



-Sistema Didáctico de Monitoreo y Control de Caldera Supervisado con  
Labview-

---

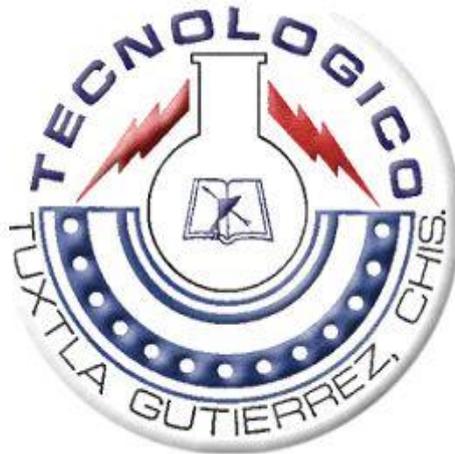
---

## **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

### **REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**“SISTEMA DIDACTICO DE MONITOREO Y CONTROL DE CALDERA  
SUPERVISADO CON LAB VIEW”**

**DEPENDENCIA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**



**RESIDENTE  
ALDO ESTEBAN AGUILAR CASTILLEJOS**

**ASESOR  
ING. VICENTE LEON OROZCO**

**Diciembre de 2008**



---

---

## INDICE

### CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 GENERALES.....	5
1.2.2 ESPECIFICOS.....	5
1.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	5

### CAPITULO 2: MARCO TEORICO DEL PROYECTO

2.1 LABVIEW.....	6
2.2 CONTROLES Y FUNCIONES.....	8
2.3 FLUJO DE DATOS.....	9
2.4 VENTAJAS Y APLICACIONES DE LABVIEW.....	10
2.5 INSTRUMENTOS DATAQ.....	12
2.6 DI-158.....	12
2.7 CARACTERISTICAS DEL DI-158.....	13

### CAPITULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DIDACTICO

3.1 SENSORES.....	15
3.1.1 TEMPERATURA.....	15
3.1.2 NIVEL.....	16
3.2. ACTUADORES.....	17
3.2.1 BOMBAS DE AGUA.....	17
3.2.2 CALENTADOR.....	18
3.2.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN EXTERNA.....	18
3.3 DISEÑO DEL SISTEMA.....	19
3.3.1 ETAPAS DE ACOPLAMIENTO.....	19
3.4 IMPLEMENTACIÓN.....	21
3.5 SISTEMA DE CONTROL.....	22
3.6 FUNCIONAMIENTO.....	24



## **CAPITULO 4: RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

4.1 RESULTADOS.....	26
4.2 PROTOTIPO FISICO.....	27
4.3 DATOS TECNICOS.....	31
4.4 TRABAJOS POSTERIORES.....	31
4.5 CONCLUSIONES.....	32
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>34</b>
ADQUISICIÓN DE DATOS EN LABVIEW USANDO LOS CONTROLES ACTIVEX DE DATAQ INSTRUMENTS.....	34
HOJA DE DATOS DEL DI-158.....	51
HOJA DE DATOS DEL LM35.....	52
HOJA DE DATOS DEL MAC15.....	54
HOJA DE DATOS DEL MOC3011.....	55



## **CAPITULO I**

### **1.1 INTRODUCCION**

En la actualidad, la instrumentación y control de procesos ha evolucionado de manera significativa, siendo el campo de la Automatización Electrónica la más beneficiada.

En los procesos industriales la medición y el control de las variables de nivel y flujo se ha hecho indispensable: cuando se pretende tener una producción continua, cuando un proceso requiere de control y medición de volúmenes de líquidos ó en el caso más simple, para evitar que un líquido se desperdicie; por lo que la medición de estos parámetros dentro de un recipiente parece sencilla, a no ser que el proceso requiera una exactitud ejemplar.

El control de nivel entre dos puntos, uno alto y otro bajo, es una de las aplicaciones más comunes de los instrumentos para controlar y medir el nivel, los niveles se pueden medir y mantener mediante dispositivos mecánicos de caída de presión, eléctricos y electrónicos.

Se ha vuelto frecuente que más y más sistemas aprovechen la tecnología del PC para aplicaciones en las cuales el tiempo de prueba es primordial, y a través de los llamados instrumentos virtuales basados en computadoras podemos obtener el rendimiento adecuado que se requiere para los sistemas automatizados actuales gracias a la estandarización de procesos y procedimientos inmersos en la tendencia global en donde los PC son utilizados para la automatización industrial.

El software LabVIEW, es un lenguaje de programación gráfica con el cual se pueden desarrollar sistemas de instrumentación automatizados. Los programas construidos en LabVIEW son llamados instrumentos virtuales (VIs), estos usan la tarjeta de adquisición de datos DAQ para adquirir o generar datos desde y hacia la instrumentación de campo.

De esta forma integrando estos métodos al control de procesos de la industria, se presenta un proyecto en el cual se facilita a los estudiantes de ingeniería electrónica una aplicación de la instrumentación virtual simulando un proceso industrial, como lo es el monitoreo y control de una caldera.



## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general.**

Elaborar un sistema didáctico de control de nivel y temperatura de una caldera, haciendo uso del software labview.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- Implementar la adquisición de datos por medio de los Instrumentos DATAQ a través del puerto USB.
- Realizar un manual de introducción al uso de controles ActiveX de DATAQ para la adquisición de datos en LABVIEW.

## **1.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO**

El control de procesos en la industria es fundamental en la actualidad y se ha convertido en una necesidad que los estudiantes de Ingeniería Electrónica y carreras afines se familiaricen con estos temas de un modo más práctico, se desarrolló este proyecto que tiene como objetivo diseñar e implementar un módulo de apoyo didáctico de monitoreo y control de nivel y temperatura basado en PC bajo plataforma LabVIEW.

LabView es uno de los lenguajes que se utilizan para la automatización de procesos, no sólo por su facilidad de programación, sino también porque presenta un ambiente similar a los dispositivos reales, pero que sólo están presentes dentro de un programa de cómputo.

Es uno de los lenguajes de programación más utilizados para la automatización de instrumentos y equipos de la empresa National Instruments. Este es un software de programación gráfico para desarrollar aplicaciones para científicos e ingenieros, el cual tiene la capacidad de adquirir y enviar datos para controlar dispositivos vía IEEE-488, RS-232, y tarjetas de I/O.

Integrando entonces los recursos humanos a los tecnológicos y la implementación de nuevos métodos de instrumentación, se hace necesario que este tipo de proyectos y herramientas de aprendizaje se faciliten a los estudiantes en primera instancia en los laboratorios del Instituto Tecnológico.

Es por eso que mediante este sistema se pretende acercar a los estudiantes de ingeniería electrónica al proceso industrial que se simulará por medio de una parte física (caldera) y la parte de control implementada con Lab View.



## CAPITULO II

### 2.1 LABVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Labview permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactivo basado en software. Usted puede diseñar especificando su sistema funcional, su diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería. Labview es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab. Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

#### Programación gráfica

Cuando usted diseña programas con Labview está trabajando siempre bajo algo denominado VI, es decir, un instrumento virtual, se pueden crear VI a partir de especificaciones funcionales que usted diseñe. Este VI puede utilizarse en cualquier otra aplicación como una subfunción dentro de un programa general. Los VI's se caracterizan por: ser un cuadrado con su respectivo símbolo relacionado con su funcionalidad, tener una interfaz con el usuario, tener entradas con su color de identificación de dato, tener una o varias salidas y por su puesto ser reutilizables.

#### Ambiente de trabajo diseñado por el usuario

En el ambiente de trabajo de Labview existen dos paneles, el panel frontal y el panel de programación ó diagrama de bloques; en el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario y en el panel de programación se relacionan los elementos utilizados en la interfaz mediante operaciones que determinan en sí como funciona el programa o el sistema.

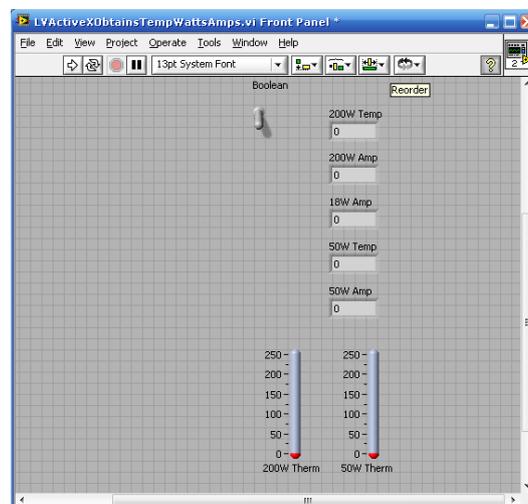


Fig. 1. Panel Frontal



## -Sistema Didáctico de Monitoreo y Control de Caldera Supervisado con Labview-

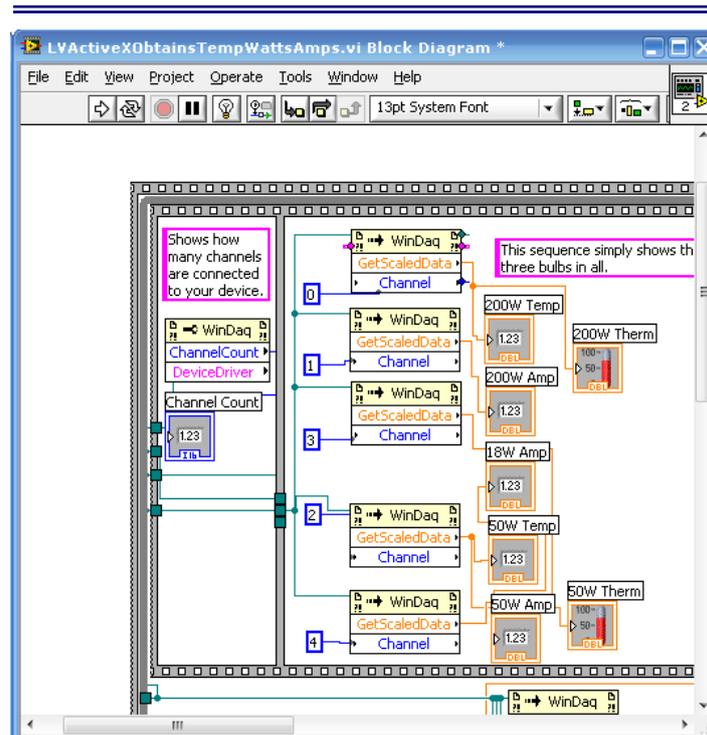


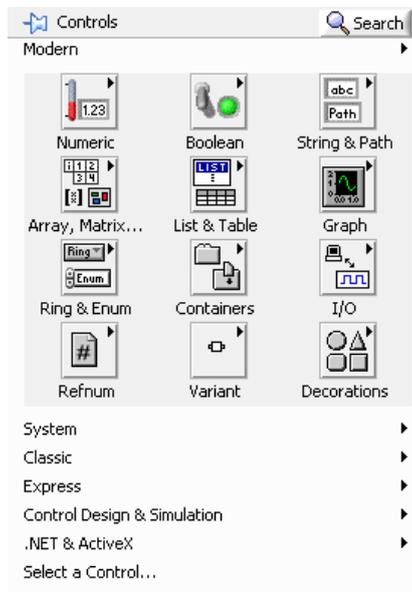
Fig. 2. Panel de programación

En el panel de programación se puede diseñar de manera gráfica y como si fuera un diagrama de bloques el funcionamiento del sistema. La programación gráfica se basa en la realización de operaciones mediante la asignación de iconos que representen los datos numéricos e iconos que representan los procedimientos que deben realizar los (VI's), con estos iconos y mediante una conexión simple como lo es una línea recta se enlazan para determinar una operación y/o una función.

Cuando se realiza una conexión a un VI esta conexión se identifica por un tipo de dato específico, que debe coincidir con el tipo de dato de la entrada del VI (aunque esto no necesariamente es cierto ya que puede haber varios tipos de datos conectados de VI a VI, además de que un arreglo de datos ``cluster`` puede albergar varios tipo de variables) permitiendo una concordancia en el flujo de datos; no siempre el tipo de dato de la entrada del VI es el mismo que el de la salida, pero sin embargo para la mayoría de los casos si se cumple.

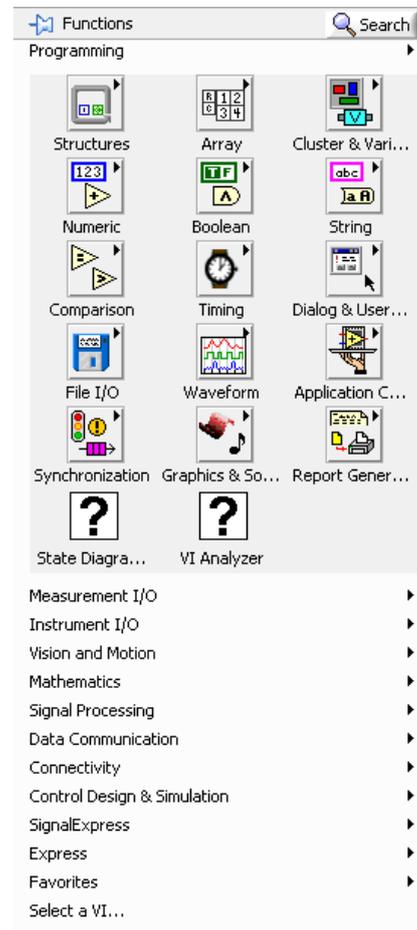
## 2.2 Controles y funciones

La programación G (gráfica) de Labview consta de un panel frontal y un panel de código como se menciono antes. En el panel frontal es donde se diseña la interfase de usuario y se ubican los controles e indicadores. En el panel de código se encuentran las funciones.



*Fig. 3. Controles*

Los controles pueden ser booleanos, numéricos, strings, un arreglo matricial de estos o una combinación de los anteriores; y los indicadores pueden ser como para el caso de controles pero pudiéndolos visualizar como tablas, gráficos en 2D o 3D, browser, entre otros.



*Fig. 4. Funciones*

Las funciones pueden ser VIs prediseñados y al igual que en un lenguaje de programación estándar las funciones procesan las entradas y entregan una o varias salidas, estos VI pueden también estar conformados de otros subVIs y así sucesivamente, de esta forma se pueden representar como un árbol genealógico donde un VI se relaciona o depende de varios SubVIs.

Labview tiene VIs de adquisición de datos e imágenes, de comunicaciones, de procesamiento digital de señales, de funciones matemáticas simples, hasta funciones que utilizan otros programas como Matlab o HiQ para resolver problemas, otras mas complejas como "nodos de formula" que se utilizan para la resolución de ecuaciones editando directamente estas como en lenguajes de programación tradicionales y definiendo las entradas y las salidas.

Labview también se puede utilizar para graficar en tres dimensiones, en coordenadas polares y cartesianas, tiene disponibles herramientas para análisis de circuitos RF como la Carta de Smith, tiene aplicaciones en manejo de audio y se puede comunicar con la tarjeta de sonido del computador para trabajar conjuntamente. Entre sus muchas funciones especiales se encuentran las de procesamiento de imágenes, como capturar una imagen a través de una tarjeta de adquisición comola PCI-1408 (monocromática), analizarla y entregar respuestas que difícilmente otros sistemas realizarían.

### 2.3 Flujo de Datos

La ejecución del programa es secuencial, es decir, una tarea no se inicia hasta no tener en todos sus variables de entrada información o que las tareas predecesoras hayan terminado de ejecutarse. Sobre el mismo código de programación se puede ver fácilmente el flujo de datos, así como su contenido.

El flujo de datos va de izquierda a derecha en el panel de programación y esta determinado por las operaciones o funciones que procesan los datos. Es fácil observar en el panel de programación como se computan los datos en cada parte del programa cuando se realiza una ejecución del programa paso a paso. En Labview las variables se representan mediante una figura tanto en el panel frontal como en el panel de programación, de esta forma se puede observar su respuesta en la interfaz del usuario y en el flujo de datos del código del programa. Otros objetos como gráficas y accesos directos a paginas web cumplen estas misma condiciones.

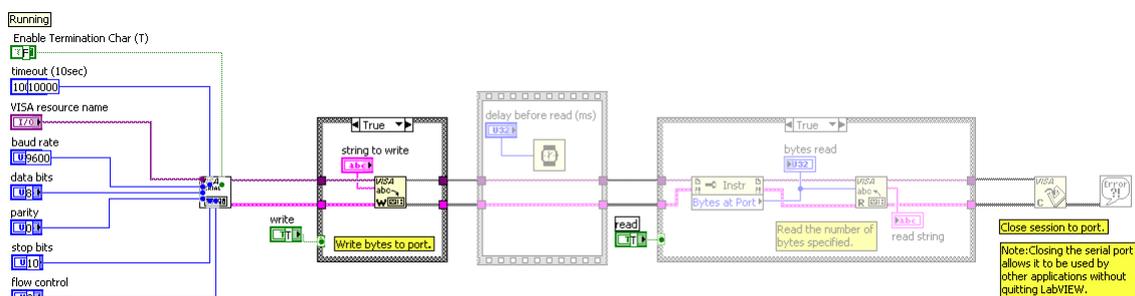


Fig. 5. Flujo de datos (der. a izq.) →



## 2.4 Ventajas

La programación gráfica nos brinda una serie de beneficios muy extensos, como los listados a continuación:

- Es compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar a la vez con programas de otra área de aplicación, como Matlab o Excel. Además se puede utilizar en muchos sistemas operativos, incluyendo Windows y UNIX, siendo el código transportable de uno a otro.
- Permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).
- Es muy simple de manejar, debido a que está basado en un nuevo sistema de programación gráfica, llamado lenguaje G.
- Es un programa enfocado hacia la instrumentación virtual, por lo que cuenta con numerosas herramientas de presentación, en gráficas, botones, indicadores y controles, los cuales son muy esquemáticos y versátiles. Estos serían complicados de realizar en bases como C++ donde el tiempo para lograr el mismo efecto sería muchas veces mayor.
- Es un programa que contiene librerías especializadas para manejos de DAQ (tarjetas de adquisición de datos), Redes, Comunicaciones, Análisis Estadístico, Comunicación con Bases de Datos (útil para una automatización de una empresa a nivel total).
- La creación de subrutinas en módulos de bloques, permiten usar otros bloques creados anteriormente como aplicaciones por otras personas.

