle (For Loop)*, o *Mientras Bucle (While Loop)*. Las estructuras pueden ejecutar el código repetidamente o de manera condicional. La técnica para crear estructuras se muestra en la parte superior izquierda del Gráfico 13. No son creadas inmediatamente en el diagrama de bloques tras seleccionar y soltar. En su lugar, un pequeño icono que representa la estructura aparece en el diagrama de bloques, proporcionando al programador la oportunidad de darle el tamaño y la posición para que abarque todos los objetos que se necesitan colocar dentro de la estructura y luego ejecutarlos dentro de ella.

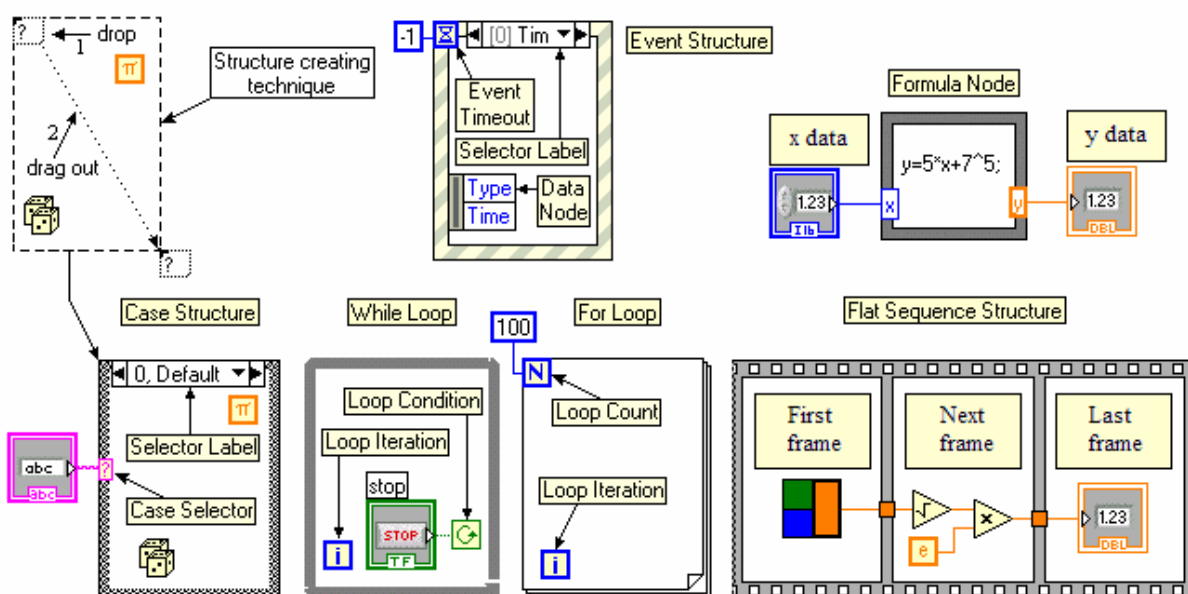


Gráfico 13 – El conjunto básico de estructuras de programación



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

El *Para Bucle (For Loop)* ejecuta el código dentro de los límites N veces, donde N es el valor conectado a la terminal N *Cuenta de Bucle (Loop Count)*. La terminal “i” *Repetición de Bucle (Loop Iteration)* contiene el número actual de repeticiones de bucle completadas.

Tras la explicación de la función *Para Bucle* y cómo se ejecuta, podemos modificar el código fuente en el diagrama de bloques que aparece en el Gráfico 12b para mejorar la aplicación utilizada en la demostración de *la ley de Boyle-Mariotte*. En primer lugar tenemos que crear el *Para Bucle* usando la técnica presentada en el Gráfico 13, conectar la terminal de control numérico que contiene el número de repeticiones (número de puntos que se han de colocar en el gráfico) a la terminal N, para luego preparar el código, que proporcionará el valor numérico al programa, disminuido automáticamente en cada repetición del *Para Bucle* cuando lo ejecute, y que corresponde al valor del volumen del gas en el tanque. La imagen V(F) ha sido eliminada porque ya no es necesaria. En su lugar, se ha colocado el control numérico *Número de Puntos (Number of points)*, responsable del número de puntos susceptibles a ser visibles en el gráfico.

“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

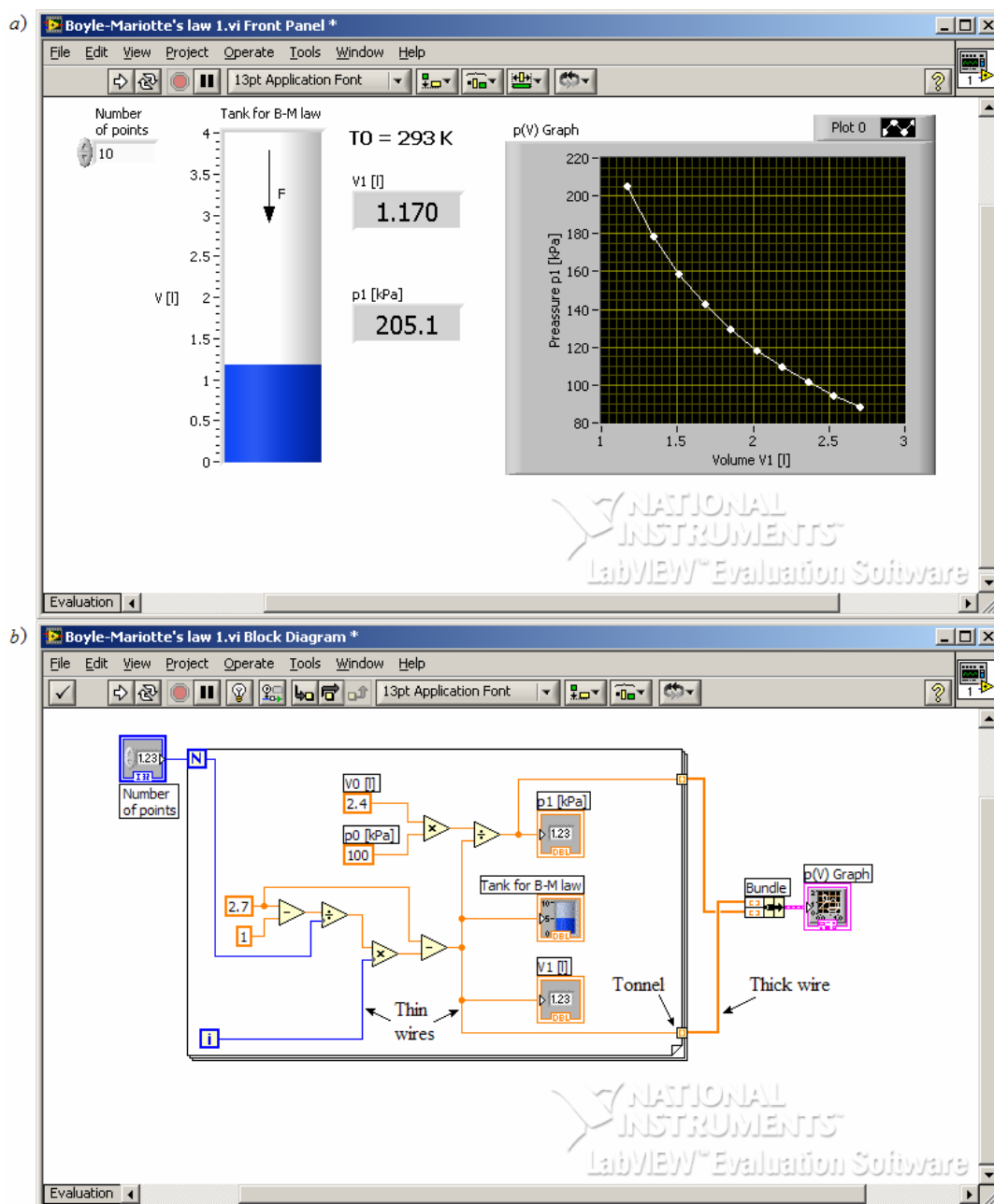


Gráfico 14 –El IV de la Ley de Boyle-Mariotte 1 mejorado: a) panel frontal, b) diagrama de bloques

Para los programas pequeños, el área de la pantalla del monitor puede ser dividida en dos partes, por ejemplo, la parte superior para la presentación del panel frontal y la inferior para la presentación del diagrama de bloques; resumiendo, para visionar las ventanas del panel frontal y del diagrama de bloques uno encima del otro. Para esto se utilizó la instrucción *Ventana>>Colocar Arriba y Abajo (Window>>Tile Up and Down)* y así poder presentar de manera simultánea en la pantalla el panel frontal y el diagrama de bloques. (Gráfico14). El Gráfico 6 muestra el panel frontal y el diagrama de bloques



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

colocados uno al lado del otro tras seleccionar *Ventana>>Colocar Izquierda y Derecha (Window>>Tile Left and Right)*.