A continuación se representa una tabla que describe otro tipo de ventajas del instrumento virtual frente al instrumento tradicional:

Tabla 1. Comparativa de instrumentos virtuales vs tradicionales

<b>Instrumento tradicional</b>	<b>Instrumento virtual</b>
<i>Definido por el fabricante</i>	<i>Definido por el usuario</i>
<i>Funcionalidad específica, con conectividad limitada.</i>	<i>Funcionalidad posible de diseñar, orientado a aplicaciones, conectividad amplia.</i>
<i>La base es el hardware.</i>	<i>El software es la clave.</i>
<i>Altos costos/funcionalidad</i>	<i>Bajos costos/funcionalidad, variedad de funciones, reutilizable.</i>
<i>Arquitectura cerrada.</i>	<i>Arquitectura abierta.</i>
<i>Lenta incorporación de nuevas tecnologías.</i>	<i>Incorporación constante de nuevas tecnologías.</i>
<i>Alto costo de mantenimiento.</i>	<i>Bajo/nulo costo de mantenimiento.</i>



## **Aplicaciones de LabVIEW**

Labview tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control, un ejemplo de esto pueden ser sistemas de monitoreo en transportación, Laboratorios para clases en universidades, procesos de control industrial. Labview es muy utilizado en procesamiento digital de señales (wavelets, FFT, Total Distorsion Harmonic TDH), procesamiento en tiempo real de aplicaciones biomédicas, manipulación de imágenes y audio, automatización, diseño de filtros digitales, generación de señales, entre otras, etc.



## 2.5 Instrumentos DATAQ (adquisición de datos)

La transformación de los parámetros y variables físicas de nuestro entorno en magnitudes eléctricas es imprescindible en la actualidad para todo tratamiento de datos o sistemas de control, es la base y el comienzo para la automatización de sistemas.

La mayor parte de los sistemas de instrumentación, constan de varios componentes para realizar una medición y registrar los resultados. Por lo general son tres los elementos principales, un dispositivo de entrada, un acondicionador de señal o de procesamiento y un dispositivo de salida. El dispositivo de entrada recibe la variable física a medir y envía una señal eléctrica proporcional al dispositivo de salida, aquí se amplifica, se filtra o se modifica en un formato adecuado. Este puede ser un medidor simple o una computadora digital para la manipulación de los datos.

Los fabricantes de hardware han seguido ese camino creando tarjetas de adquisición de datos que permiten transformar las variables físicas del medio ambiente en señales eléctricas que son introducidas directamente al ordenador para ser manipuladas.

Tal como la empresa DATAQ, quien ha diseñado un conjunto de instrumentos que facilitan al usuario la implementación de sistemas de control a base de las computadoras.

## 2.6 DI-158

El DI-158 de DATAQ Instruments ofrece características avanzadas que comúnmente encontramos en instrumentos más costosos. Selección de canales, velocidades de muestreo elevadas, y una interfaz computacional avanzada son algunas de las ventajas que combinadas producen un instrumento robusto que puede ser aplicado a casi toda situación de adquisición de datos donde señales bajas y altas necesitan ser monitoreadas a través del PC.



Fig. 6. Tarjeta de adquisición DI-158



La opción de ganancia de alto nivel/escala provee ganancias en el rango de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 y 512 con una escala completa de  $\pm 64$  volts. El modelo estándar permite un rango de 1, 2,4 y 8 por canal a una escala completa de  $\pm 10$  volts.

### ***2.7 Facilidad de conexión y uso***

El conveniente de este instrumento es su interfase USB que permite al DI-158 conectarse a cualquier PC o laptop. La alimentación es derivada desde el ordenador a través del USB, no requiriendo de alimentación externa.

Dos partes internas, de 8 terminales conectores permiten asegurar fácilmente señales I/O sin la necesidad de aditamentos extras.

### ***Alta resolución***

Su resolución de 12-bit provee un sensible instrumento capaz de registrar cambios tan pequeños como uno en 2,048  $\pm 0.05\%$  de la escala completa en el rango.

### ***Alto rango de muestreo***

Acepta rangos de muestreo desde sub-Hertz hasta 14,400 Hertz, en señales estáticas o dinámicas.

### ***Compacto***

Tamaño pequeño 66 x 66 x 28 mm permite que el DI-158 se adapte confortablemente en gabinetes de instrumentación, escritorios u otros espacios reducidos.

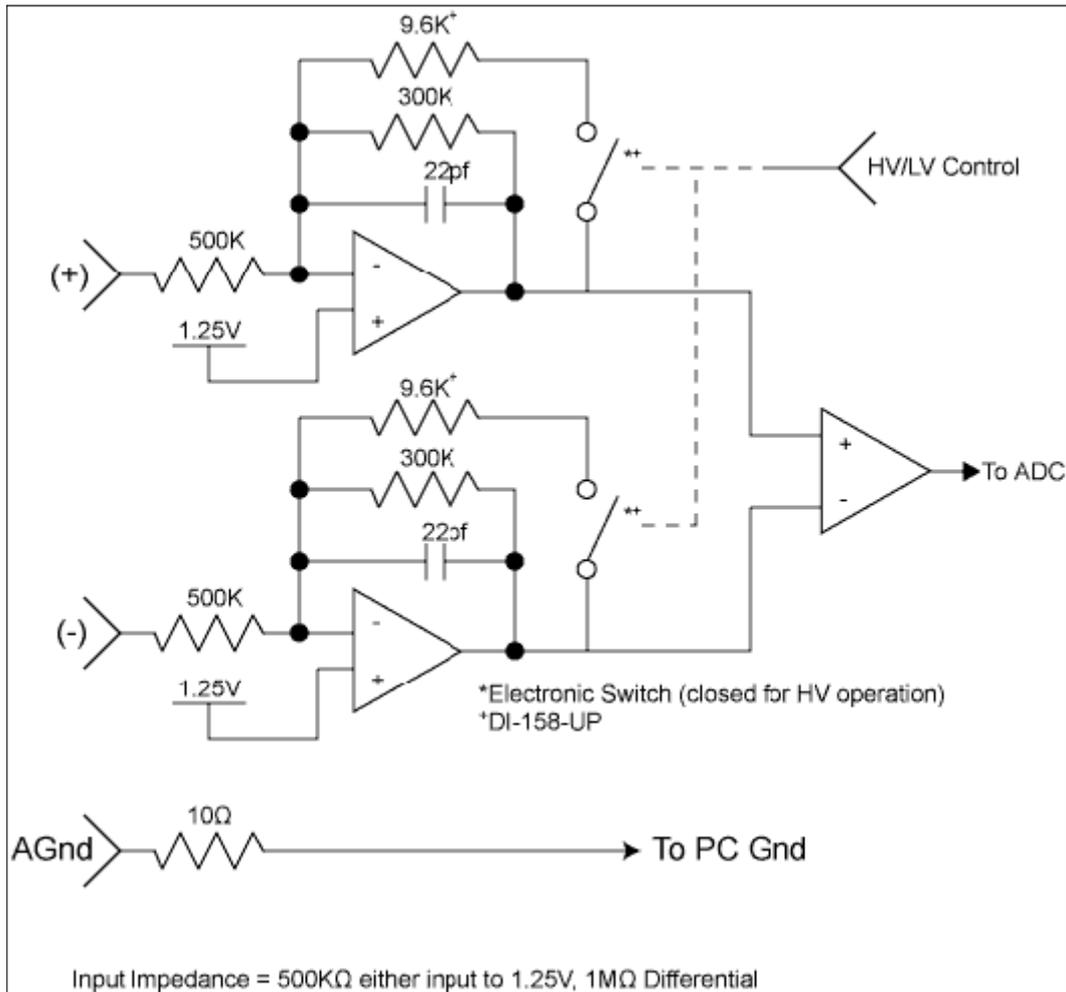
### ***Lista de selección de canales-ganancia***

La lista de selección de canales-ganancia elimina errores impredecibles y permite seleccionar que canales se usan o no en su aplicación. Además permite asignar una ganancia adecuada a cada canal dependiendo de las necesidades.

### ***Puertos bidireccionales***

Puertos internos bidireccionales permiten la programación de entradas y salidas discretas para control.

**Entradas análogas (Típicas)**



*Fig. 7. Diagrama interno de las entradas*





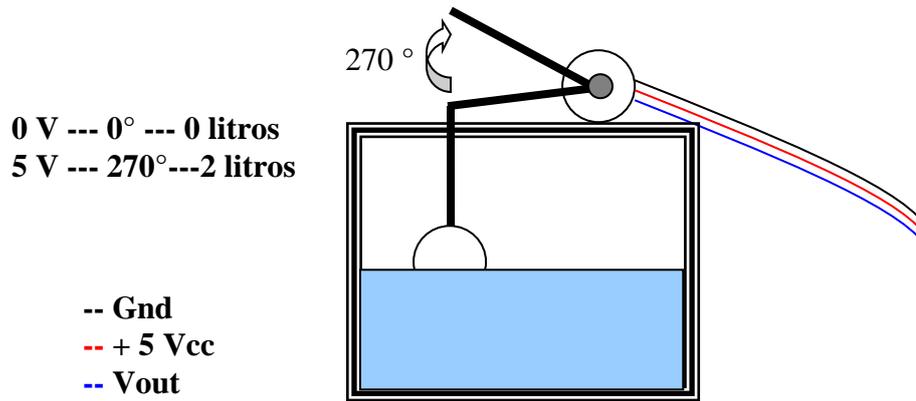


Fig. 10. Sensor de nivel

### 3.2 Actuadores

Dentro del sistema de control se hace uso de dispositivos que realizan las correcciones en el tanque, en este caso deseamos controlar el nivel del mismo, al mismo tiempo que la temperatura del líquido que se encuentra dentro de él.

#### 3.2.1 Bombas de agua

Para ello utilizaremos bombas eléctricas de agua, del mismo tipo que encontramos en los automóviles para rociar agua a los cristales frontales. Estas bombas funcionan con corriente directa, aplicándoles 12 Volts para extraer el líquido y expulsarlo a través de unas pequeñas mangueras.

En el tanque se necesitan dos de ellas, una destinada a introducir el agua y la otra que vacía el mismo. Es importante tomar en cuenta el consumo de corriente de estas bombas, ya que oscila entre los 200 y 350 mA dependiendo del fabricante.



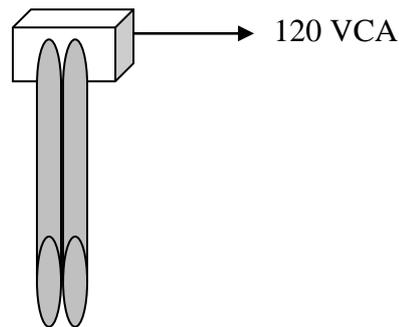
*Fig. 11. Alimentación de la bomba (12 VCD)*



*Fig. 12. Manguera de expulsión*

### **3.2.2 Calentador**

El dispositivo que se aplicó para elevar la temperatura del tanque es un calentador de 120 V a 350 W. Este tiene capacidad para elevar la temperatura de 3 litros de agua en tan solo 35 segundos, teniendo como un inconveniente su alto consumo de corriente.



*Fig. 13. Calentador de agua*

### **3.2.3 Fuente de alimentación externa**

Tanto los sensores así como los actuadores requieren de valores de tensión entre los 5 V y los 12 V. Debido a esto, se diseñó una fuente externa al sistema para poder brindar la alimentación necesaria a cada etapa (de acoplamiento y los sensores).

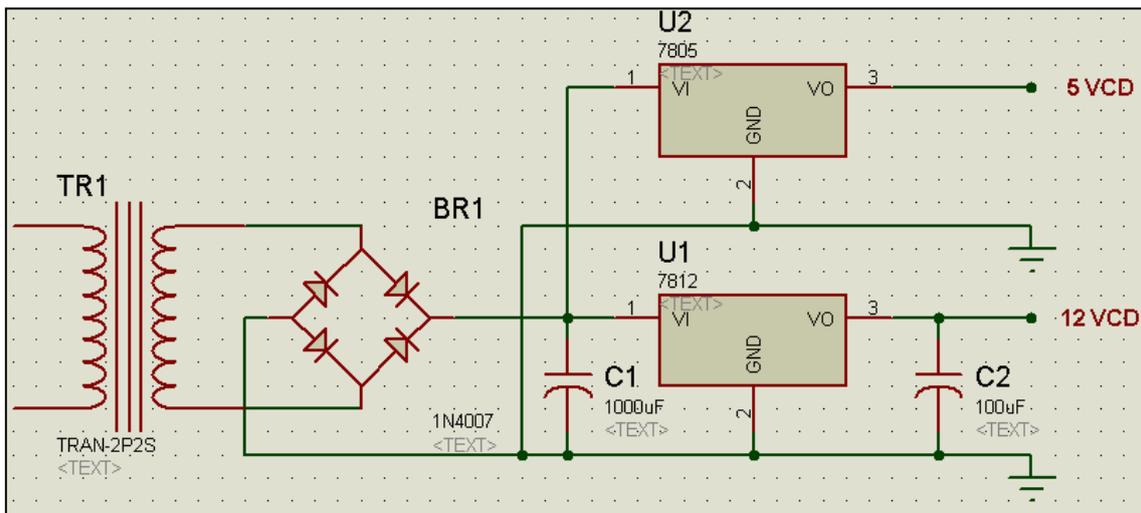


Fig. 14. Fuente de alimentación externa

### 3.3 DISEÑO DEL SISTEMA

Ciertos componentes utilizados requieren su correcta implementación dadas sus características, tal es el caso de los actuadores, que son activados mediante los puertos de salida de la tarjeta DATAQ (salidas digitales) con un máximo de 3 VCD para cada uno.

#### 3.3.1 Etapas de acoplamiento

Por ese inconveniente, fue necesario acoplar una etapa extra para poder utilizar más corriente eléctrica para la activación de las bombas y de la resistencia (que maneja CA).

Se puede observar en el diagrama como la señal digital que proviene de la tarjeta DATAQ se utiliza para saturar al transistor Q2 y de esa forma a su vez saturar el TIP 41 que entregará los 12 VCD a las bombas (este transistor nos permite un uso de corriente más elevado tal como se requiere).

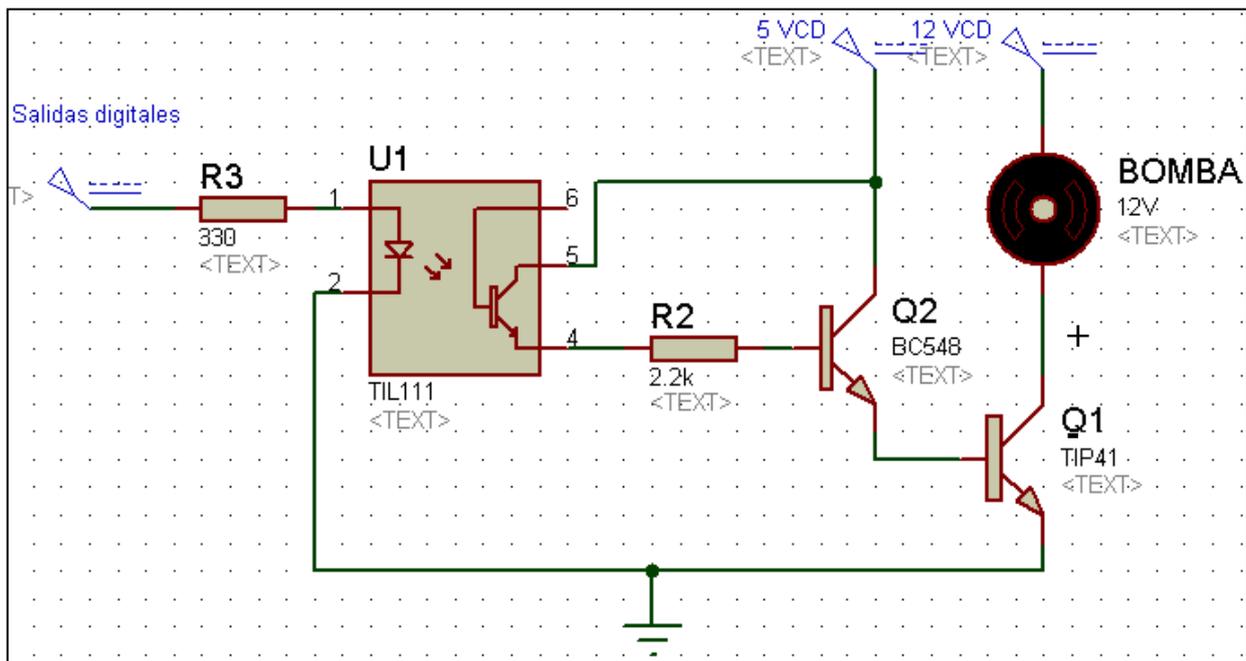
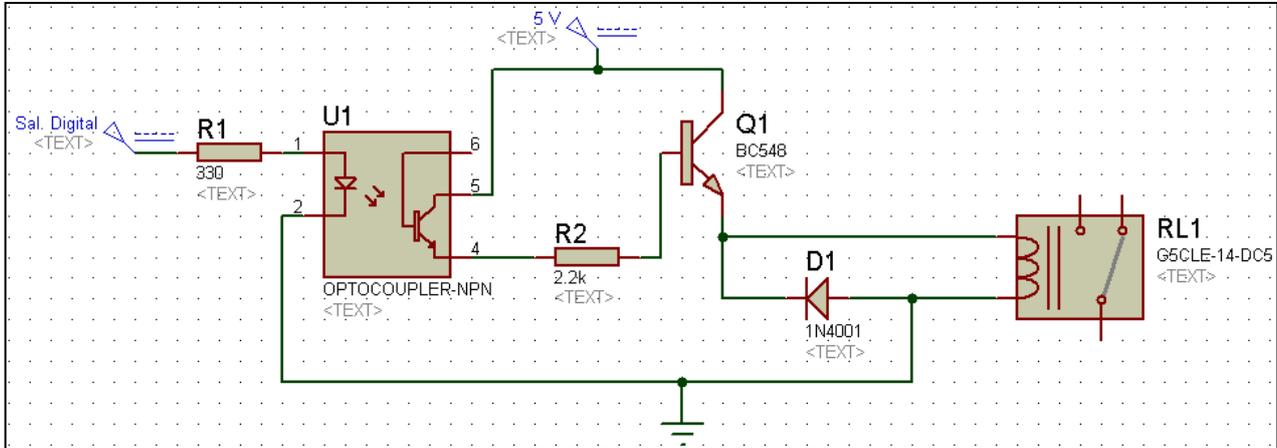


Fig. 15. Etapa de acoplamiento para las bombas (**Acoplamiento 1**)

**Nota:** Esta etapa es aplicada a cada una de las bombas de agua por separado.

En el caso del calentador el uso de una etapa de separación galvanica era primordial, por lo que se adhirió un optoacoplador (1N26) para proteger la tarjeta de adquisición de datos de algún percance dado que necesitamos la aplicación de VCA para activar el dispositivo.

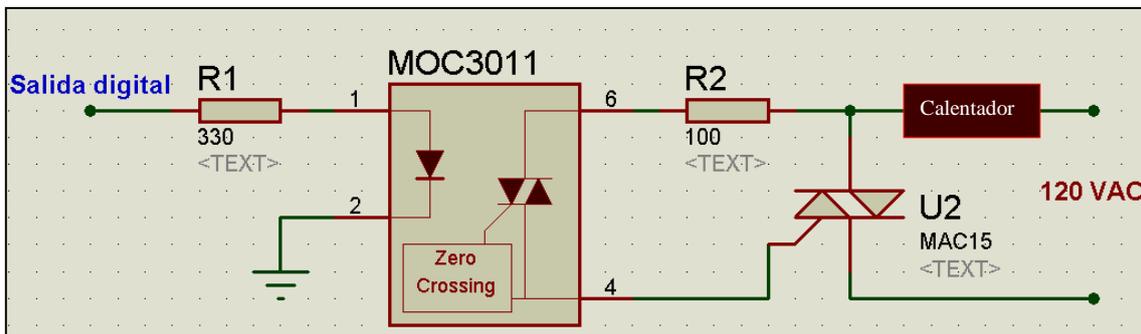


*Fig. 16. Etapa de acoplamiento para el calentador (**Acoplamiento 2**)*

Cuando la señal digital active el optoacoplador, este a su vez activará el transistor Q1 para otorgar 5 VCD al relay que consecuentemente estará conectado a la línea de VCA para encender el calentador.

**Etapa opcional**

Esta etapa fue diseñada para manejar dos opciones de activación del calentador, como puede observarse, esta etapa difiere de la etapa de acoplamiento 2 en cuanto al uso de un optoacoplador con salida a triac para activar la salida de CA.



*Fig. 17. Etapa opcional de acoplamiento 2\**

### 3.4 IMPLEMENTACIÓN

El esquema del sistema viene dado por la conexión de los dispositivos de sensado, actuadores y la tarjeta de adquisición de datos.

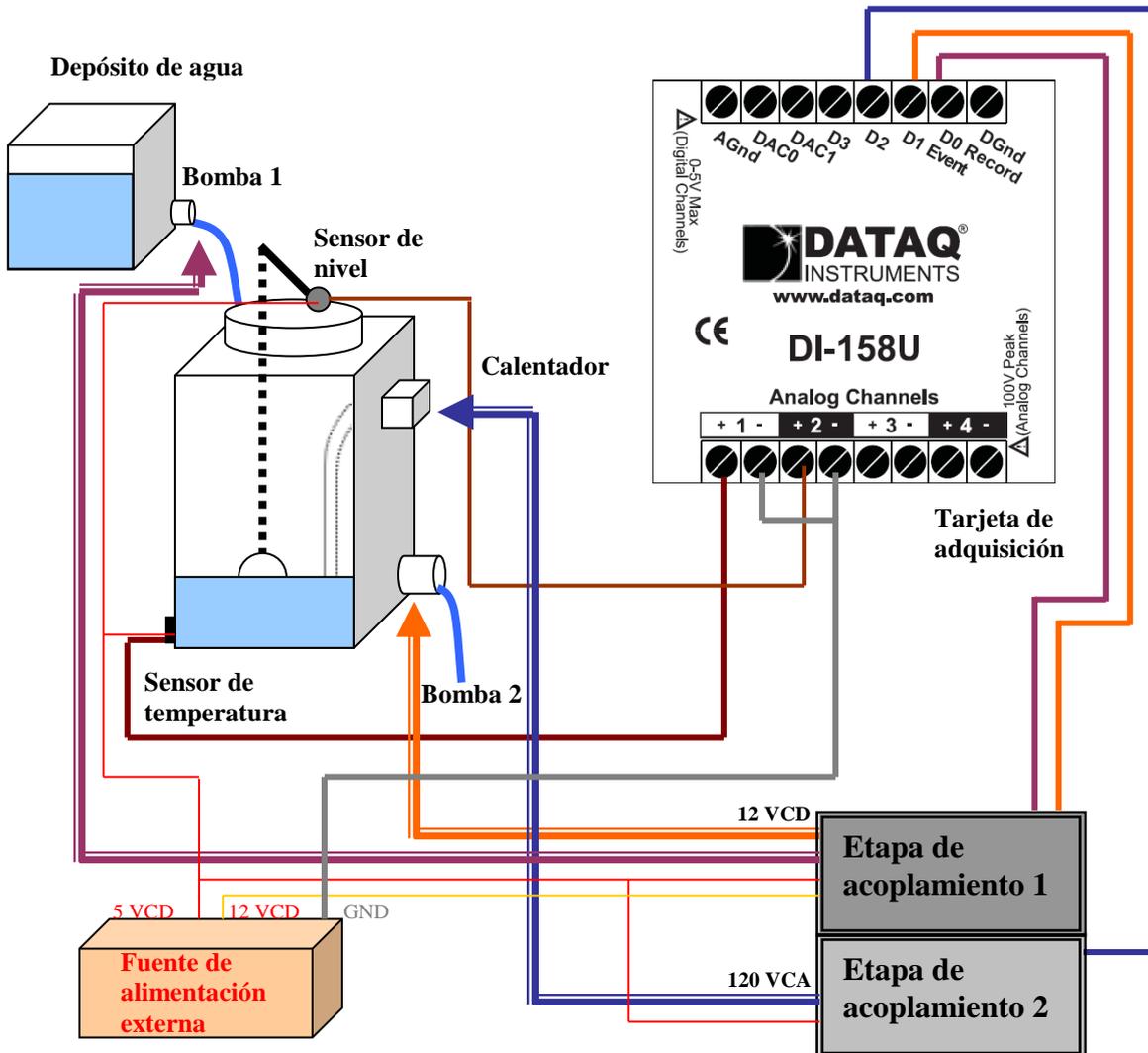


Fig. 18. Esquema del sistema didáctico



Las mediciones de los sensores (temperatura y nivel) se obtienen directamente gracias al rango de tensiones que permite adquirir la tarjeta DATAQ.

La alimentación tanto del potenciómetro y del LM35 es igual a 5 VCD, por lo que la variación en sus salidas puede ser correctamente interpretada por las entradas analógicas del DI-158, incluso las milésimas de volt que arroja el sensor de temperatura.

En cuanto a la activación de los actuadores, se diseñó una etapa intermedia (explicada anteriormente) que sirve para acoplar correctamente las salidas digitales de la tarjeta de adquisición de datos de tal manera que puedan otorgar las señales requeridas por las bombas y el calentador.

### **3.5 SISTEMA DE CONTROL**

Los datos que se obtienen de nuestros sensores son capturados y manipulados por el programa diseñado en LABVIEW, en el cuál podemos adecuar las señales adquiridas para ser mostradas en pantalla o a su vez hacer conversiones dentro del mismo.

La estructura del programa se forma de la siguiente manera:

- Activación de la tarjeta de adquisición de datos.
- Análisis de puertos.
- Elección de puertos de lectura.
- Adquisición/Lectura de datos.
- Conversión de datos.
- Muestreo en pantalla de los datos leídos/adquiridos.
- Asignación de límites/rango de funcionamiento.
- Comparación de los datos leídos de forma cíclica.
- Correcciones de control.
- Activación de actuadores/salidas digitales.

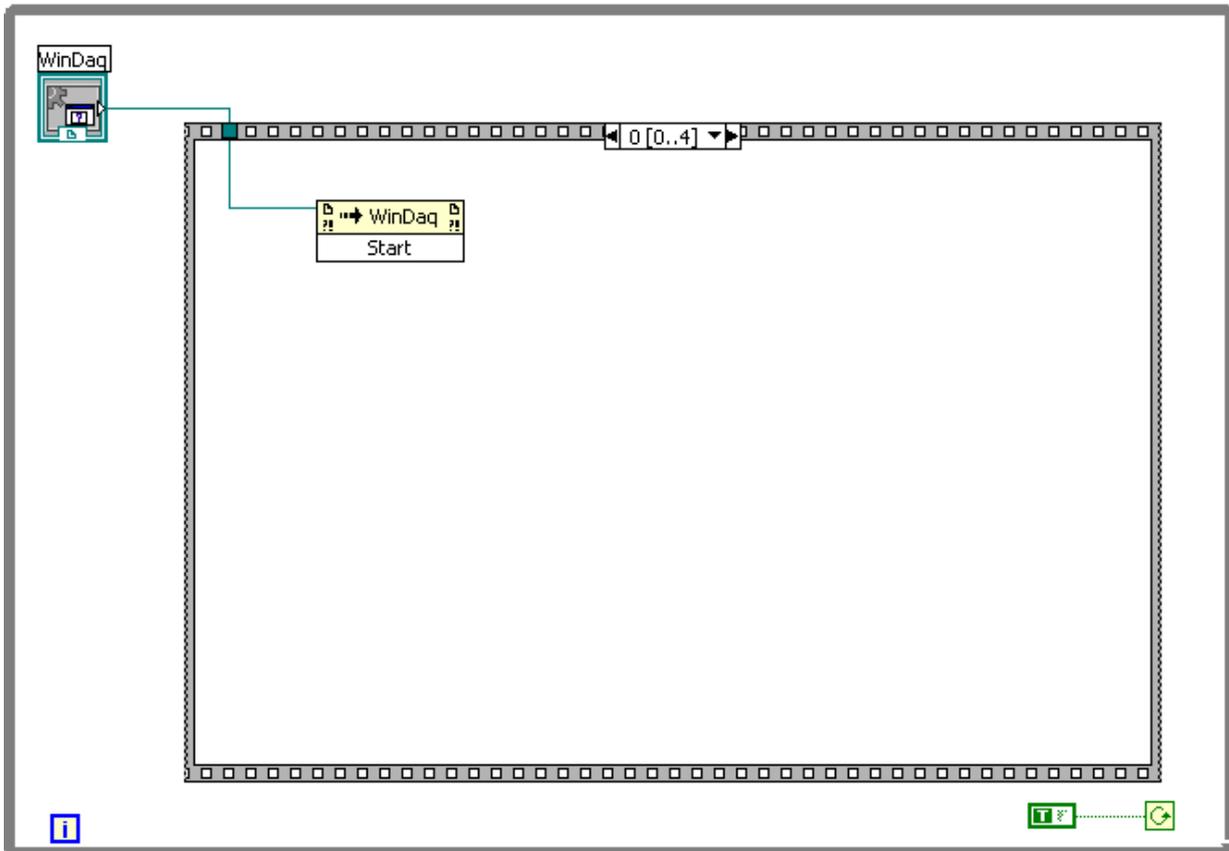


Fig. 19. Etapa de activación de la tarjeta DATAQ

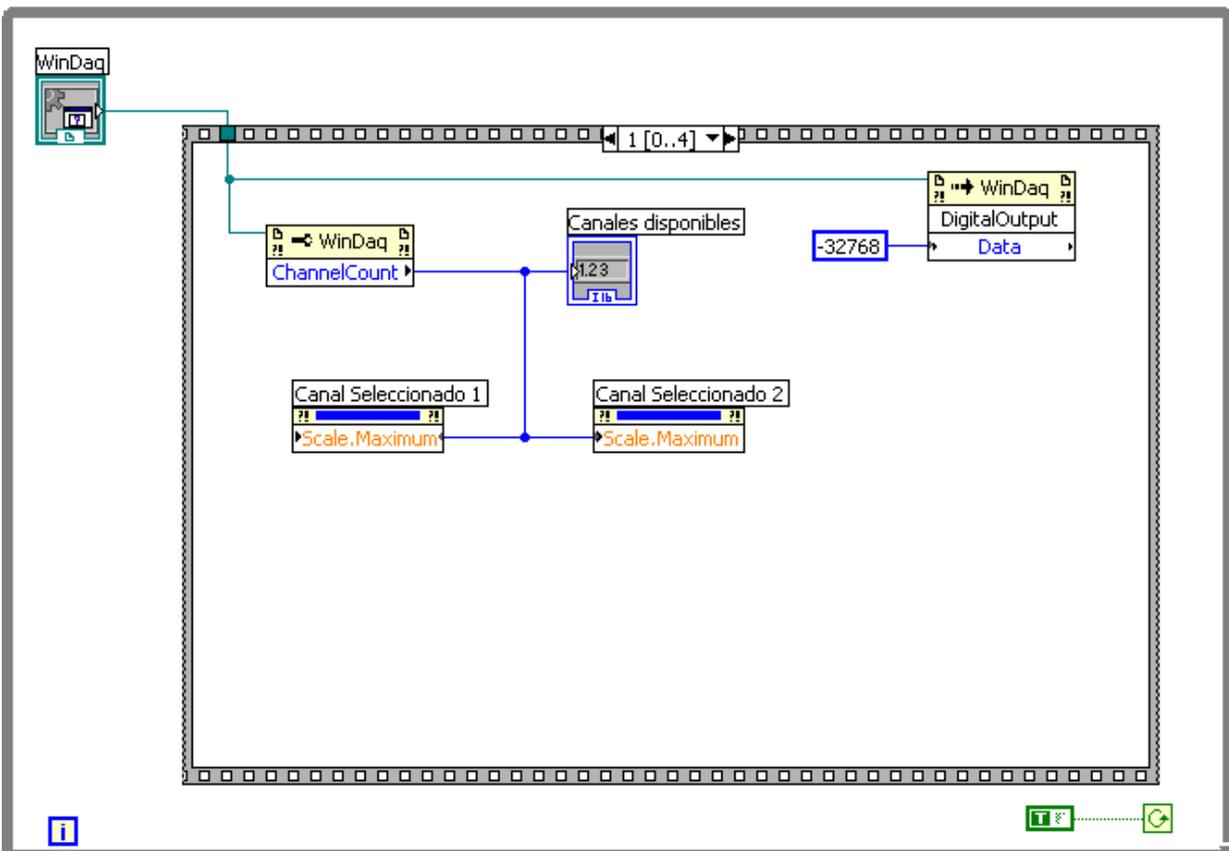


Fig. 20. Etapa de escaneo/selección de canales

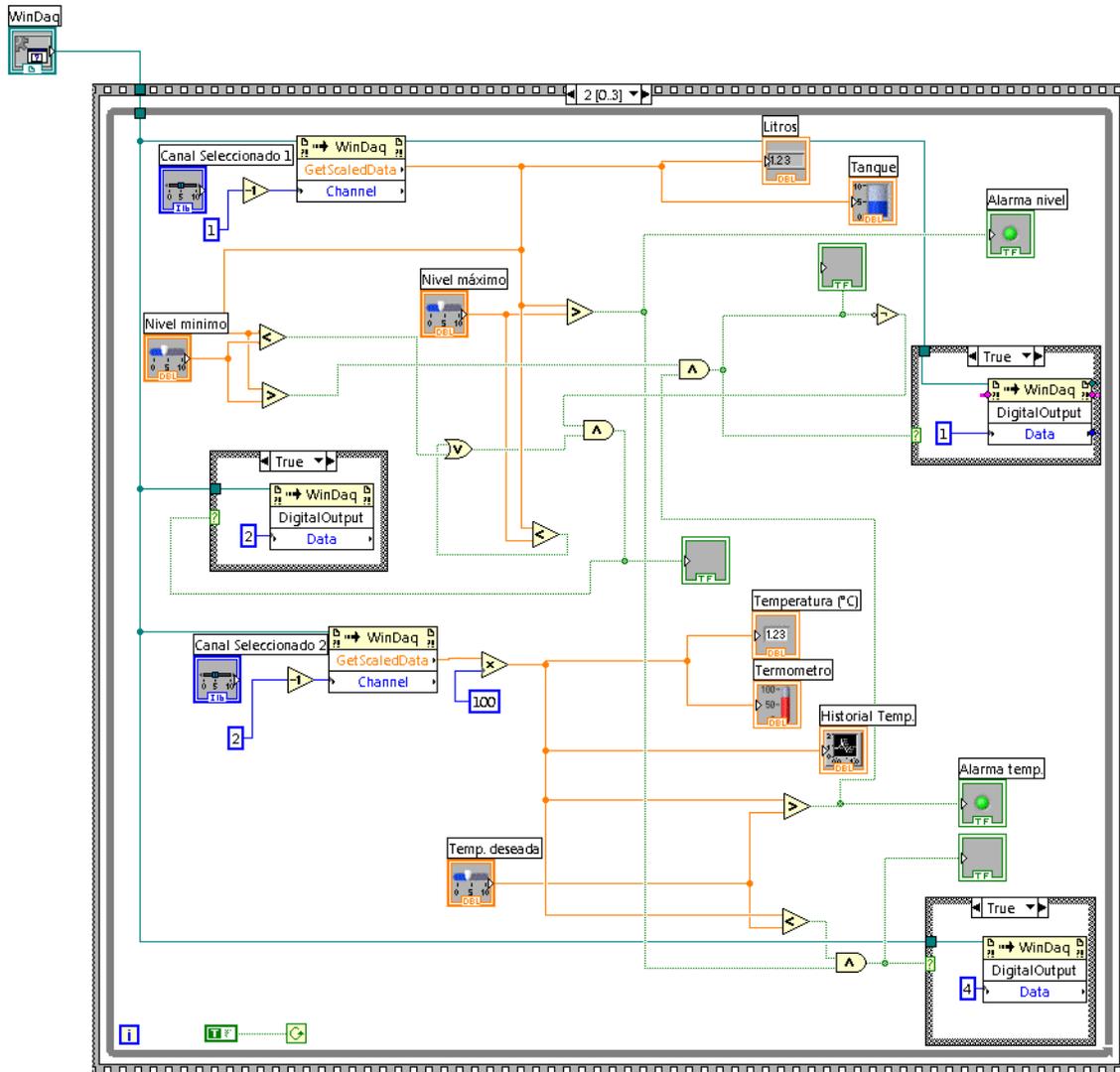


Fig. 21. Adquisición/lectura/conversión/comparación y control de los datos

### 3.6 Funcionamiento

El diagrama de bloques del programa muestra con claridad la forma en que funciona el sistema de control de la caldera.