Para la creación de vectores se utilizan *galerías (tunnels)*, que aparecen tras conectar las Fuentes de datos (por ejemplo los puntos conectados a los inputs de las terminales $p1$ y $V1$) a la esquina del *For Loop* en los lugares mostrados por la *Herramienta de Conexión (Wiring Tool)*. Los vectores con las colecciones de valores $p1$ y $V1$ antes de enviarlos al terminal gráfico $p(V)$ han de ser agrupados, lo que puede ser hecho con el operador de agrupamiento (*Bundle* operador).

Ahora, tras seleccionar el número de puntos se puede poner en marcha el IV mejorado, el IV *ley de Boyle-Mariotte's 1.*, guardar los datos y presentarlos en el gráfico. Utilizando el modo de *Ejecución Resaltada (Highlight Execution)* se pueden comprobar las secuencias de las operaciones, y finalmente trazar la curva $p(V)$ en el gráfico.

G. Tipos de Datos y Conexiones

Los tipos de datos utilizados en LabVIEW válidos para la mayoría de los IVs y sus funciones son numéricos (numeric), Booleanos, cadenas (string), ondulados (waveform), escalares (array), estructuras (cluster), refnum, de enumeración (enumeration) y de ruta (path).

Se puede ver que para el flujo de datos, mostrados en el Gráfico 14, se han utilizado cables finos y gruesos de diferentes colores. Los cables finos se utilizan para las escalas y los gruesos para los vectores 1D. La información sobre los datos transportados entre las terminales también está codificada en los colores de los cables, los estilos de líneas y su grosor, dependiendo del tipo de datos transportados. Los tipos de cables son únicos para cada tipo de datos. Por ejemplo, el color naranja se reserva para los números con coma flotante, el azul para los enteros, el verde para los Booleanos, y el rosa para las cadenas. Los tipos de cables básicos utilizados en el diagrama de bloques son los siguientes: las líneas continuas finas se utilizan para transportar escalas, las líneas continuas un poco más gruesas para el flujo de vectores 1D, las líneas dobles se reservan para transportar vectores 2D Booleanos o de cadenas. Un cable roto aparece como una línea negra discontinua.

Para mejorar nuestra aplicación podemos utilizar la estructura de *Caso (Case structure)* y el control *Booleano (Boolean control)* para la selección de fuente de temperatura y deslizar el control a $T2$ para asignaciones $T2$ de distintas temperaturas. En la aplicación mejorada de esta forma, la temperatura $T1$ será constante e igual a 293 K.

“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

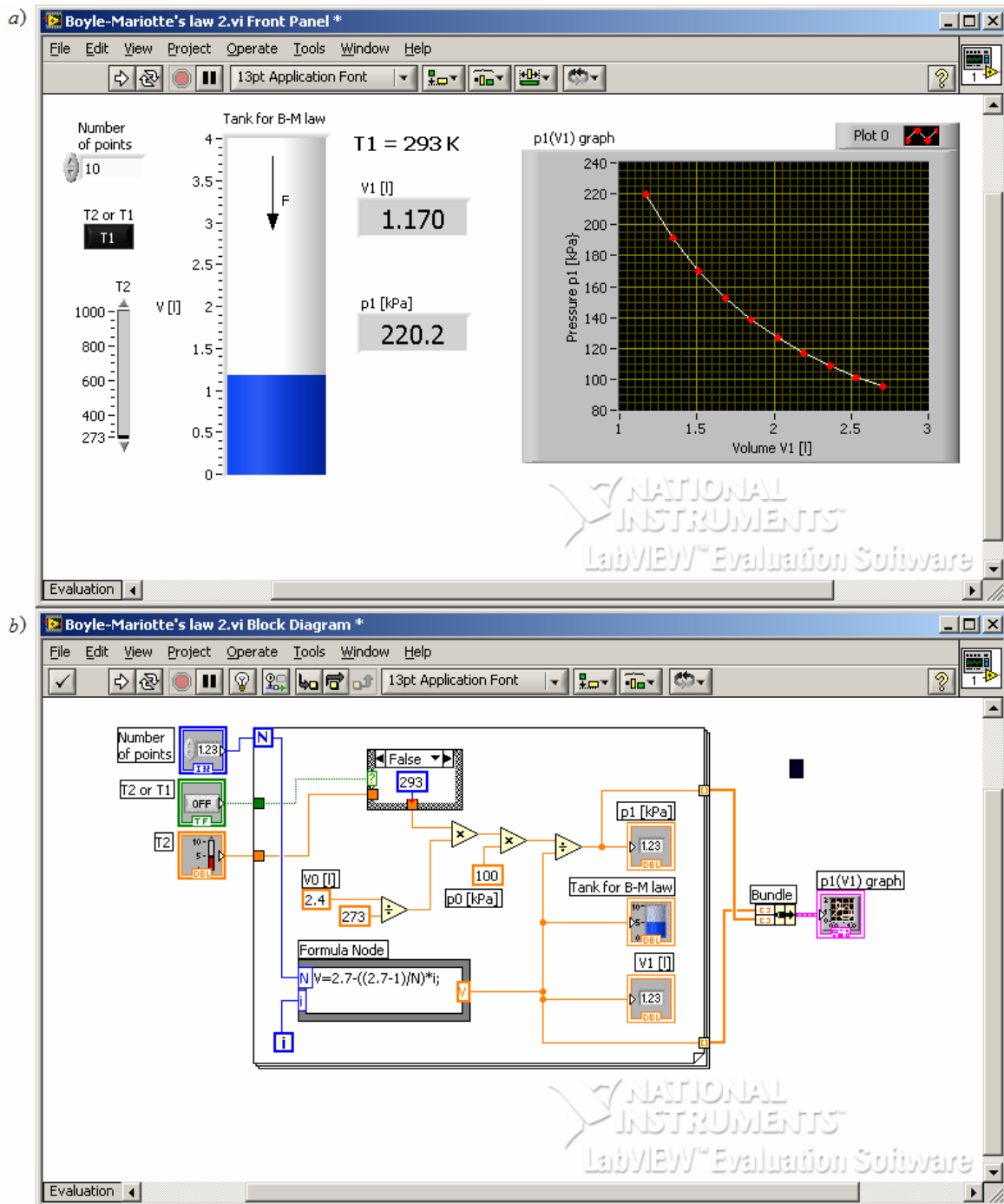


Gráfico 15 – El IV de La Ley de Boyle-Mariotte 2.con selección de valor de la temperatura: a) panel frontal, b) diagrama de bloques

La estructura de Caso (The Case structure) tiene dos o más sub-diagramas, o casos, y exactamente uno de ellos se ejecutará dependiendo del valor Booleano, escalar numérico o de cadena que conectes al terminal del selector de Caso. El control *Booleano* tiene dos estados “ON / OFF”, que pueden ser seleccionados haciendo click sobre él con la *Herramienta de Instrucciones (Operating Tool)*. La terminal Booleana se muestra verde en el



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

diagrama de bloques y contiene las letras “TF”, que representan los estados *Verdadero/Falso (True/False)* correspondientes a los estados ON/OFF.