Al detectarse los canales disponibles de lectura y seleccionarlos, se prosigue a obtener los datos de los sensores conectados a las entradas (nivel y temperatura), para posteriormente hacer la conversión de los datos y ser mostrados en pantalla (con el tanque gráfico y el termómetro) en forma digital.

De esta forma se realizan las comparaciones necesarias en base a los límites establecidos por el usuario (nivel mínimo/máximo, temperatura mínima) para hacer funcionar a los actuadores (bombas y calentador).

Cuando el programa es puesto en marcha, se verifica el nivel del tanque, en caso de estar por debajo del nivel mínimo, la bomba de llenado (bomba 1) es activada para introducir agua al tanque y alcanzar lo deseado por el usuario.



Una vez obtenido el nivel mínimo de agua, la bomba 1 sigue llenando la caldera hasta llegar al nivel máximo permitido (designado por el usuario) y detenerse para encender el calentador y dotar el liquido con la temperatura mínima que se desea en la aplicación.

El calentador solo puede ser encendido si el tanque posee el nivel máximo de agua, en caso contrario debe esperar a ser llenado para poder activarse y elevar la temperatura.

El sensor de temperatura verifica el dato mínimo que debe ser alcanzado, y en caso de serlo, se ordena mediante al programa el apagado del calentador y al mismo tiempo el encendido de la bomba de vaciado (bomba 2).

La bomba 2 expulsa el líquido de la caldera hasta llegar al nivel mínimo permitido, que es cuando se detiene y comienza de nuevo el ciclo.

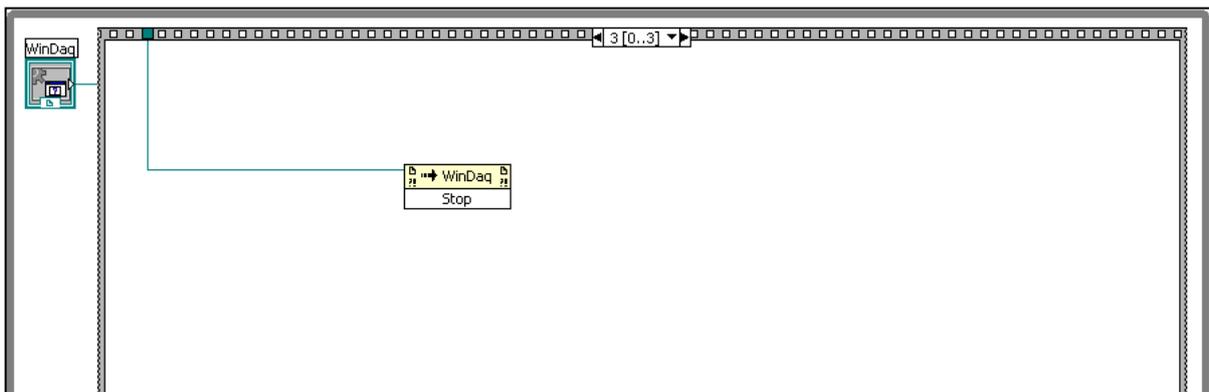


Fig. 22. Finalización del programa

## CAPITULO IV

### 4.1 RESULTADOS

El diseño del sistema de control trajo consigo la necesidad de crear un entorno agradable para el usuario.

El ambiente de trabajo se dividió en las dos partes fundamentales que intervienen en la caldera: el nivel y la temperatura. El panel frontal muestra los datos capturados por la tarjeta de adquisición, así como también su conversión a la medida real que se está utilizando en el sistema físico.

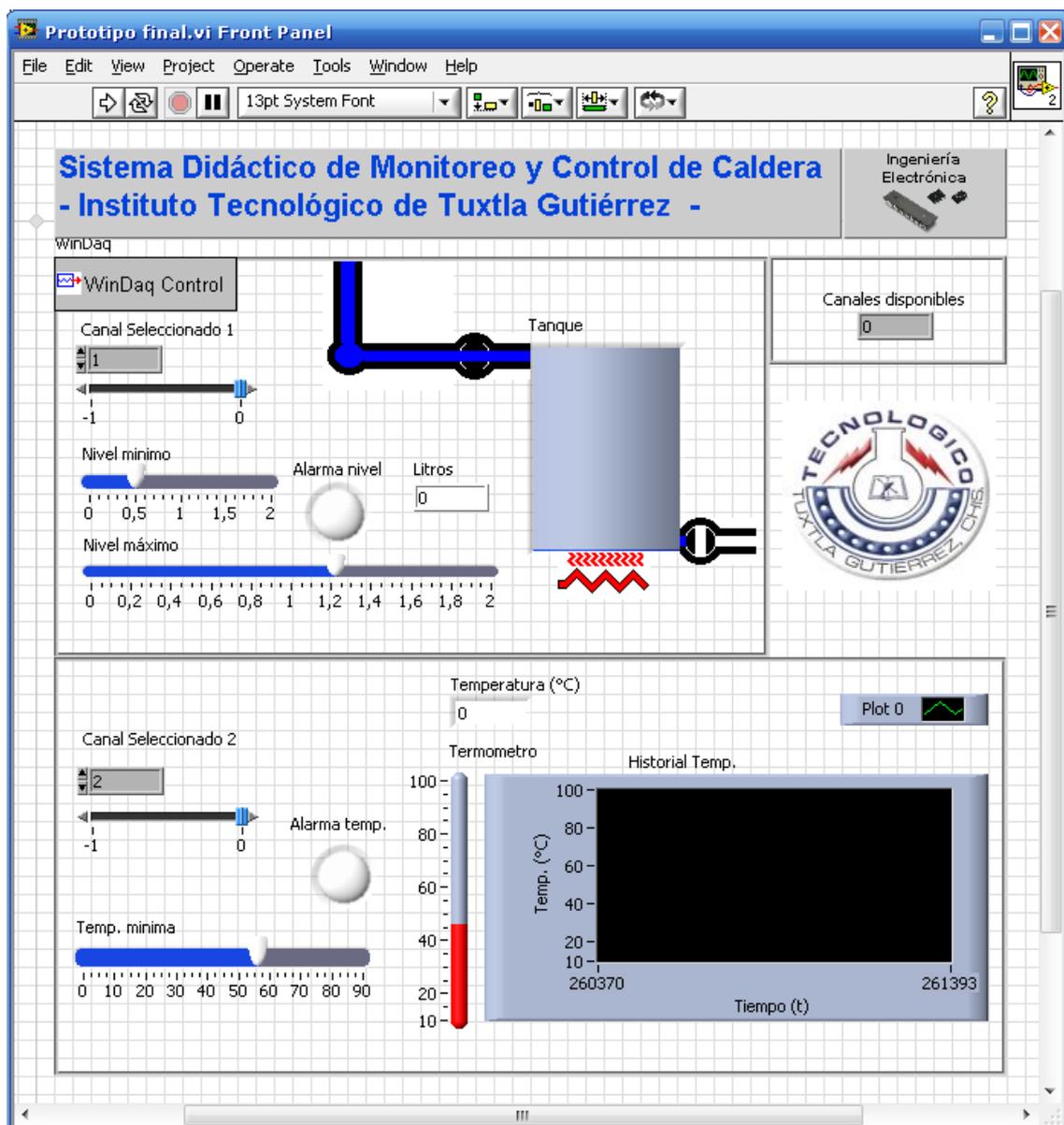


Fig. 23. Panel frontal del programa en Labview



La interfaz muestra a su vez las entradas disponibles para lectura además de que se adhirió la posibilidad de elegir el canal de lectura para que el usuario tenga la facilidad de elegir el puerto mediante el que capturaré los datos de los sensores.



Fig. 24. Selección de canal

Los rangos de operación del sistema (temp. mínima, nivel máximo y mínimo) son dispuestos de acuerdo a la necesidad que se presente y a su vez alarmas gráficas para cada caso.

#### 4.2 PROTOTIPO FISICO

Haciendo uso de materiales comunes se implementó un prototipo físico simulando la caldera.

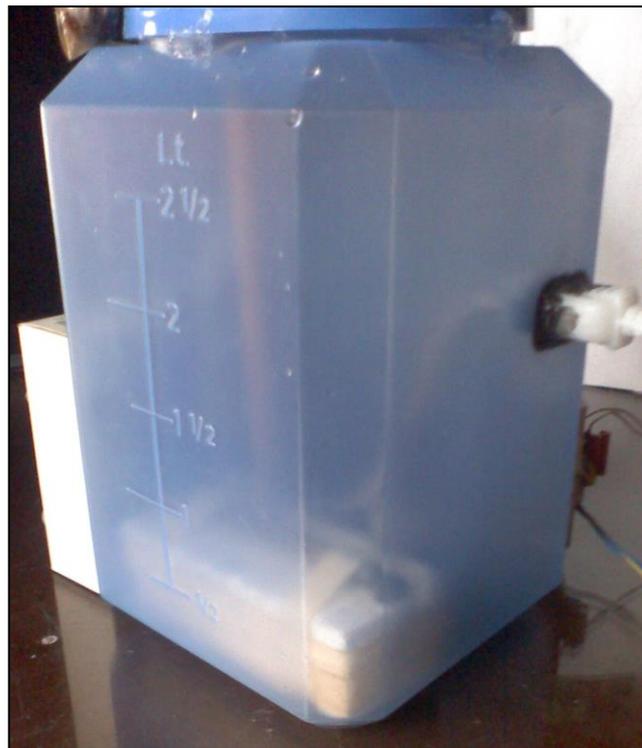
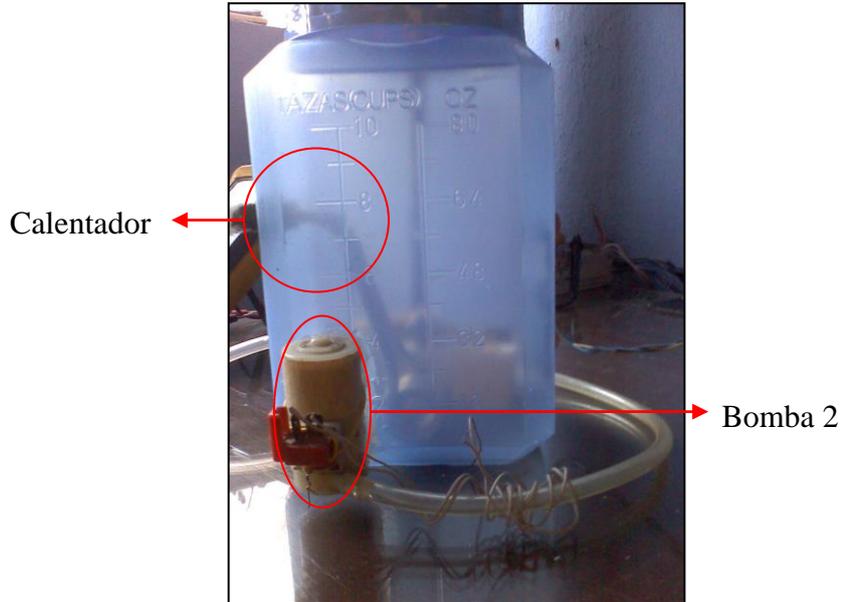


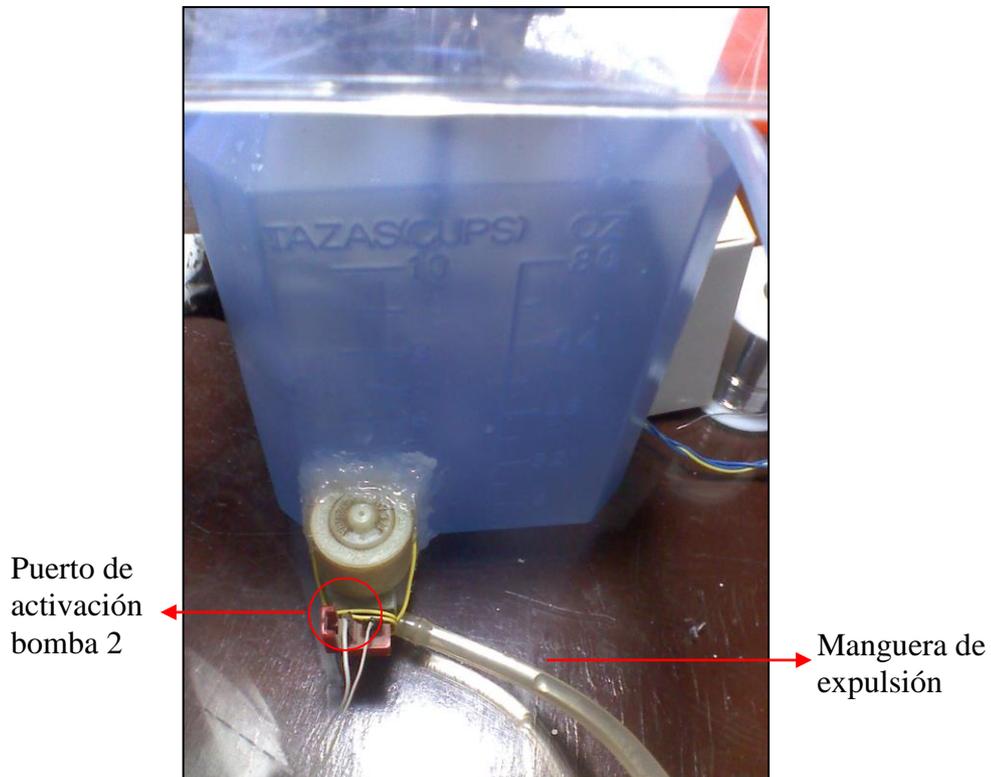
Fig. 25. Caldera (prototipo)

El calentador está acoplado al tanque por un costado, de forma tal que permite incrementar la temperatura de forma uniforme.



*Fig. 26. Calentador y bomba de expulsión (bomba 2)*

Por su parte, la bomba de expulsión se encuentra en el límite inferior del tanque, lo que da la posibilidad de expulsar la mayor cantidad de líquido.

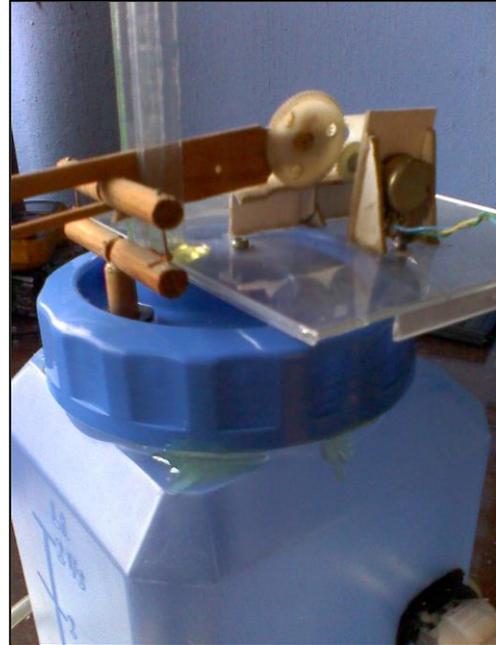


*Fig. 27. Bomba de expulsión*

El puerto de activación de la bomba 2 es comandado por la tarjeta de adquisición, que al enviar el dato digital es procesado por una etapa de acoplamiento para así activarlo con 12 VCD.



*Fig. 28. Sensor de temperatura*



*Fig. 29. Sensor de nivel*

El sensor de temperatura fue implementado en la caldera usando hojas de aluminio para cubrir el LM35 y de esa forma aprovechar la transferencia térmica que el material nos brinda. El sensor está fijado con silicón industrial, el cual soporta temperaturas de hasta 250 °C.

Por su parte el nivel del tanque se obtuvo mediante un potenciómetro acoplado a una boya diseñada previamente, que aloja la facilidad de obtener mediciones conforme el nivel de líquido varía en el proceso.

Fue necesaria la implementación de una fuente de alimentación externa que otorgara los voltajes necesarios a los sensores, y de la misma forma a las etapas de acoplamiento para los actuadores (12 V y 5 V para activación), ya que la tarjeta DI-158 solo puede brindar 3 VCD a 2.5 mA en sus salidas digitales como máximo.

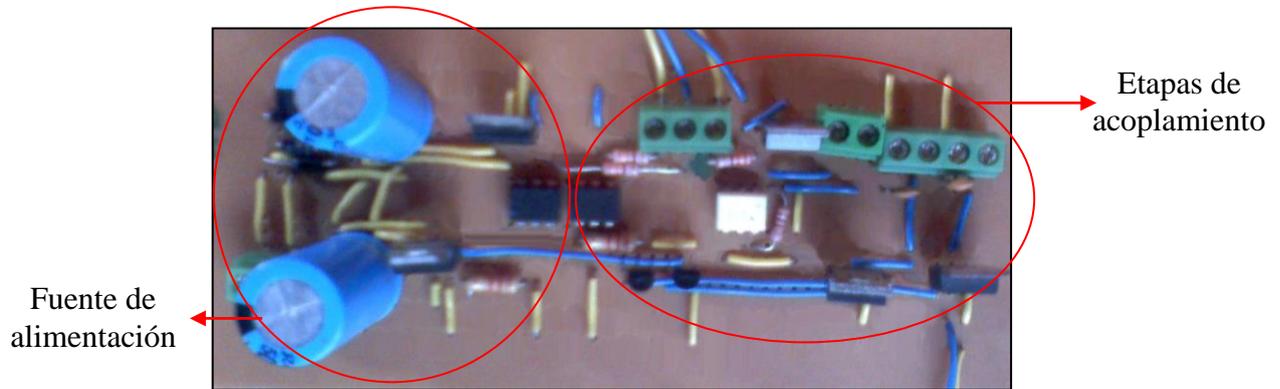


Fig. 30. Fuente de alimentación externa y etapas de acoplamiento

Tal como se diseñó en el diagrama esquemático, la tarjeta de adquisición es la encargada de recibir los datos de los sensores y activar los actuadores por medio de sus salidas digitales, mientras que la caldera sensa todos los cambios.

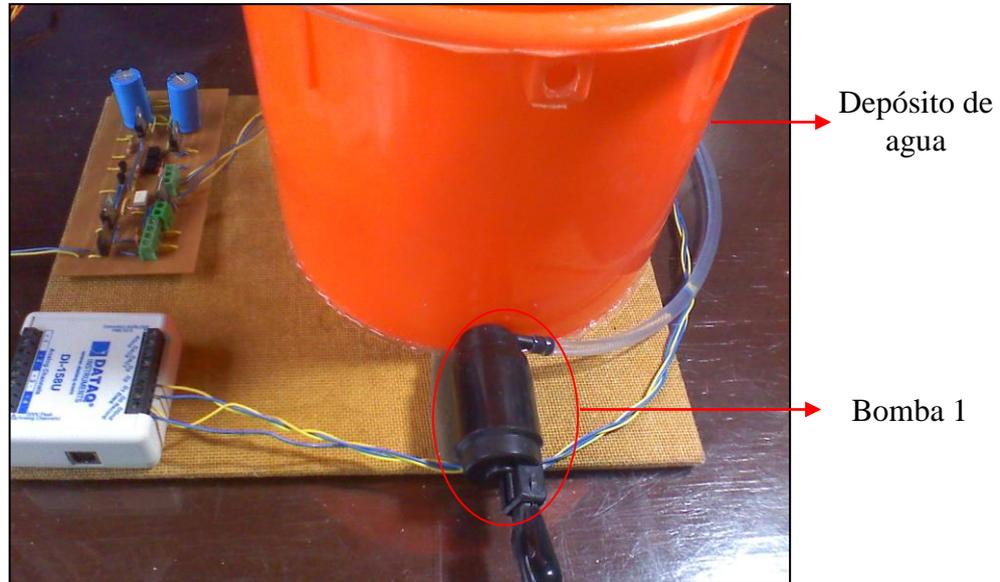


Fig. 31. Bomba 1, fuente de alimentación externa, etapas de acoplamiento y tarjeta de adquisición



## DATOS TECNICOS DEL FUNCIONAMIENTO

Al ponerse en marcha, estos son los tiempos en que realizan las acciones:

*Tabla 2. Tiempos de cambio de nivel*

<b>NIVEL</b>	<b>Tiempo (segundos)</b>
<b>0% a 50%</b>	<b>21.24</b>
<b>0% a 100%</b>	<b>36.46</b>
<b>100% a 50%</b>	<b>11.58</b>
<b>100% a 25%</b>	<b>24.47</b>

**Tiempo de adquisición de datos = 71.4 us**

**Tiempo de respuesta (activación de salidas digitales) = 10 us**

**Tiempo de puesta en marcha de calentador a máxima potencia = 25 s**

**Velocidad de muestreo = 240 Hz (muestras/seg)**

La velocidad de muestreo se divide entre los canales utilizados, por lo que tenemos una lectura de los sensores a **120 muestras/segundo**.

La velocidad con la que responden los actuadores es aproximadamente igual al tiempo de activación de las salidas digitales (**10 us**).

**Velocidad de cambio de temperatura aprox. 0.1 °C por cada 20 segundos.**  
Por lo que en su máxima potencia su velocidad de calentamiento equivale a los **0.005 °C/s**.

## TRABAJOS POSTERIORES

- **El sistema tiene la posibilidad de añadir otros parámetros de monitoreo, tales como la presión, flujo, etc.**
- **Mejoras en la medición de la temperatura en base a sensores más especializados (de tipo industrial).**
- **Mejoras en la medición del nivel en base a sensores resistivos, ópticos, etc.**
- **Diseño de etapas de acoplamiento estandarizadas (etapas de potencia).**



## **CONCLUSIONES**

**De acuerdo a los objetivos planteados se cumplió satisfactoriamente el diseño del sistema didáctico de monitoreo, gracias a la combinación de hardware y software del PC.**

**La creación de este sistema nos permitió percatarnos de la flexibilidad que nos brinda Labview, así como también identificar las configuraciones pertinentes para obtener las mediciones de las variables físicas por medio de la tarjeta de adquisición DATAQ. Lo que deja en claro la evolución de los puertos de comunicación hacia el protocolo USB, que otorga facilidad de uso e instalación.**

**Mediante este proyecto se puede establecer un laboratorio destinado al aprendizaje del lenguaje grafico Labview, ya que es posible adaptarse a diversas aplicaciones como pruebas de adquisición y generación de datos con tarjetas DATAQ, sistemas didácticos como el presentado en este trabajo, etc...**

**Además, este proyecto no solo permitió aplicar los conocimientos de electrónica, sino que de la misma forma se puso en práctica el diseño industrial a pequeña escala (el desarrollo del sistema de nivel y temperatura del tanque), algo realmente conveniente dado el enfoque de la carrera de ingeniería en el desarrollo profesional.**



## REFERENCIAS

- Roncancio, Henry Antonio. Tutorial de Labview. Universidad distrital “Francisco José de Caldas”. 2001.
- National Instruments, “Labview user’s manual”, NI. 2007.  
[www.ni.com](http://www.ni.com)
- DATAQ Instruments. DATAQ ActiveX Controls. [www.dataq.com](http://www.dataq.com)
- DATAQ Instruments. WinDaq Acquisition Software.  
[www.dataq.com](http://www.dataq.com)

## Páginas web

- DATAQ Developer Network.  
<http://support.dataq.com/viewforum.php?f=12>
- NI Developer Zone. Learning center.  
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/5054>
- National Instruments. Forums.  
<http://forums.ni.com/ni/board?board.id=170>



## ANEXOS

### Adquisición de datos en LabVIEW usando los controles ActiveX de DATAQ Instruments

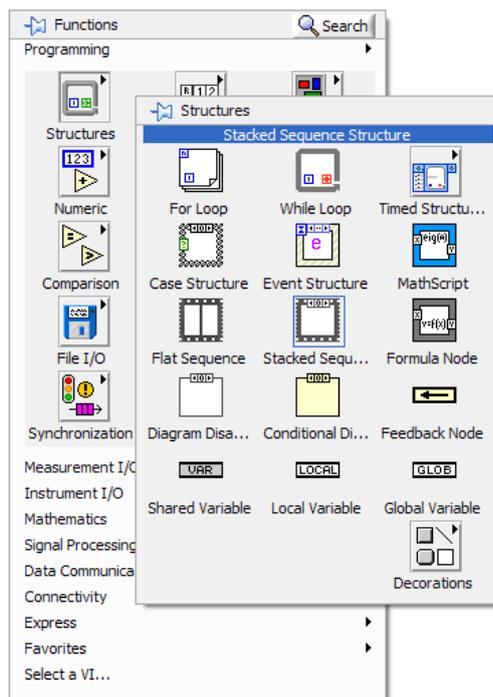
Aldo Esteban Aguilar Castillejos  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

LabVIEW es un popular entorno de programación usado en distintas aplicaciones de adquisición de datos.

Los productos de DATAQ Instruments pueden ser programados en LabVIEW aplicando las herramientas ActiveX. A continuación se describe el procedimiento paso a paso que se debe seguir para acceder a cualquier control ActiveX de DATAQ Instruments desde LabVIEW.

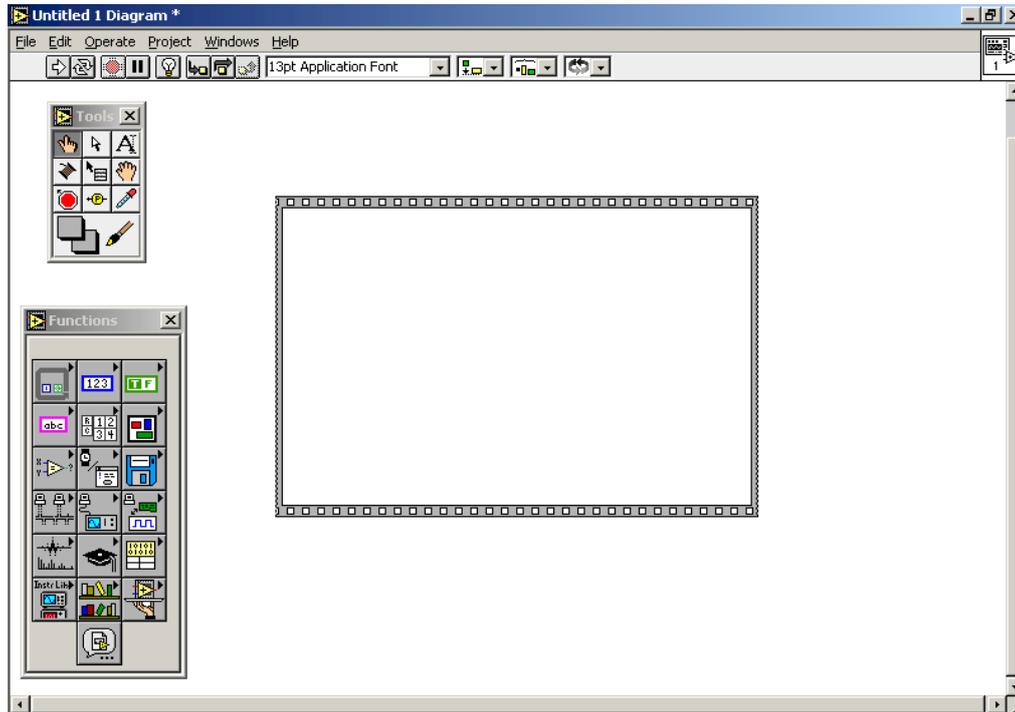
Este método utiliza el control WinDaq que permite los datos adquiridos con el software WINDAQ<sup>®</sup> estén disponibles de manera simultánea con LabVIEW.

1. Abre un nuevo proyecto en LabVIEW.
2. Selecciona una estructura secuencial (**Sequence Structure**):



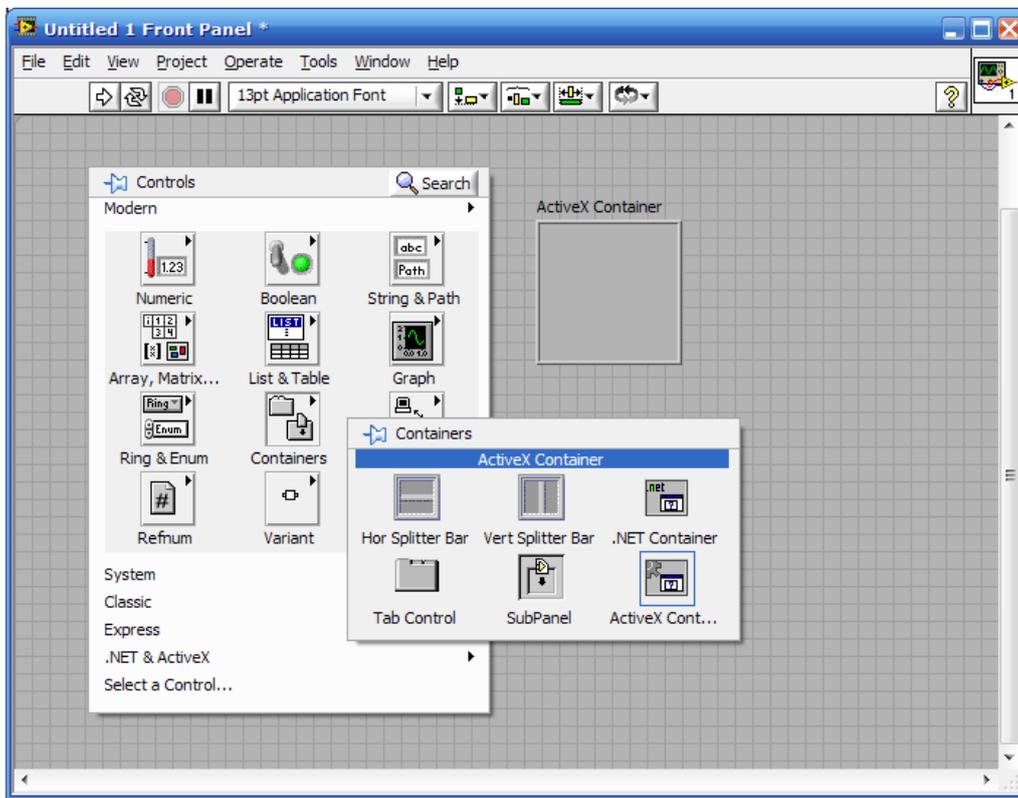
Esta estructura será utilizada para “inicializar” el control WinDaq antes de ser utilizado.

3. Inserta la estructura en la ventana de diagrama de bloques (Block Diagram):



El diagrama dibujado en esta ventana determinará lo que será ejecutado, en que orden, etc.

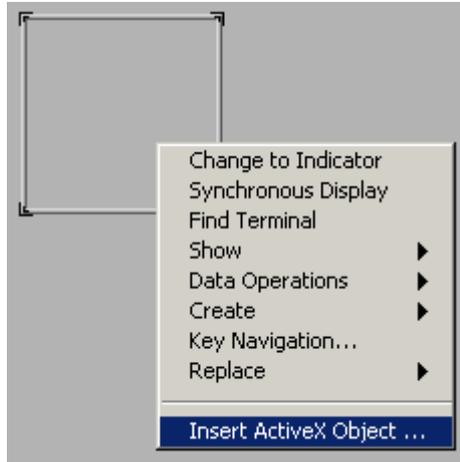
4. Inserta un contenedor ActiveX (**ActiveX Container**) en el panel frontal (**Front Panel**):



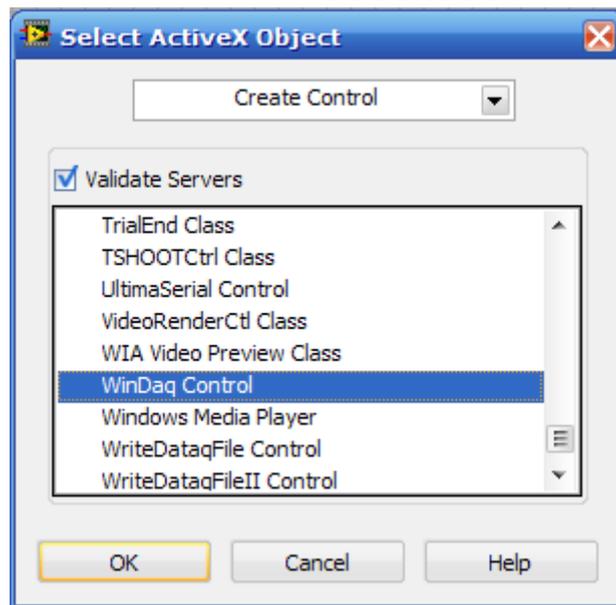


El contenedor ActiveX es necesario para inserta un control ActiveX en LabVIEW. Los controles ActiveX básicamente crean la relación cliente-servidor. Puedes informarte más en la ayuda online de LabVIEW con el tema "Introduction to ActiveX".

5. Click-derecho en el contenedor y selecciona **Insert ActiveX Object...**

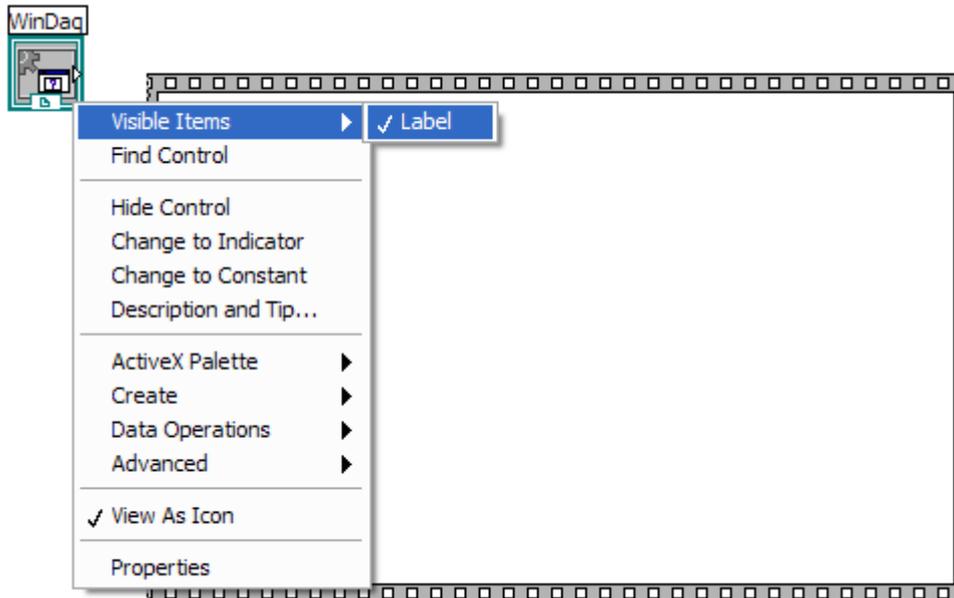


6. Selecciona **WinDaq Control**.





7. En la ventana del diagrama, presiona click-derecho en el nuevo control creado, selecciona Visible Items→Label para mostrar su etiqueta.