El Gráfico 15 muestra el diagrama de bloques modificado de la aplicación perfeccionada el IV *ley de Boyle-Mariotte 2.*, donde el control Booleano $T1$ o $T2$ verifica la estructura de Caso utilizada para la selección de la temperatura. En esta versión de la aplicación la temperatura es un parámetro. Una vez que se ha variado el valor de la temperatura el volumen del gas ha de ser actualizado con respecto a la Ley de Gay Lussac, lo cual es hecho con los datos recibidos del fragmento de código (code fragment) proveniente de las estructuras de Caso.

En el mismo diagrama de bloques se puede observar que el Nodo Fórmula (*Formula Node*) ha sido utilizado en lugar del fragmento de código, mostrado en el Gráfico 14b, que proporcionaba al programa el valor del volumen disminuido automáticamente en cada repetición de el Para Bucle (*For Loop*), cuando este se ejecuta. La función del *Nodo Fórmula* en la modificación de datos es exactamente la misma a la obtenida anteriormente con operadores matemáticos de bajo nivel. (Gráfico 14b).

El Nodo de Fórmula es una casilla que se puede utilizar para introducir directamente fórmulas algebraicas en el diagrama de bloques. Tú creas los terminales de input y output del Nodo de Fórmula desplazándote sobre el borde del nodo y eligiendo *Añadir input (Add Input)* o *Añadir Output (Add Output)* desde el menú de acceso directo, y luego introduces nombres variables en las casillas de input o output. Las instrucciones del *Nodo de Fórmula* utilizan una sintaxis similar a las usadas en la mayoría de los lenguajes de programación o expresiones matemáticas basadas en textos.

Para completar la presentación de la ley de Boyle-Mariotte estaría bien disponer, por comparación, de algunas (al menos dos) curvas adiabáticas en el mismo gráfico usando la temperatura como parámetro. Esta tarea puede ser llevada a cabo por la preparación de datos en dos pasos, en los que cada uno de ellos es utilizado para la preparación de los datos establecidos para uno de los dos valores de la temperatura. Para este propósito podemos modificar el anterior IV utilizando la *estructura de Secuencia* para la preparación de datos.

La estructura de Secuencia Plana (*Flat Sequence structure*) ejecuta secuencialmente los subdiagramas, haciéndoles parecer el encuadre de una película. El código, si es ejecutado en primer lugar, está localizado dentro del frame izquierdo y si ha de ejecutarse en segundo lugar dentro frame de cue. Tras reemplazar la *Secuencia Plana* por la *Secuencia Apilada (Stacked Sequence)*, la visión de la estructura cambia pero no su función. Los frames de esta estructura son apilados y numerados. El código, si es ejecutado en primer lugar en la Secuencia Apilada se coloca dentro del frame denominado frame 0, y si el código es ejecutado en segundo lugar, está localizado dentro del siguiente frame denominado frame 1, y así sucesivamente.

El IV tras la modificación, el IV de *la ley de Boyle-Mariotte*, con dos curvas adiabáticas, se muestra en el Gráfico 16.

“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

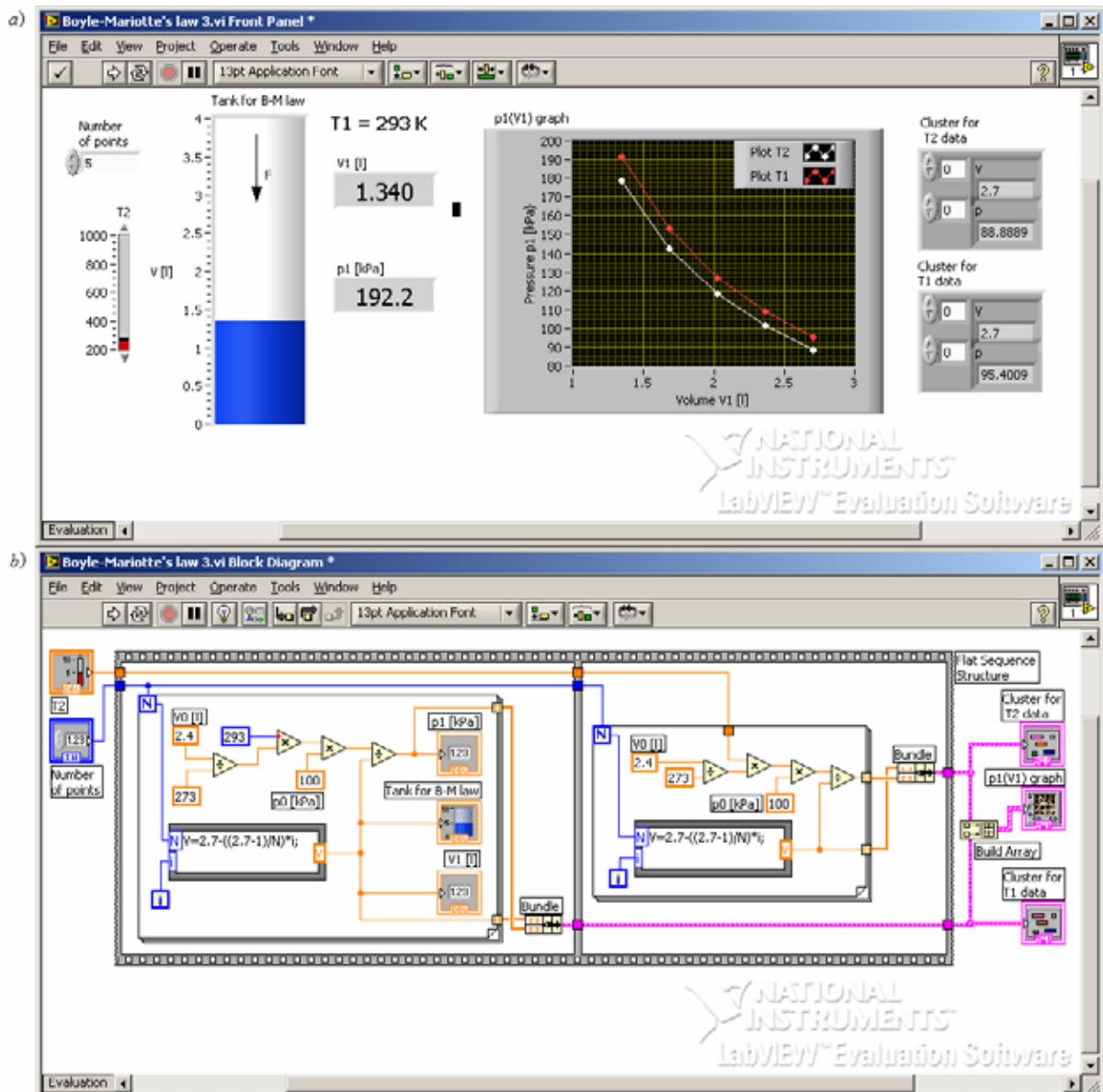


Gráfico 16 – El IV de la Ley de Boyle-Mariotte 3. con la estructura de secuencia y las curvas adiabáticas: a) panel frontal, b) diagrama de bloques

Este IV fue modificado siguiendo estos pasos consecutivos:

- primero, la *Secuencia Apilada* se colocó en el diagrama de bloques y englobando el *Para Bucle* arrastrando su rectángulo.
- a continuación, el segundo frame de la estructura de secuencia fue añadido seleccionando *Añadir Frame Después (Add Frame Alter)* desde el menú de acceso directo de la estructura de secuencia,
- después, el *Para Bucle* del primer frame fue copiado y luego pegado en el segundo frame, posteriormente las terminales p_1 2, *Tanque para la ley de B-M* 2 y V_1 2, y

“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

como consecuencia correspondiente, los objetos del panel frontal fueron trasladados del *Para Bucle* que se pegó,

- luego, el terminal *Número de Puntos* fue conectado a N terminales de ambos *Para Bucles* y la terminal T2 se conectó al operador *Multiplicar*, lo que causó el reemplazo del valor de la temperatura constante 293 K (usada como parámetro) por el valor recibido desde el control T2,
- finalmente, las *funciones de Agrupamiento (Bundle functions)* se utilizaron para la preparación de las colecciones de coordenadas, y la función *Construir Vector (Build Array function)* se usó para unir todos los datos antes de enviarlos a la terminal de gráfico.

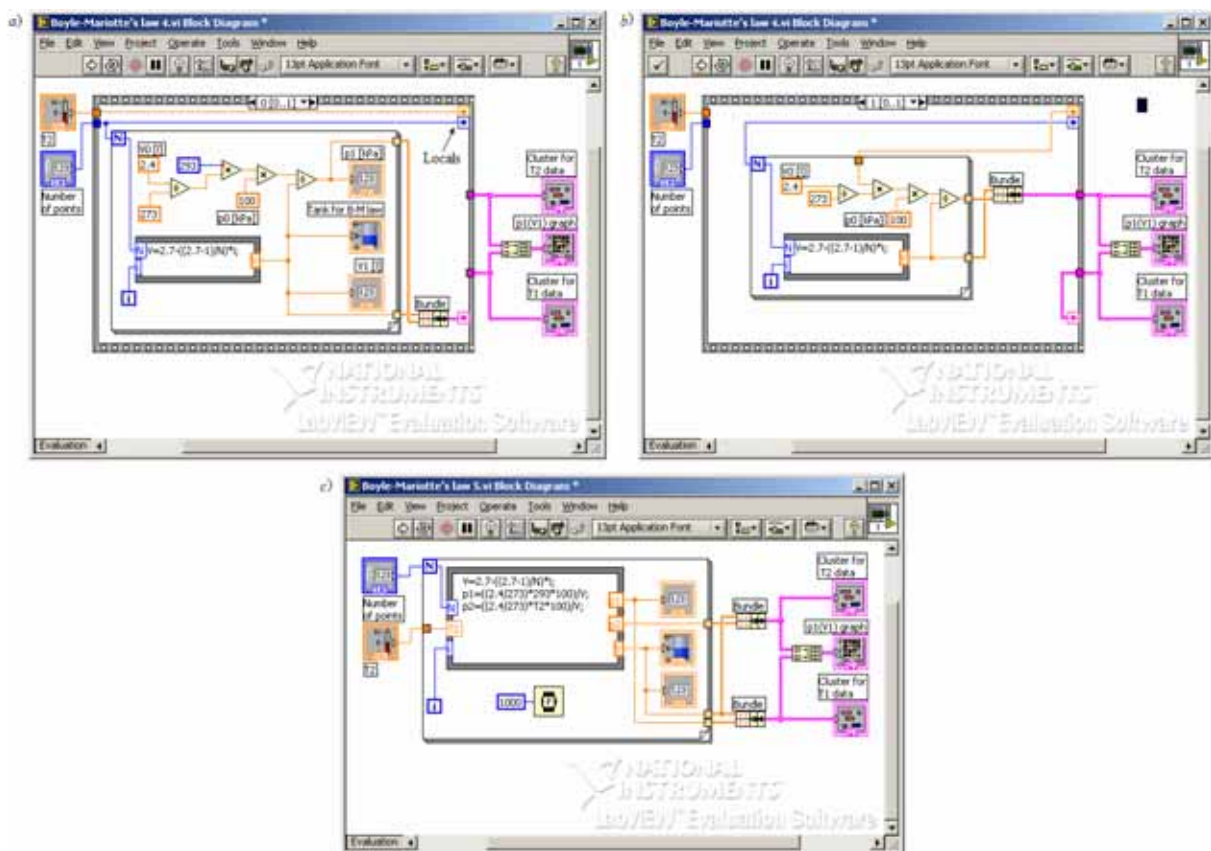


Gráfico 17 – Diferentes formas para la preparación del código de la presentación del IV Ley de Boyle-Mariotte con el mismo panel frontal (ver Gráfico 16a); a y b) utilizando la *Secuencia Apilada*, c) utilizando el *Nodo de Fórmula* con dos fórmulas independientes para $p(V)$ calculándolo para dos valores diferentes de temperatura

El mismo resultado para la adquisición y presentación de datos – tal y como se observa en el Gráfico 16a – puede ser obtenido de diversas maneras en la creación del diagrama de bloques. Dos de ellos son mostrados en el Gráfico 17. Los Gráficos 17a, b muestran dos frames del IV diagrama de bloques con la estructura de *Secuencia Apilada*, obtenidos al reemplazar la *Secuencia Plana* por la *Secuencia Apilada*. En la *Secuencia Apilada* los datos son transferidos entre los frames que pasan las *Variables de Secuencia (Sequence Locals)* en lugar de las *galerías (tunnels)* usadas en la *Secuencia Plana*. Las



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

Variables de Secuencia se pueden crear tras abrir el menú de acceso directo de la estructura de secuencia pulsando sobre su borde y seleccionando *Añadir Variable de Secuencia (Add Sequence Local)*. El Gráfico 17c muestra el diagrama de bloques del IV sin la estructura de Secuencia, pero en su lugar, con el *Nodo de Fórmula* modificado que calcula los datos en paralelo para dos curvas usando dos fórmulas colocadas dentro del *Nodo de Fórmula* y separadas por un punto y coma.