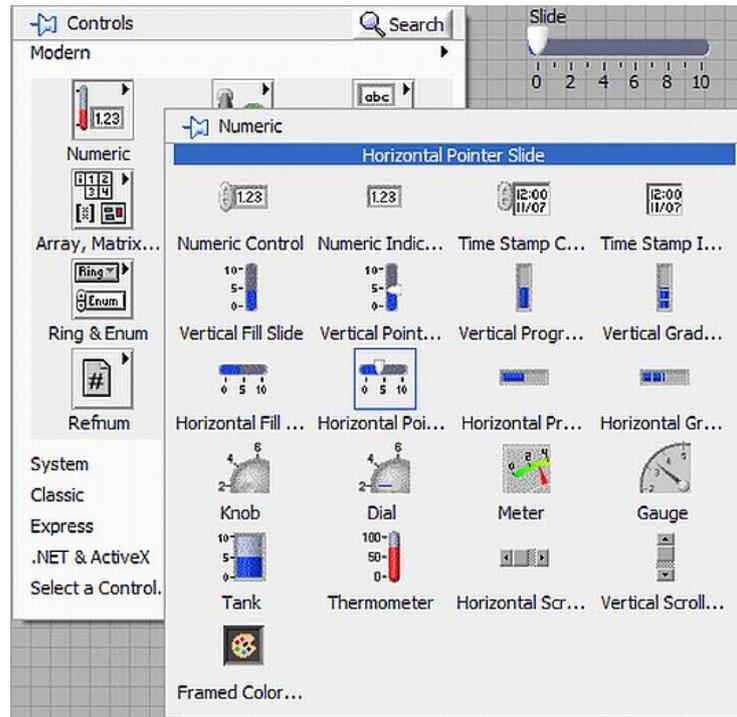
8. Conecta el control WinDag a la secuencia mediante un lazo (**Wire**):



Esto hará que el control WinDag esté disponible en todos los frames (marcos) dentro de la secuencia.

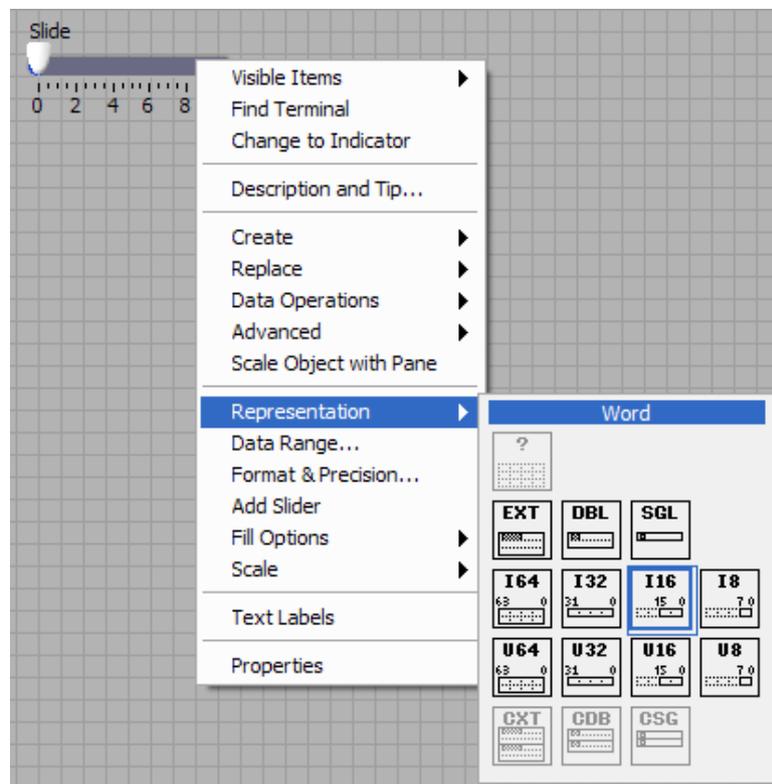


9. En el panel frontal (**Front Panel**), inserta un deslizador horizontal (**Horizontal Slide**).



Este será usado para seleccionar el canal a leer, es decir, el canal de donde serán tomados los datos y serán presentados en la pantalla.

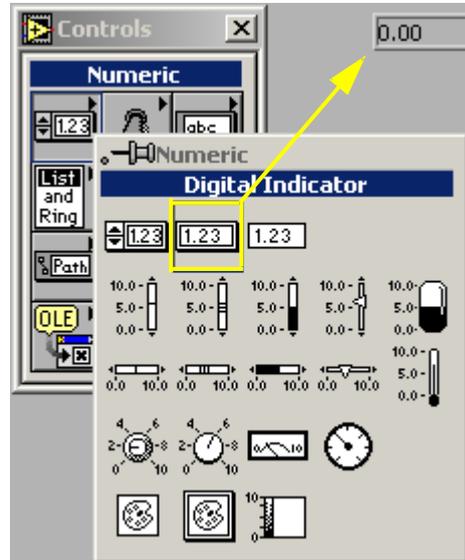
10. Click-derecho y cambia la representación (**Representation**) a I16 (Word).





Es cambiada a I16 porque es el tipo de entero que más se acerca al control WinDaq, y a su vez será utilizado para determinar el canal que se quiere leer.

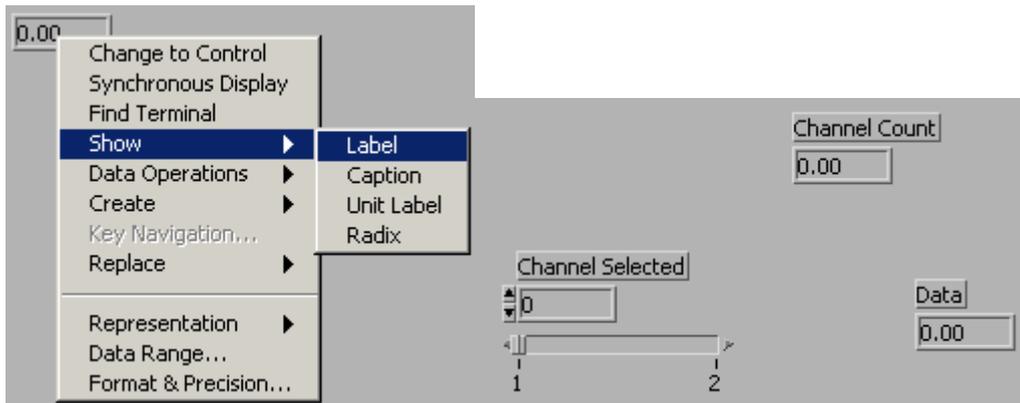
11. Inserta un indicador digital (**Digital Indicator**).



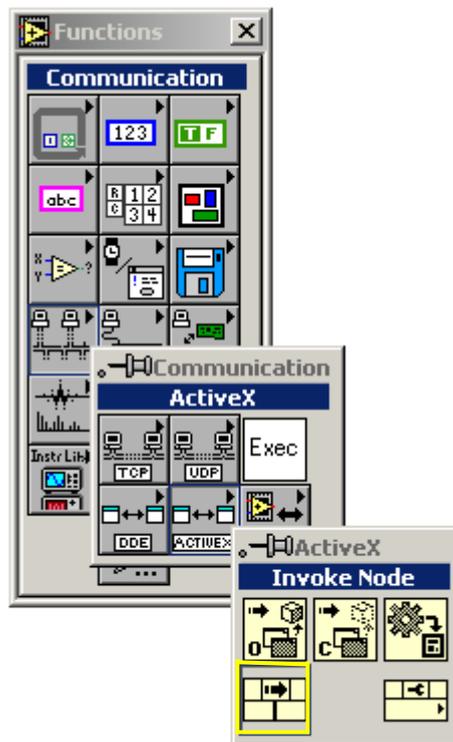
Este indicador mostrará al usuario el número total de canales que pueden ser leídos.

12. Inserta otro **Digital Indicator**. Este nos mostrará el dato actual entrante desde el control WinDaq.

13. Se recomienda nombrar cada indicador de la siguiente forma:

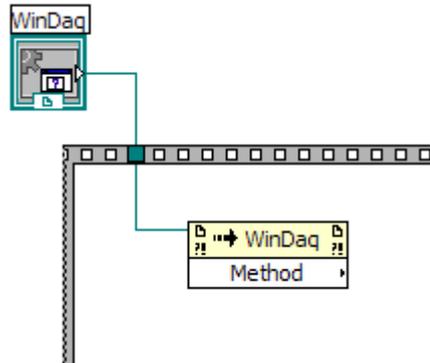


14. En la ventana de Diagrama ve a **Functions**→**Communication**→**ActiveX** y después **Invoke Node**.



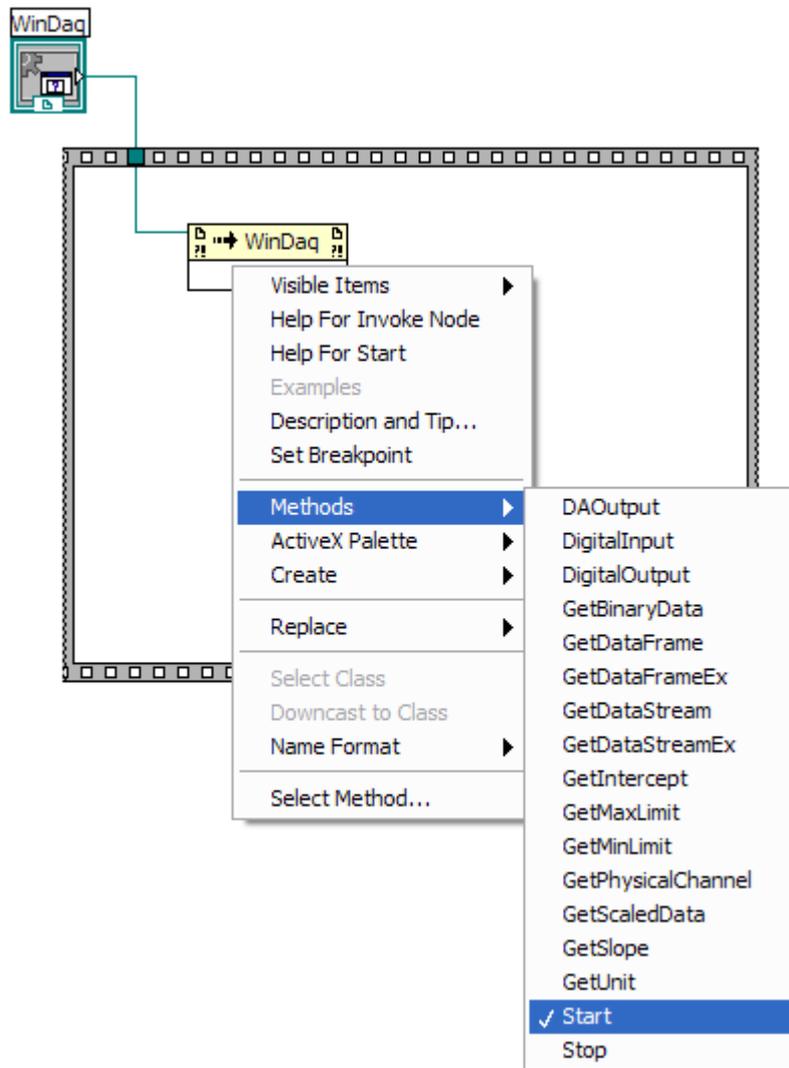
Un Invoke Node es un objeto que llama los métodos de un control ActiveX. Permite otorgar cualquier dato necesario para utilizar el método así como también regresar el resultado de haberlo utilizado.

15. Inserta el objeto dentro de la secuencia y conéctalo al control WinDaq. Desde el punto de referencia al **Invoke Node**.



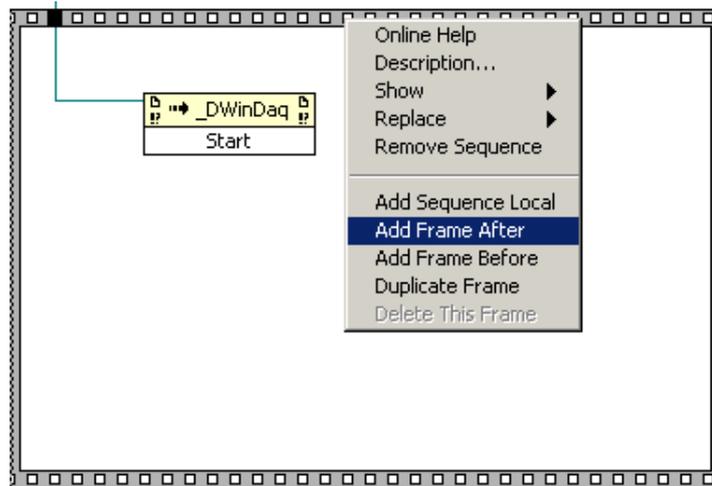
Esto permite al Invoke Node saber que métodos están disponibles, que datos necesitan ser enviados, y que dato será regresado.

16. Click-derecho en **Invoke Node** y selecciona **Methods**→**Start**.

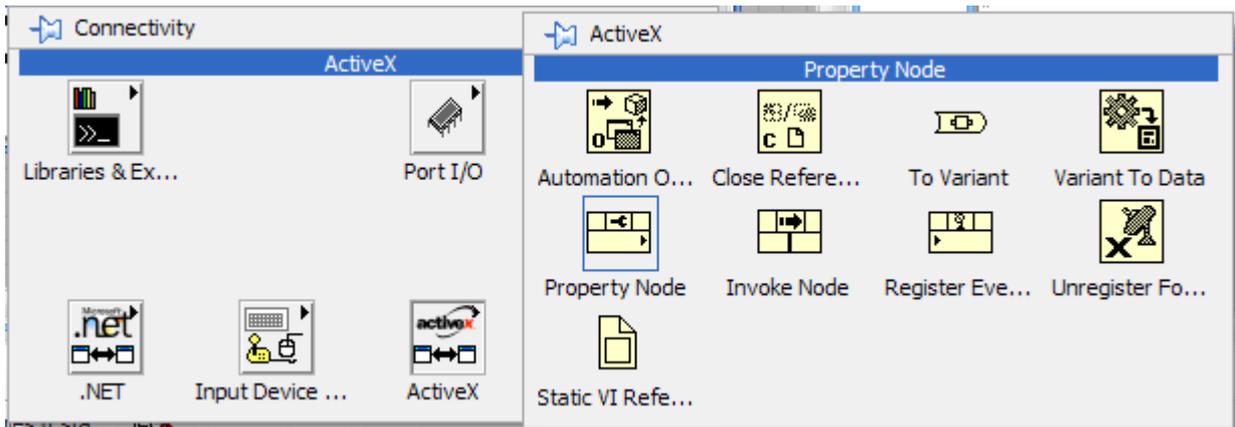


El método “iniciar” le dice al control WinDaq que comience a adquirir los datos.

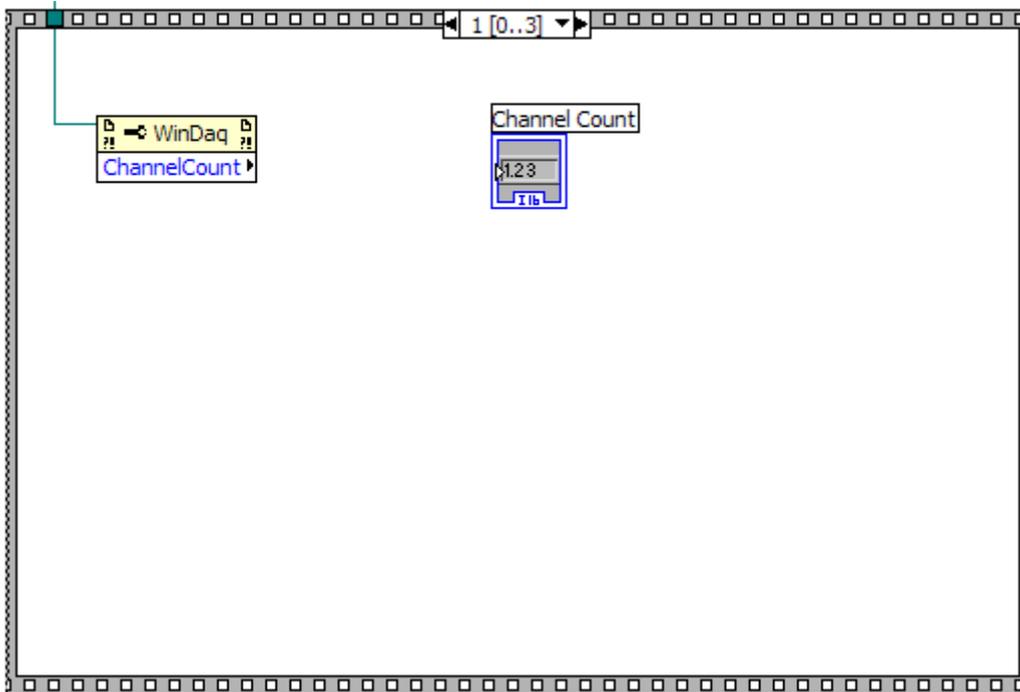
17. Agrega un nuevo marco en la secuencia. (**Add Frame After**)



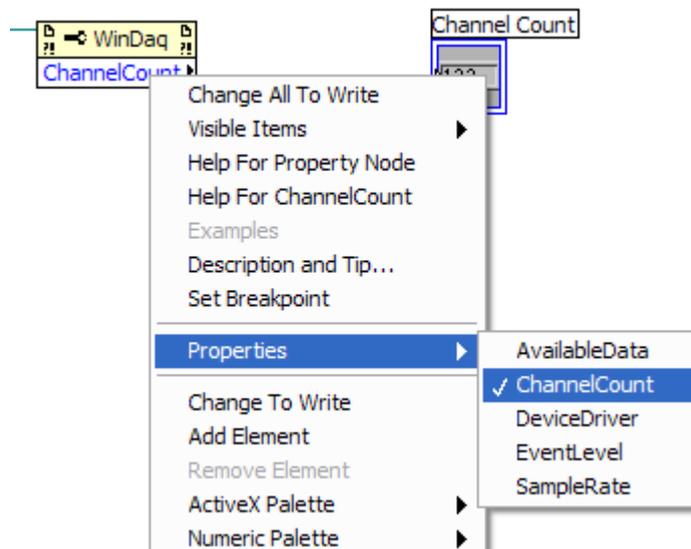
18. Inserta un **Property Node** dentro de la secuencia y conéctalo al control WinDaq.