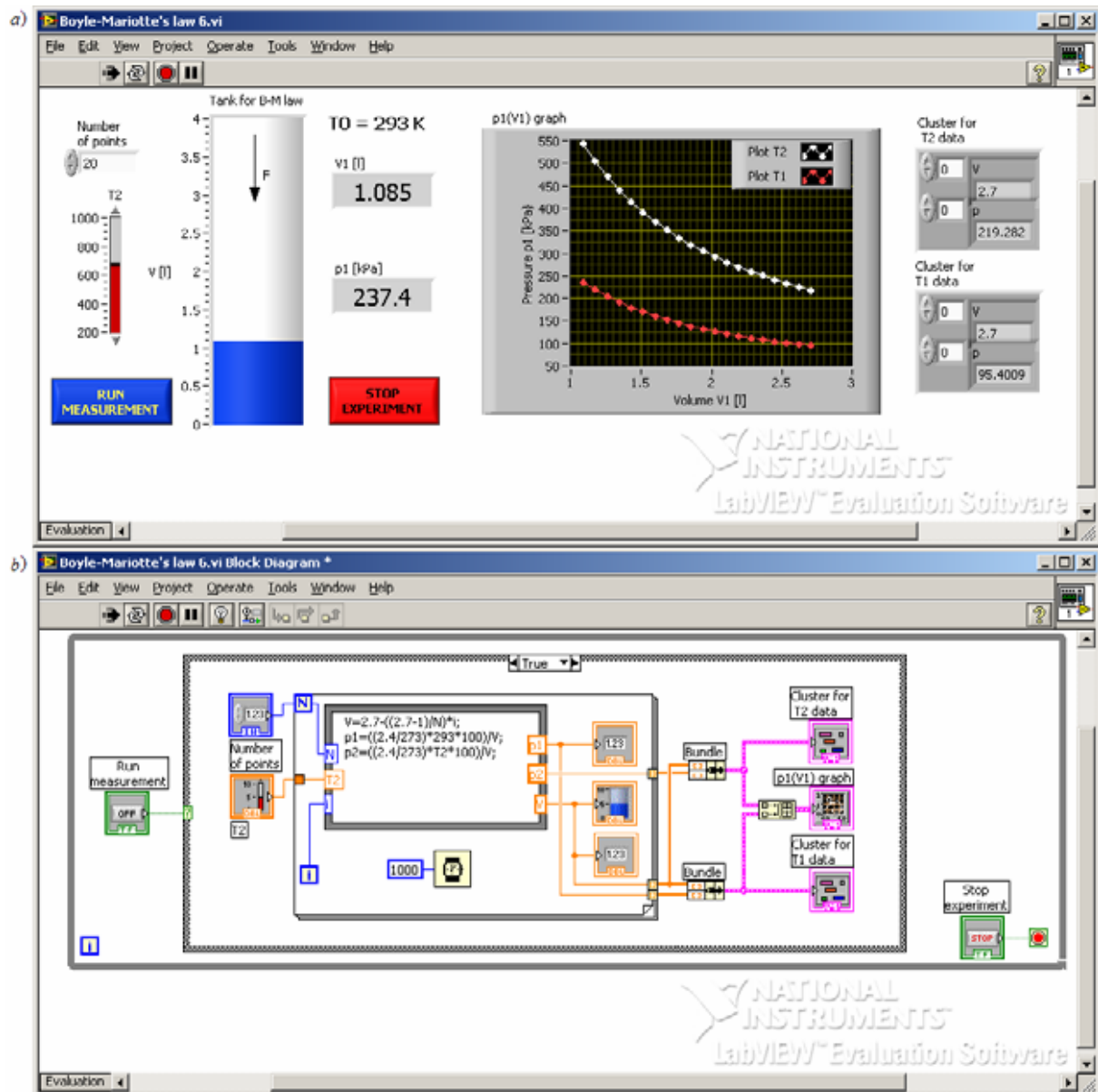


Gráfico 18 – El IV de La Ley de Boyle-Mariotte 6.completamente controlado desde su panel de control: a) interfaz del usuario, b) ventana del diagrama de bloques

Cuando editamos un IV podemos ponerlo en marcha y abortar su ejecución utilizando los botones correspondientes disponibles en la *barra de Herramientas (Tools bar)*, pero tras terminar de editar el IV deberíamos controlarlo desde su panel frontal. Para este propósito podemos usar la estructura *Mientras Bucle (While Loop structure)*. Tras arrastrar el *Mientras*



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

Bucle al diagrama de bloques deberíamos abarcarlo con su código rectangular ya preparado.

La estructura *Mientras Bucle* controla las operaciones repetitivas en un IV mientras que una condición especificada sea verdadera (o falsa dependiendo de la selección *Detener si Verdadero* o *Detener si Falso* (*Stop if True* or *Stop if False*) desde el menú de acceso directo de la estructura). El *Mientras Bucle* se ejecuta hasta que un cierto input condicional se convierte en falso o (verdadero). Así pues, el *Mientras Bucle* puede ser controlado utilizando el interruptor *Booleano*. En la aplicación presentada en el Gráfico 18, el IV *ley de Boyle-Mariotte's 6.*, el *Para Bucle* es controlado por el interruptor *PARAR EXPERIMENTO* (*STOP EXPERIMENT*).

Presionando el botón *Ejecutar* (*Run*) en la *barra de Herramientas* ejecutamos nuestra aplicación. Ahora se puede detener alternativamente, presionando el botón *Detener Ejecución* (*Abort Execution*) en la barra de Herramientas (no recomendado) o presionando *PARAR EXPERIMENTO* (recomendado para detener la aplicación). Cuando el IV está funcionando el código interior se está ejecutando todo el tiempo, lo que significa que las mediciones se realizan permanente y repetidamente con un cierto ciclo. Normalmente queremos controlar la adquisición de datos y comenzar las mediciones en el momento adecuado. Esto se puede conseguir con una estructura de *Caso* adicional controlada por el botón conectado al selector de *Caso*. El estado normal del botón es generalmente *falso*, y solo tras presionarlo convierte su estado a *verdadero*, y después de algún tiempo se vuelve a convertir automáticamente al estado de *falso*. Esto resulta de la selección del frame *Verdadero* del *Caso* para un ciclo de ejecución. Si colocamos el código del IV en el caso Verdadero y dejamos el caso Falso vacío podemos ejecutar la medición sólo en el momento que queramos. En la aplicación presentada en el Gráfico 18 el botón *EJECUTAR MEDICIÓN* (*RUN MEASUREMENT*) se usa para esta acción.

H. Nodos de Propiedades

Probablemente estaría bien demostrar cómo la fuerza F de nuestra aplicación cambia la posición del pistón. Para este propósito tenemos que colocar en el panel frontal un objeto dentro del tanque, que simulará la biela del pistón. Puede ser, por ejemplo, la *Casilla de Color* (*Color Box*) seleccionada desde la ventana *Controls>>Classic>>Classic Numeric>>Color Box*. Una vez colocado en el panel frontal su tamaño puede ser cambiado para el cambio de visión y la simulación de la biela del pistón. Así, tras modificar su tamaño, la *Casilla de Color* debería ser larga y estrecha. A continuación, podemos crear, desde el menú de acceso directo *Casilla de Color* (Gráfico 19) su nodo de propiedad utilizando la instrucción *Crear>>Nodo de Propiedad* (*Create>>Property Node*). Será utilizado para el cambio de posición de la *Casilla de Color* (pistón) impuesto por la fuerza F .

Los *nodos de Propiedad* permiten configurar como los controles se aparecen o comportan en el panel frontal. El objeto *Nodo de propiedad*, por ejemplo, *Superior* (*Top*), puede ser creado mediante el control del menú de acceso directo y seleccionando el atributo correspondiente de la lista de propiedades, disponible para el control particular que, por ejemplo, muestra el Gráfico 19. Para la mayoría de los nodos de propiedad una de las dos funciones *Leer* (*Read*) o *Escribir* (*Write*) puede ser seleccionada usando la instrucción *Cambiar a Leer* (*Change to Read*) o *Cambiar a Escribir* (*Change to Write*). En la aplicación del IV *ley de Boyle-Mariotte's law 8* se utiliza el nodo de propiedad *Casilla de Color* para cambiar la posición vertical, simultáneamente con el cambio del nivel del gas. Exactamente para este propósito el nodo de propiedad *Top* fue seleccionado desde el menú de acceso directo *Casilla de Color*. Después, los datos proporcionados por el output V del *Nodo de Fórmula*, tras la modificación hecha con los operadores *Multiplicar* y *Restar* (*Multiply* and



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

Subtract operators), también constantes numéricas 55 y 250, son transferidos al terminal input *Top*. Tras las modificaciones al programa descritas, la posición del pistón (en píxeles) depende del valor modificado *V*, que fluye hacia la terminal de input *Top*.

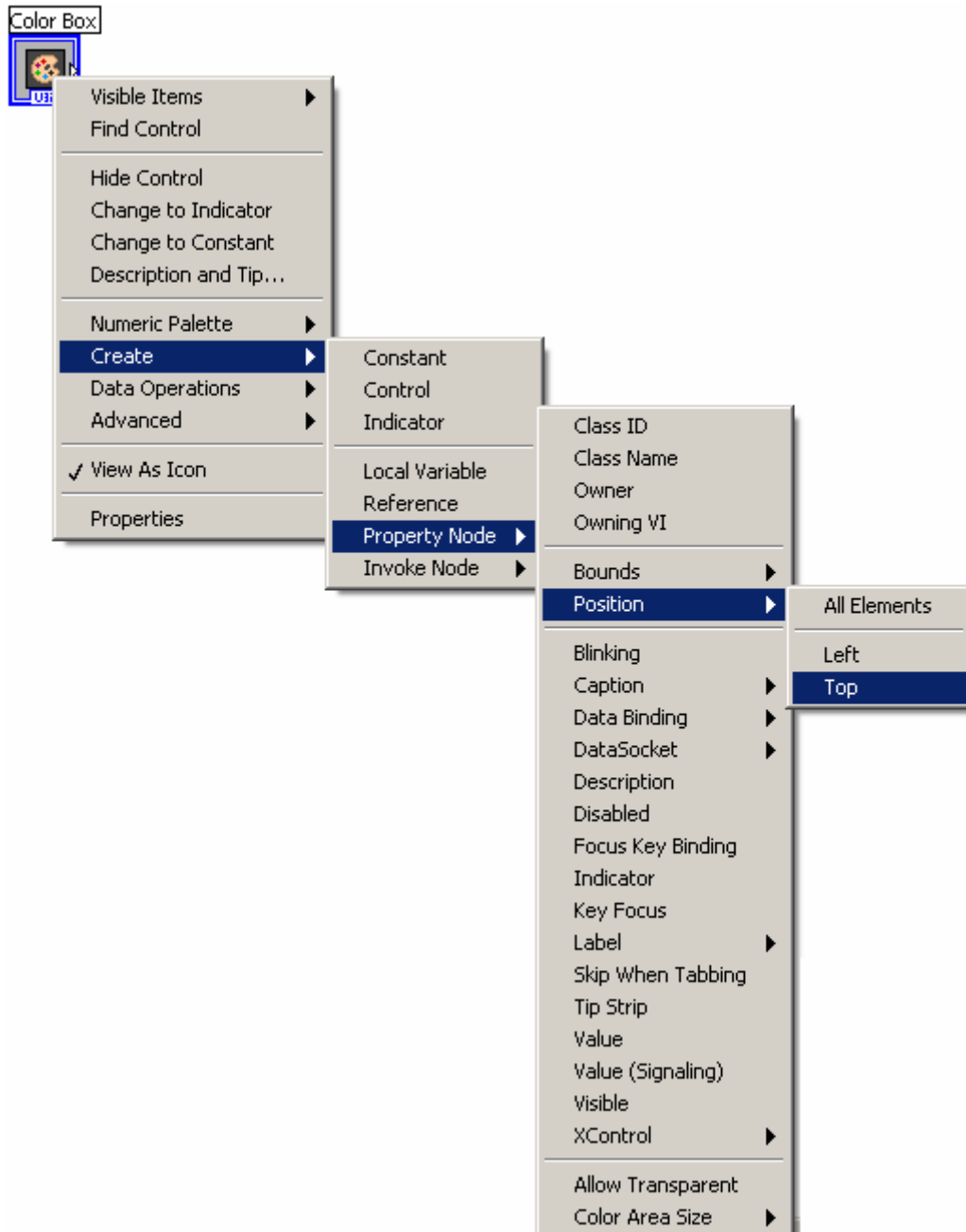


Gráfico 19 – Creación del *Nodo de Propiedad (Top)* desde el control de la *Casilla de Color*

“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

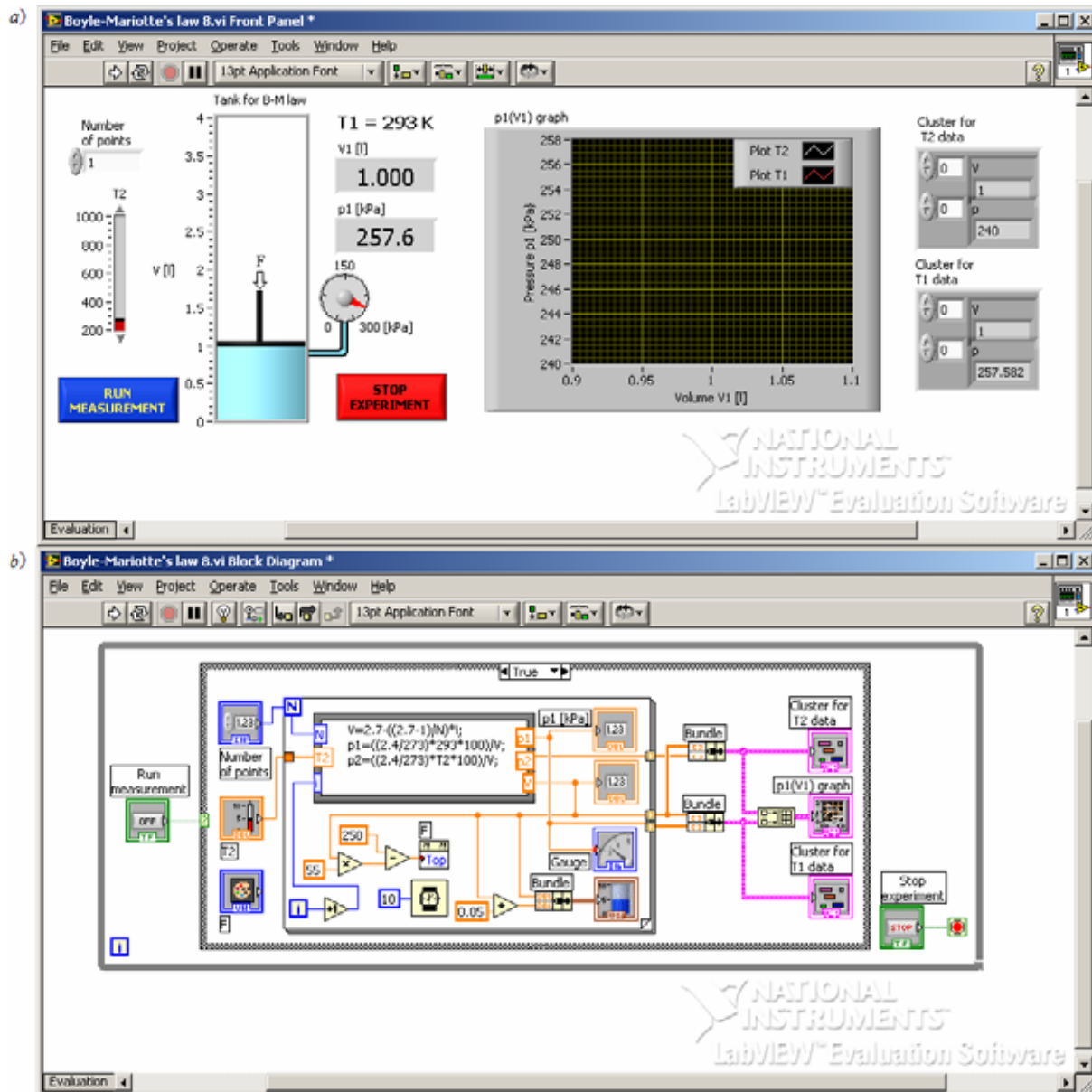


Gráfico 20 – Simulación del IV La Ley de Boyle-Mariotte 8. con el nodo de propiedad Top y el pistón en movimiento integrados: a) interfaz del usuario, b) ventana del diagrama de bloques

Para la simulación del pistón se puede utilizar un segundo desplazador (slider) añadido al *Tanque para la ley de B-M* desde su menú de acceso directo. Tras añadirlo, el espacio entre los desplazadores se ha rellenado de color negro. La posición del segundo desplazador se ha incrementado cerca de 0.05 con el operador *Añadir (Add)* y agrupado utilizando la función *Agrupar (Bundle)*, con el valor de posición *verdadero* para el primer deslizador. El conjunto de ambos valores es conectado a la terminal *Tanque para la ley de B-M*.



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

Los *nodos de Propiedad* son posibilidades muy útiles de LabVIEW, ya que permiten animar fácilmente los procesos físicos que son especialmente importantes en la creación de experimentos. La aplicación con la animación de procesos es más expresiva.

Además, en paralelo al indicador numérico p1, el indicador de *Calibre* (the *Gauge* indicador) se coloca en el panel frontal para la simulación del manómetro. El tubo, conectando al manómetro con el tanque, fue preparado en *Pintar* (*Paint*) y colocado en el panel frontal como un objeto dibujo.