19. Mueve el objeto Channel count dentro del marco de la secuencia.

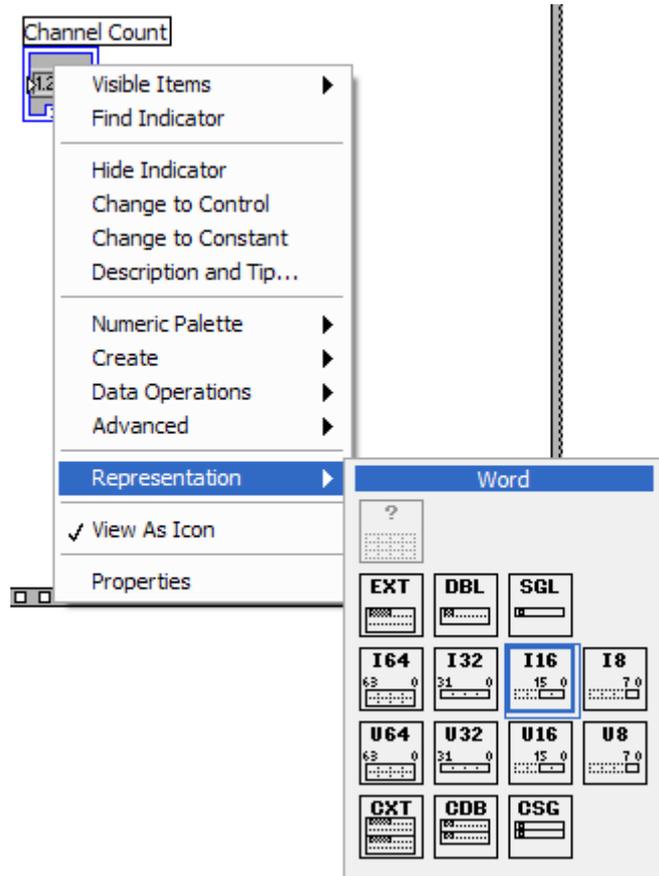


20. Click-derecho en el **Property Node** y selecciona la propiedad **ChannelCount**.



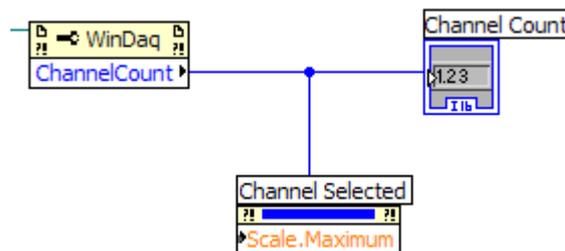
Esta propiedad regresará el número total de canales disponibles para obtener datos.

21. Click-derecho en el objeto **Channel Count** y cambia su Representación a **I16**.



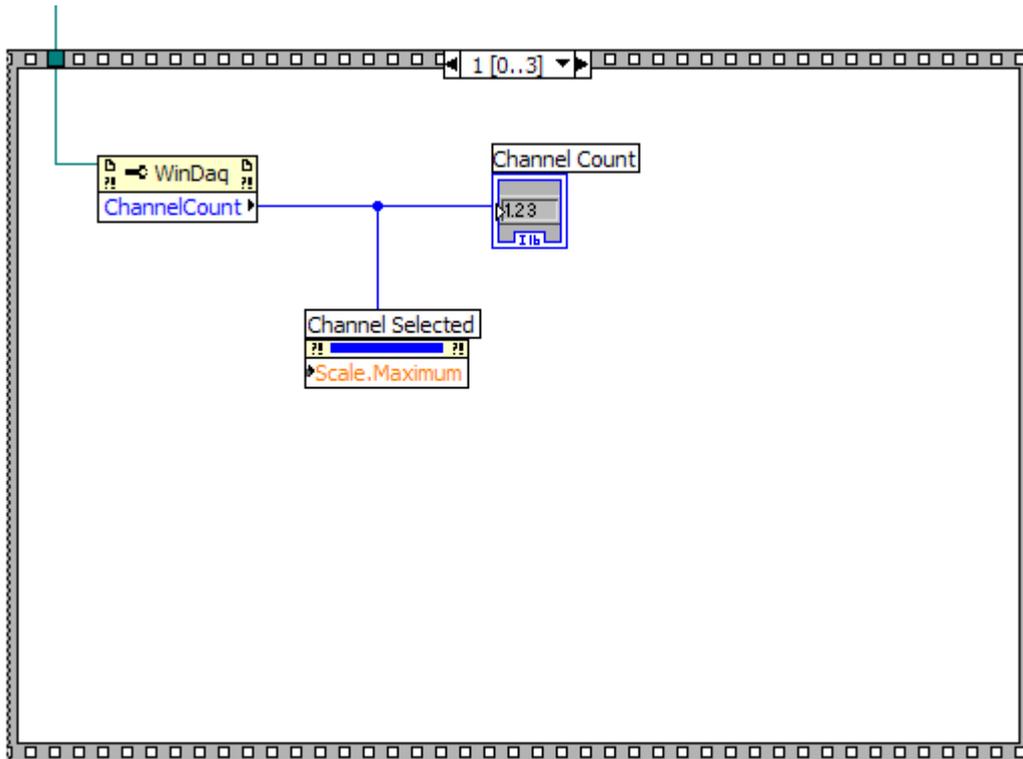
22. Click-derecho en el objeto **Channel Selected** y **Create→Property Node→Visible**.

25. Mueve este nodo dentro de la secuencia. Y cambia su propiedad a **Scale.Maximum**.





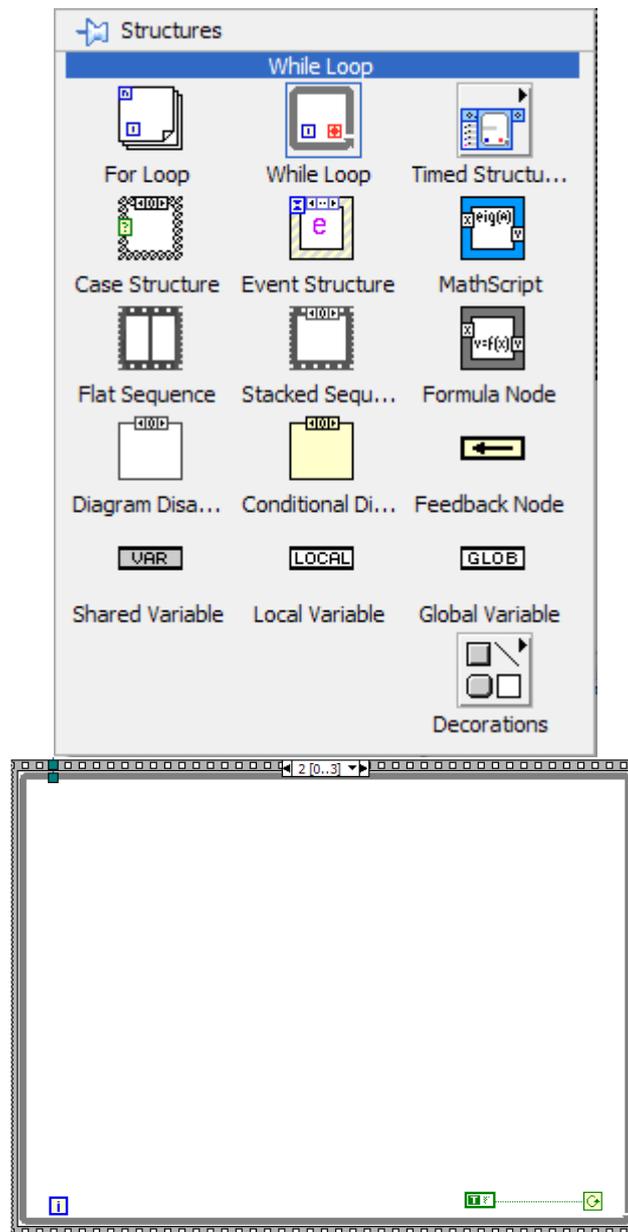
Conecta los objetos a la secuencia de la siguiente forma:



El Property Node establece el máximo valor del objeto Channel Selected. De esta manera el usuario no podrá elegir canales que no estén disponibles para lectura, y podrá visualizar el número de canales en el indicador Channel Count.

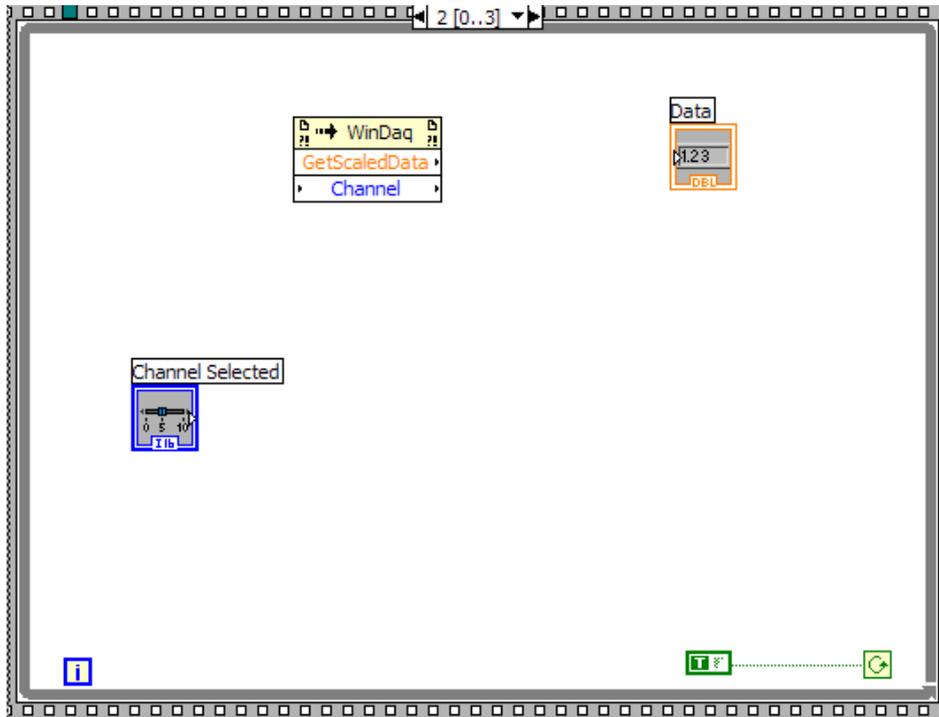


26. Adhiere otro marco a la secuencia e inserta un ciclo While (**While Loop**) dentro de la misma.

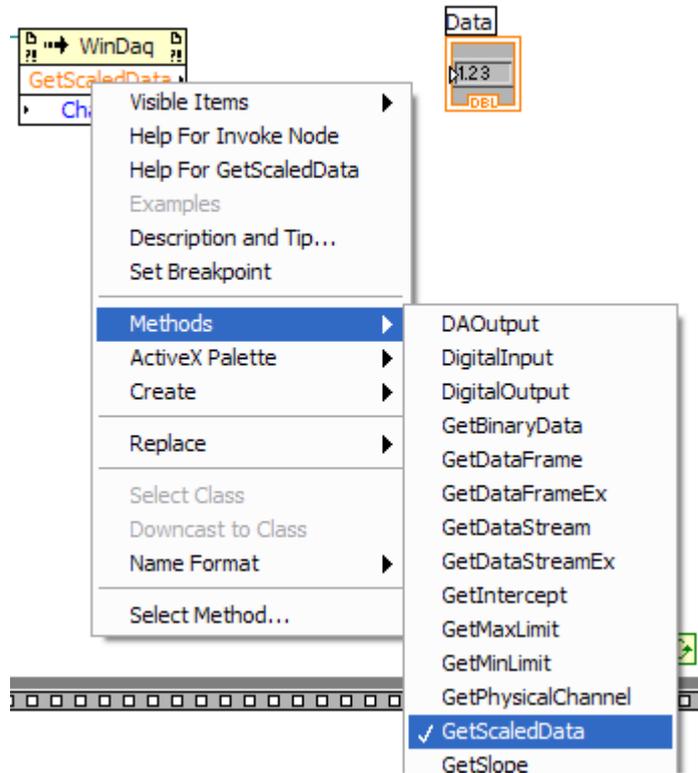


El ciclo while será utilizado para pedir continuamente datos del control ActiveX de WinDaq.

27. Inserta un **Invoke Node** dentro del ciclo **While**. Y mueve los objetos **Channel Selected** y **Data** dentro del ciclo.



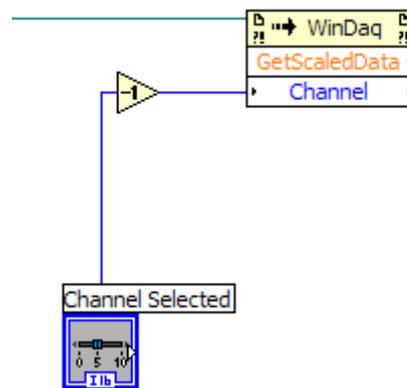
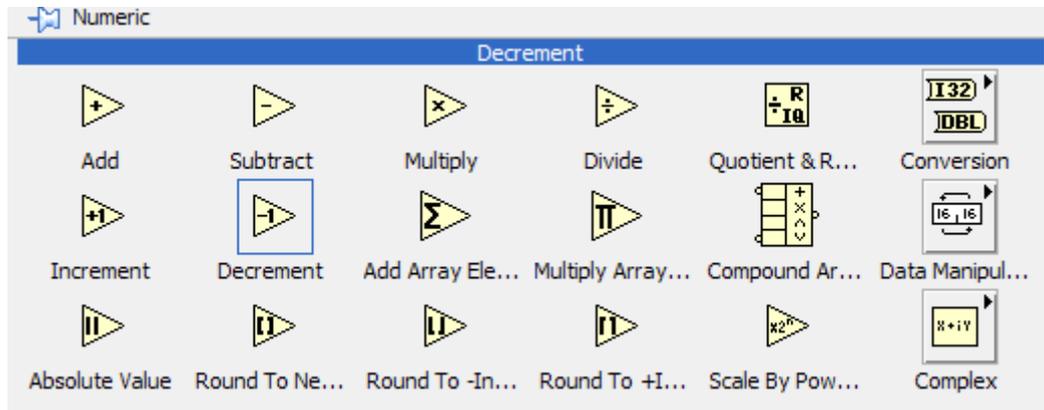
28. Conecta el **Invoke Node** al control WinDaq. Después, click-derecho y selecciona el método **GetScaledData**.





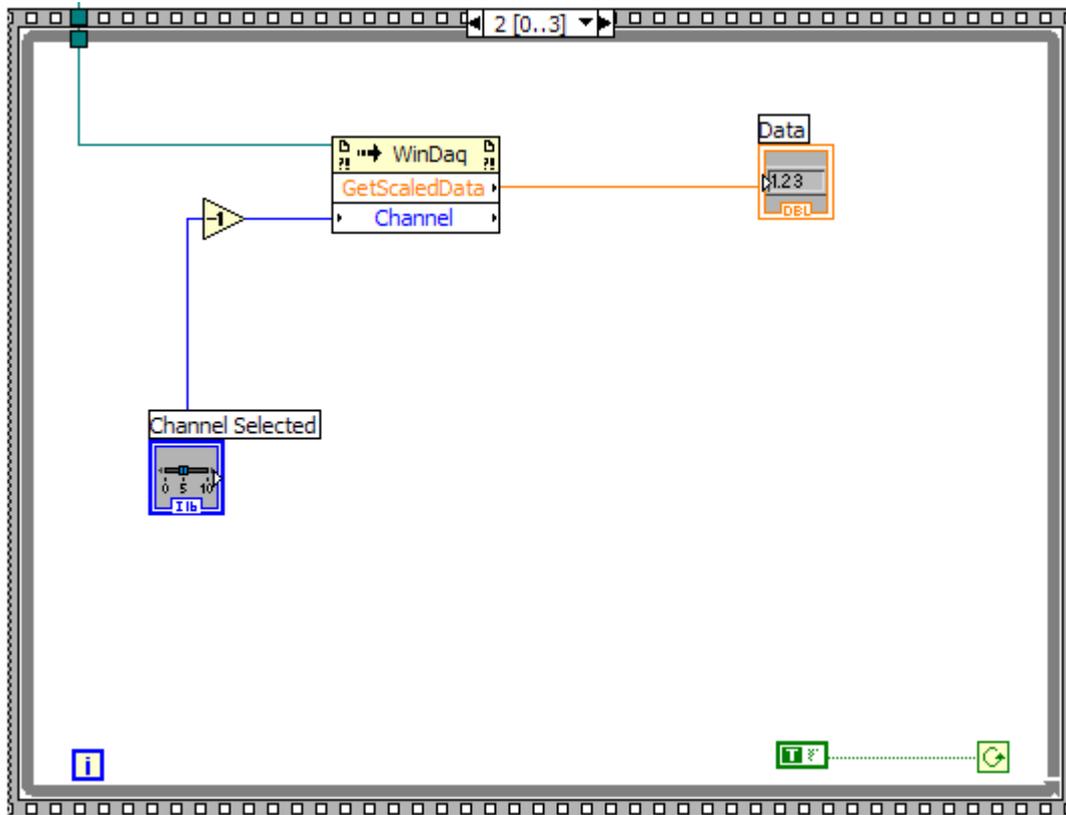
Este método será utilizado para obtener los datos de WinDaq en unidades calibradas por el software. Para mayor referencia consulta el archivo de ActiveX Controls Help sobre las propiedades y métodos de los controles ActiveX.