I. Algunas Características Avanzadas de LabVIEW

Creación de sub-IVs – se recomienda para el programa completo seleccionar fragmentos del código del IV y crear sub-IVs, lo que comprime el programa y lo hace más legible. Para la creación de un sub-IV se ha de seleccionar el fragmento respectivo del código total con la *herramienta Posición* (*Positioning Tool*), luego hacer click en la instrucción *Edit>>Create Sub VI*, disponible en la *Barra de Herramientas*. Tras la creación del sub-IV se reemplaza el fragmento del código seleccionado con un icono estándar, cuya visualización se puede editar mediante el *icono Editor* (*Icon Editor*) disponible en la *barra de Herramientas* seleccionando *Archivo>> Propiedades del IV* (*File>>VI Properties*) y luego el *Icono Editar* (*Edit Icon*). El icono sub-IV tiene algunos terminales de input y output, con funciones similares a las funciones pin del conector del instrumento real. El conector pane (connector pane) del sub-IV proporciona la posibilidad de mover los datos desde/hasta el IV. El gráfico 21 muestra el diagrama de bloques con dos sub-IVs, *IV Modificación de Datos* (*Data modification.vi*) e *IV Datos para Gráficos* (*Data for graph.vi*). Para el *IV Datos para Gráficos* se muestra el conector pane seleccionando *Elementos Visibles>>Terminales* (*Visible Items>>Terminals*) desde el menú de acceso directo sub-VI.

La *estructura de Evento* (*Event structure*) tiene uno o más sub-diagramas, o casos de evento, uno de los cuales se ejecuta cuando se ejecuta la estructura. La *estructura de Evento* espera hasta que un evento ocurre en el panel frontal y luego ejecuta el caso apropiado para manejar ese evento. En nuestra aplicación la *estructura de Evento* se utiliza para asignar por defecto los valores actuales de los objetos localizados en el panel frontal. Una vez que la *estructura de Evento* tiene lugar en el diagrama de bloques y tras añadir nuevo caso, se tiene que seleccionar el objeto del panel frontal, que debería pertenecer al caso añadido. Para esto se puede utilizar la ventana *Editar Evento* (*Edit Event*), que aparece automáticamente tras añadir nuevo caso. En esta ventana se tiene que presionar sobre el nombre del control, que debería pertenecer al caso añadido, y luego seleccionar el tipo de evento, lo que provocará la ejecución del caso seleccionado. En nuestra aplicación, la modificación del valor del control de la “*Asignación por defecto*” (“*Set to defaults*”) tras presionar el control, causó la ejecución del evento “*Asignación por defecto*” y la asignación de los valores por defecto para los controles seleccionados (Gráfico 22). Los objetos correspondientes están representados en el *Caso de Evento* por nodos de propiedades o *Variables locales*, a los que los valores por defecto están conectados.



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

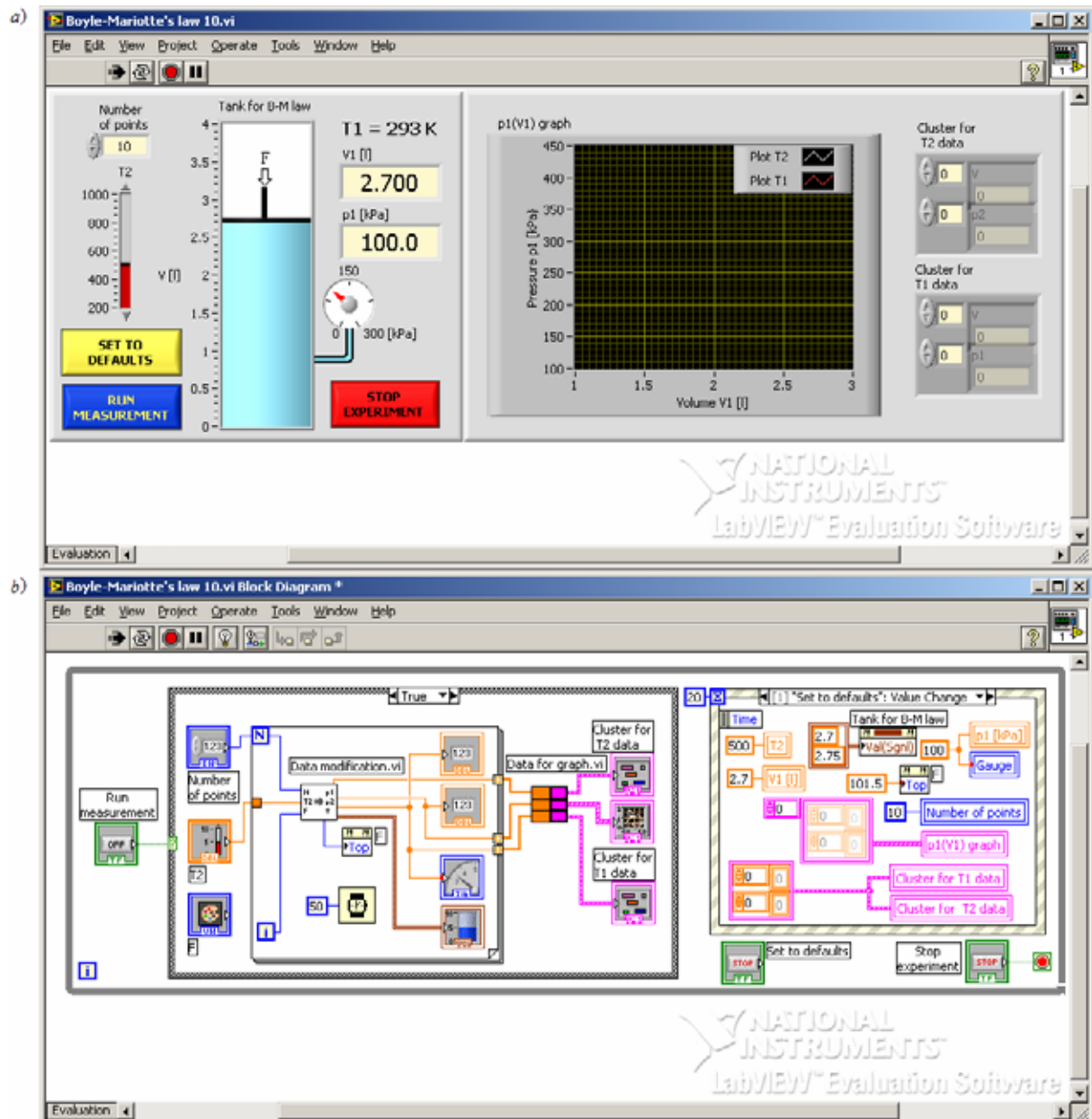


Gráfico 21 – El IV de La Ley de Boyle-Mariotte 10., con algunas características avanzadas de LabVIEW: a) interfaz del usuario, b) ventana del diagrama de bloques

Las *Variables Locales (Local variables)* representan el objeto del panel frontal en distintas localizaciones en el diagrama de bloques. Se pueden utilizar para trasladar datos entre estructuras que no están conectadas por conexión o actualizando el objeto del panel frontal desde las distintas localizaciones en el diagrama de bloques. Se puede crear una variable local para objetos seleccionados desde su menú de acceso directo usando la instrucción *Crear>> Variable Local*. Ver por ejemplo el Gráfico 19. Tras crear una variable local para el objeto seleccionado aparecerá como una casilla rectangular con el nombre del objeto dentro. Para cada objeto localizado en el panel frontal se pueden crear varias variables locales. Algunas de ellas se pueden cambiar para escribir, otras para leer,



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

dependiendo su función en el código seleccionando la función *Cambiar a Escribir* (*Change to Write*) o cambiar a *Leer* (*Change to Read*).