29. Inserta un objeto de decremento (**Decrement**) y **conectalo de la siguiente manera:**



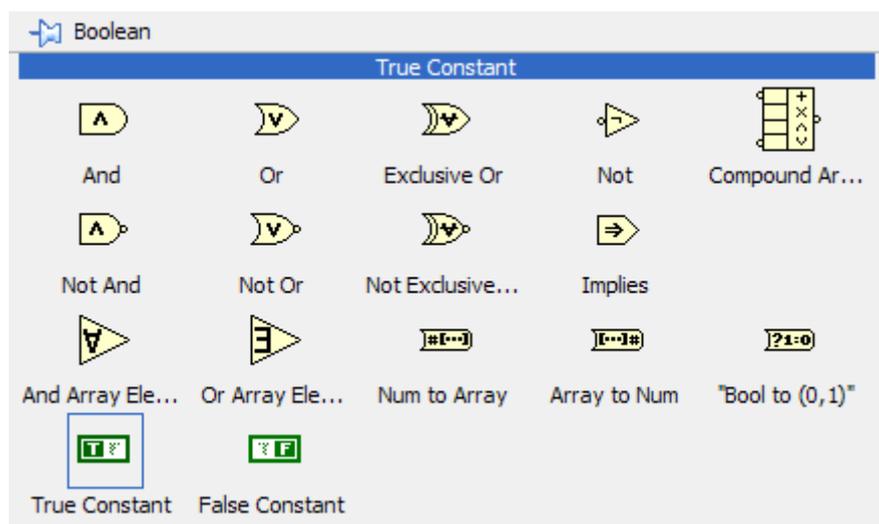
El objeto Channel Selected permitirá al usuario seleccionar un canal (1 como máximo). El objeto regresara la selección del usuario, pero el canal actual es uno menos por que el control WinDaq enumera los canales basados en cero (iniciando desde cero en vez de uno).

30. Conecta los objetos **Channel Selected** y **Data** como se muestra:



Esto permitirá a Channel Selected seleccionar desde que canal obtener los datos y el dato regresado por GetScaledData será mostrado en el indicador Data.

Recuerda insertar una **Boolean Constant**, actívala como verdadera (true) haciendo click en el objeto, y conéctala a la **Conditional Terminal del ciclo while**.



Esto provocará que el ciclo while corra infinitamente o hasta que el programa sea detenido.



31. Inicia WinDaq normalmente, después abre el proyecto de LabVIEW que has creado para probarlo.

De esta manera el indicador Data mostrará los mismos datos que el software de adquisición WINDAQ. Cambiando el canal usando el objeto Channel Selected mostrará los datos para ese canal.



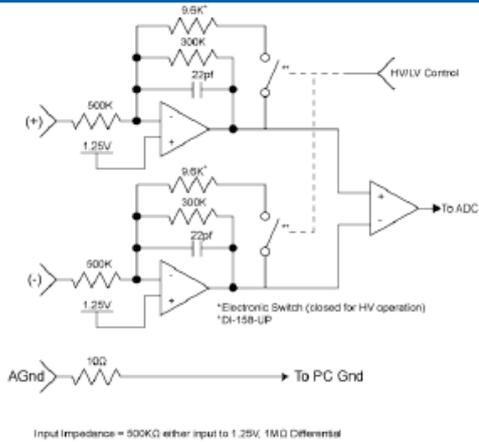
**ANEXOS**

**DI-158 Datasheet**

DI-158 Series

Specifications																																																																
<p><b>Analog Inputs</b></p> <p>Number of Channels: 4</p> <p>Channel Configuration: Fixed Differential</p> <p>Measurement range (Full Scale), Accuracy, and Resolution</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gain</th> <th>Range</th> <th>Accuracy</th> <th>Resolution</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">DI-158U:</td> <td>1</td> <td>±10V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±4.88mV</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>±5V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±2.44mV</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>±2.5V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±1.22mV</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>±1.25V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±0.61mV</td> </tr> <tr> <td rowspan="8">DI-158UP: (models with programmable high gain option)</td> <td>1</td> <td>±64V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±31.3mV</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>±32V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±15.6mV</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>±16V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±7.81mV</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>±8V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±3.9mV</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>±4V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±1.95mV</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>±2V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±976µV</td> </tr> <tr> <td>64</td> <td>±1V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±488µV</td> </tr> <tr> <td>128</td> <td>±0.5V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±244µV</td> </tr> <tr> <td>256</td> <td>±0.25V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±122µV</td> </tr> <tr> <td>512</td> <td>±0.125V</td> <td>±25% of FSR</td> <td>±61µV</td> </tr> </tbody> </table> <p>Input Impedance: 500KΩ either input to ground 1MΩ differential</p> <p>Input bias current: 10µA for a 10V input, single channel</p> <p>Max. normal mode voltage: 100V peak</p> <p>Max. common mode voltage: 60V peak</p> <p>Common mode rejection: 60db @ Gain=1; 1KΩ unbalance</p> <p>Channel-to-channel crosstalk rejection: 100db</p> <p>Gain temperature coefficient: 100ppm/°C</p> <p>Offset temperature coefficient: 100µV/°C</p> <p><b>A/D Characteristics</b></p> <p>Type: Successive approximation</p> <p>Resolution: 12-bit</p> <p>Monotonicity: ±2 LSB</p> <p>Conversion Time: 71.4µs</p> <p><b>Calibration</b></p> <p>Calibration cycle: One year</p> <p>Calibration method: Digital calibration with scale and offset constant per channel and gain range.</p>		Gain	Range	Accuracy	Resolution	DI-158U:	1	±10V	±25% of FSR	±4.88mV	2	±5V	±25% of FSR	±2.44mV	4	±2.5V	±25% of FSR	±1.22mV	8	±1.25V	±25% of FSR	±0.61mV	DI-158UP: (models with programmable high gain option)	1	±64V	±25% of FSR	±31.3mV	2	±32V	±25% of FSR	±15.6mV	4	±16V	±25% of FSR	±7.81mV	8	±8V	±25% of FSR	±3.9mV	16	±4V	±25% of FSR	±1.95mV	32	±2V	±25% of FSR	±976µV	64	±1V	±25% of FSR	±488µV	128	±0.5V	±25% of FSR	±244µV	256	±0.25V	±25% of FSR	±122µV	512	±0.125V	±25% of FSR	±61µV	<p><b>USB Interface</b></p> <p>Connector: USB</p> <p>Max. data transfer rate: 14,400 samples per second</p> <p><b>Analog Outputs</b></p> <p>Number of channels: 2</p> <p>Resolution: 12 bits</p> <p>Integral Nonlinearity: ±2 LSB</p> <p>Output Noise: 250µVrms</p> <p>Output Current: ±300µA</p> <p>Output short circuit current: 15mA</p> <p>Voltage output slew rate: Load = 40pF: 0.44 V/µs</p> <p>Output voltage swing: 0V to 1.25V</p> <p>Startup time: 10µs</p> <p><b>Digital I/O</b></p> <p>Channels: 4 bi-directional ports</p> <p>Output voltage levels: Min. "1" 3V @ 2.5mA sourcing Max. "0" 0.4V @ 2.5mA sinking</p> <p>Output current: Max. source, -2.5 mA Max. sink, 2.5mA</p> <p>Input voltage levels: Min. required "1" 2V Max allowed "0" 0.8V</p> <p><b>General</b></p> <p>Input connectors: Two, 8 position terminal blocks</p> <p>Operating Environment: 0°C to 70°C</p> <p>Enclosure: Molded ABS plastic</p> <p>Dimensions: 2.6L × 2.6W × 1.1D inches 66L × 66W × 28D mm.</p> <p>Weight: 3 oz. (85 gr.)</p> <p>Power Requirements</p> <p>USB Models: 80mA max. @ 5 VDC. No external power required. Power derived from communications cable.</p> <p><b>Scanning Characteristics</b></p> <p>Max. throughput sample rate: 14,400 Hz</p> <p>Min. throughput sample rate: 0.0137334 Hz</p> <p>Timing accuracy: 100 ppm of sample rate</p> <p>Max. scan list size: 6 entries</p> <p>Sample buffer size: 2kb</p>
	Gain	Range	Accuracy	Resolution																																																												
DI-158U:	1	±10V	±25% of FSR	±4.88mV																																																												
	2	±5V	±25% of FSR	±2.44mV																																																												
	4	±2.5V	±25% of FSR	±1.22mV																																																												
	8	±1.25V	±25% of FSR	±0.61mV																																																												
DI-158UP: (models with programmable high gain option)	1	±64V	±25% of FSR	±31.3mV																																																												
	2	±32V	±25% of FSR	±15.6mV																																																												
	4	±16V	±25% of FSR	±7.81mV																																																												
	8	±8V	±25% of FSR	±3.9mV																																																												
	16	±4V	±25% of FSR	±1.95mV																																																												
	32	±2V	±25% of FSR	±976µV																																																												
	64	±1V	±25% of FSR	±488µV																																																												
	128	±0.5V	±25% of FSR	±244µV																																																												
256	±0.25V	±25% of FSR	±122µV																																																													
512	±0.125V	±25% of FSR	±61µV																																																													

<b>DI-158 Analog Inputs (Typical)</b>	<b>Ordering Guide</b>
---------------------------------------	-----------------------



Description	Order Number
DI-158U Starter Kit DI-158 with USB interface.	DI-158U
DI-158UP Starter Kit DI-158 with USB Interface and high programmable gain/voltage range.	DI-158UP
WINDAQ/HS-158 High speed WINDAQ software. Record at the speed of the instrument.	WINDAQ/HS-158

**DATAQ®**  
INSTRUMENTS

241 Springside Drive  
Akron, Ohio 44333  
Phone: 330-668-1444  
Fax: 330-666-5434



November 2000

## LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for 1 mA load

### Typical Applications

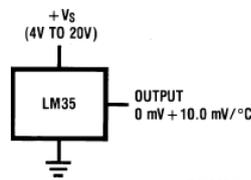
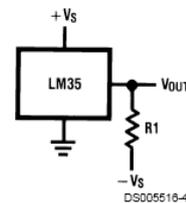


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$   
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

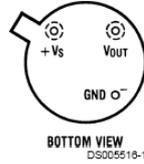
FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

LM35C LM35CA LM35D LM35C LM35CA LM35D

LM35

### Connection Diagrams

**TO-46  
Metal Can Package\***

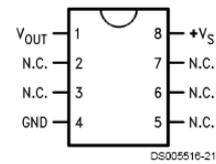


\*Case is connected to negative pin (GND)

**Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH**

**See NS Package Number H03H**

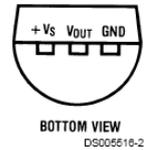
**SO-8  
Small Outline Molded Package**



N.C. = No Connection

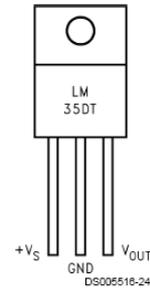
**Top View  
Order Number LM35DM  
See NS Package Number M08A**

**TO-92  
Plastic Package**



**Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ  
See NS Package Number Z03A**

**TO-220  
Plastic Package\***



\*Tab is connected to the negative pin (GND).

**Note:** The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

**Order Number LM35DT  
See NS Package Number TA03F**



ANEXOS

## MAC15 Series

Preferred Device

### Triacs

#### Silicon Bidirectional Thyristors

Designed primarily for full-wave ac control applications, such as solid-state relays, motor controls, heating controls and power supplies; or wherever full-wave silicon gate controlled solid-state devices are needed. Triac type thyristors switch from a blocking to a conducting state for either polarity of applied main terminal voltage with positive or negative gate triggering.

- Blocking Voltage to 800 Volts
- All Diffused and Glass Passivated Junctions for Greater Parameter Uniformity and Stability
- Small, Rugged, Thermowatt Construction for Low Thermal Resistance, High Heat Dissipation and Durability
- Gate Triggering Guaranteed in Three Modes (MAC15 Series) or Four Modes (MAC15A Series)
- Device Marking: Logo, Device Type, e.g., MAC15A6, Date Code

**MAXIMUM RATINGS** (T<sub>J</sub> = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Peak Repetitive Off-State Voltage <sup>(1)</sup> (T <sub>J</sub> = -40 to +125°C, Sine Wave 50 to 60 Hz, Gate Open) MAC15A6 MAC15-8, MAC15A8 MAC15-10, MAC15A10	V <sub>DRM</sub> , V <sub>RRM</sub>	400 600 800	Volts
Peak Gate Voltage (Pulse Width ≤ 1.0 μsec; T <sub>C</sub> = 90°C)	V <sub>GM</sub>	10	Volts
On-State Current RMS Full Cycle Sine Wave 50 to 60 Hz (T <sub>C</sub> = +90°C)	I <sub>T(RMS)</sub>	15	A
Circuit Fusing Consideration (t = 8.3 ms)	I <sup>2</sup> t	93	A <sup>2</sup> s
Peak Non-repetitive Surge Current (One Full Cycle Sine Wave, 60 Hz, T <sub>C</sub> = +80°C) Preceded and followed by rated current	I <sub>TSM</sub>	150	A
Peak Gate Power (T <sub>C</sub> = +80°C, Pulse Width = 1.0 μs)	P <sub>GM</sub>	20	Watts
Average Gate Power (T <sub>C</sub> = +80°C, t = 8.3 ms)	P <sub>G(AV)</sub>	0.5	Watts
Peak Gate Current (Pulse Width ≤ 1.0 μsec; T <sub>C</sub> = 90°C)	I <sub>GM</sub>	2.0	A
Operating Junction Temperature Range	T <sub>J</sub>	-40 to +125	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-40 to +150	°C

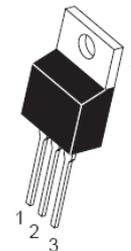
(1) V<sub>DRM</sub> and V<sub>RRM</sub> for all types can be applied on a continuous basis. Blocking voltages shall not be tested with a constant current source such that the voltage ratings of the devices are exceeded.



**ON Semiconductor**

<http://onsemi.com>

**TRIACS**  
**15 AMPERES RMS**  
**400 thru 800 VOLTS**



**TO-220AB**  
**CASE 221A**  
**STYLE 4**

PIN ASSIGNMENT	
1	Main Terminal 1
2	Main Terminal 2
3	Gate
4	Main Terminal 2

**ORDERING INFORMATION**

Device	Package	Shipping
MAC15-8	TO220AB	500/Box
MAC15-10	TO220AB	500/Box
MAC15A6	TO220AB	500/Box
MAC15A8	TO220AB	500/Box
MAC15A10	TO220AB	500/Box

**Preferred** devices are recommended choices for future use and best overall value.



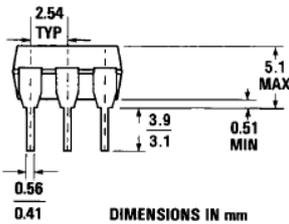
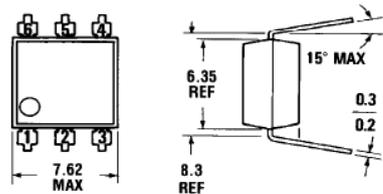
ANEXOS



**NON-ZERO-CROSSING TRIACS**

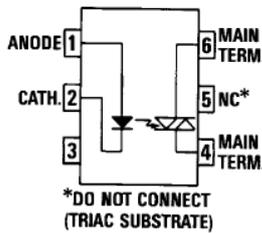
**MOC3009 MOC3010  
MOC3011 MOC3012**

**PACKAGE DIMENSIONS**



DIMENSIONS IN mm  
PACKAGE CODE E

ST1603-02



\*DO NOT CONNECT  
(TRIAC SUBSTRATE)

C2081

Equivalent Circuit

**DESCRIPTION**

The MOC3009, MOC3010, MOC3011 and MOC3012 are optically isolated triac driver devices. These devices contain a GaAs infrared emitting diode and a light activated silicon bilateral switch, which functions like a triac. This series is designed for interfacing between electronic controls and power triacs to control resistive and inductive loads for 120 VAC operations.

**FEATURES**

- Low input current required (typically 5mA—MOC3011)
- High isolation voltage—minimum 7500 VAC peak
- Underwriters Laboratory (UL) recognized—File E90700

**APPLICATIONS**

- Triac driver
- Industrial controls
- Traffic lights
- Vending machines
- Motor control
- Solid state relay

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

**TOTAL PACKAGE**

Storage temperature ..... -55°C to 150°C  
 Operating temperature ..... -40°C to 100°C  
 Lead temperature  
 (soldering 10 sec) ..... 260°C  
 Withstand test voltage ... 7500 VAC Peak (50-60 Hz)

**INPUT DIODE**

Forward DC current ..... 50 mA  
 Reverse voltage ..... 3 V  
 Peak forward current  
 (1  $\mu$ s pulse, 300 pps) ..... 3.0 A  
 Power dissipation (25°C ambient) ..... 100 mW  
 Derate linearly (above 25°C) ..... 1.33 mW/°C

**OUTPUT DRIVER**

Off-state output terminal voltage ..... 250 volts  
 On-state RMS current  $T_a=25^\circ\text{C}$  ..... 100 mA  
 (Full cycle, 50 to 60 Hz)  $T_a=70^\circ\text{C}$  ..... 50 mA  
 Peak nonrepetitive surge current ..... 1.2 A  
 (PW=10 ms, DC=10%)  
 Total power dissipation @  $T_a=25^\circ\text{C}$  ..... 300 mW  
 Derate above 25°C ..... 4.0 mW/°C

2-55