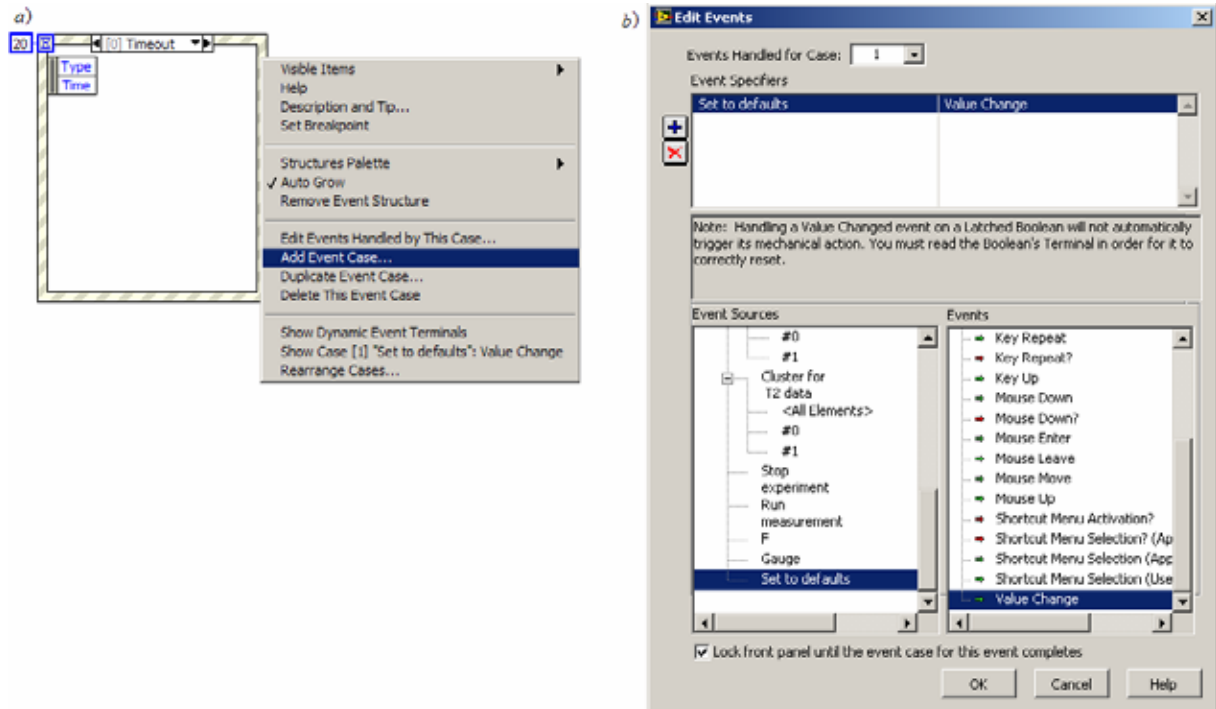


Gráfico 22 – La Estructura de Evento: a) menú de acceso directo, b) ventana de *Editar Eventos*

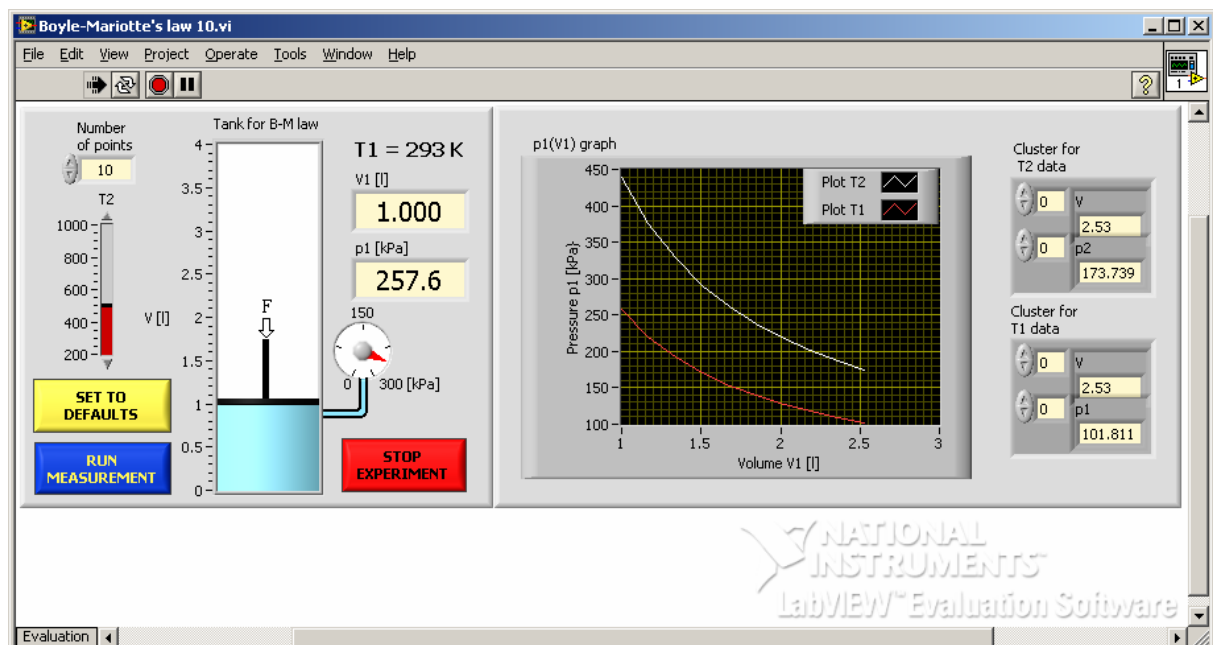


Gráfico 23 – Versión final de la aplicación de la Ley de Boyle-Mariotte

En el Gráfico 23 se muestra la versión final de la aplicación ley de Boyle-Mariotte con algunos adornos.



“Instrumentación Virtual en la Enseñanza de las Ciencias”

J. Referencias

1. National Instruments Corporation: *Getting Started with LabVIEW. Version 8.20*. Austin 2006.
<http://www.ni.com/labview/eval>
2. LabVIEW Student Edition 8.20. National Instruments Corporation, Austin 2007.
<http://www.ni.com/labviewse/>
3. Bishop R. H.: *Learning with LabVIEW*. Addison Wesley Longman, Inc. California 1999.
4. Johnson G.W.: *Graphical programming: practical applications in instrumentation and control*, 2nd ed., McGraw-Hill, 1997.
5. Tłaczała W.: *Modeling with LabVIEW™*. Handbook of Measuring System Design edited by Peter Sydenham and Richard Thorn. © John Wiley & Sons Ltd (2005) pp. 685-694.
6. Tłaczała W.: *Virtual Instrumentation in Physics*; Handbook of Measuring System Design edited by Peter Sydenham and Richard Thorn. © John Wiley & Sons Ltd (2005) pp. 695-701.
7. Tłaczała W., Jasionek M., Ulaczyk J., Zagórski A., Zaremba M.: A Virtual Experiment for e-Learning and Teaching Nuclear Techniques. *Advances in Technology-Based Education: Toward a Knowledge-Based Society. Proceedings of 3rd International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education*. Caceres, Spain, 2005, Vol. II, pp. 672-676.
8. Tłaczała W., Jasionek M., Łopuszyński M., Ulaczyk J., Zagórski A.: Virtual Thermodynamics Experiments. *Advances in Technology-Based Education: Toward a Knowledge-Based Society. Proceedings of 3rd International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education*. Caceres, Spain, 2005. Vol. II, pp. 881-885.
9. Tłaczała W., Gorghiu G., Glava A. E., Bazan P., Kukkonen J., Maşior W., Użycki J., Zaremba M.: Computer simulation and modeling in virtual physics experiments. *Current Developments in Technology-Assisted Education, Proceedings of IV International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education*. Seville, Spain, 2006, pp. 1198-1202.
10. Tłaczała W.: *Virtual Instrumentation System for Resonance Phenomena Studies with LabVIEW*. National Instruments, 2006.
<http://digital.ni.com/worldwide/poland.nsf/web/all/BCEC052FD323AE9F862571140056C795>