

## CAPÍTULO IV

Para el desarrollo de la interfaz es necesario tener los conocimientos de los equipos mencionados en los capítulos anteriores, una vez que ya están estudiados, lo primero es realizar el cableado propiamente del equipo. El PLC GE FANUC 90-70, el controlador modelo 8412 y la válvula AMOT.

En la figura 4.1 se muestra de forma general la comunicación del equipo y la arquitectura para lograr el sistema de control en lazo cerrado, esto se refiere a tener retroalimentación de la señal de salida; en este caso la información que el PLC envíe al controlador y éste a la válvula se conoce como demanda, mientras que a la información que regresa la válvula al controlador y éste al PLC se le llama posición.

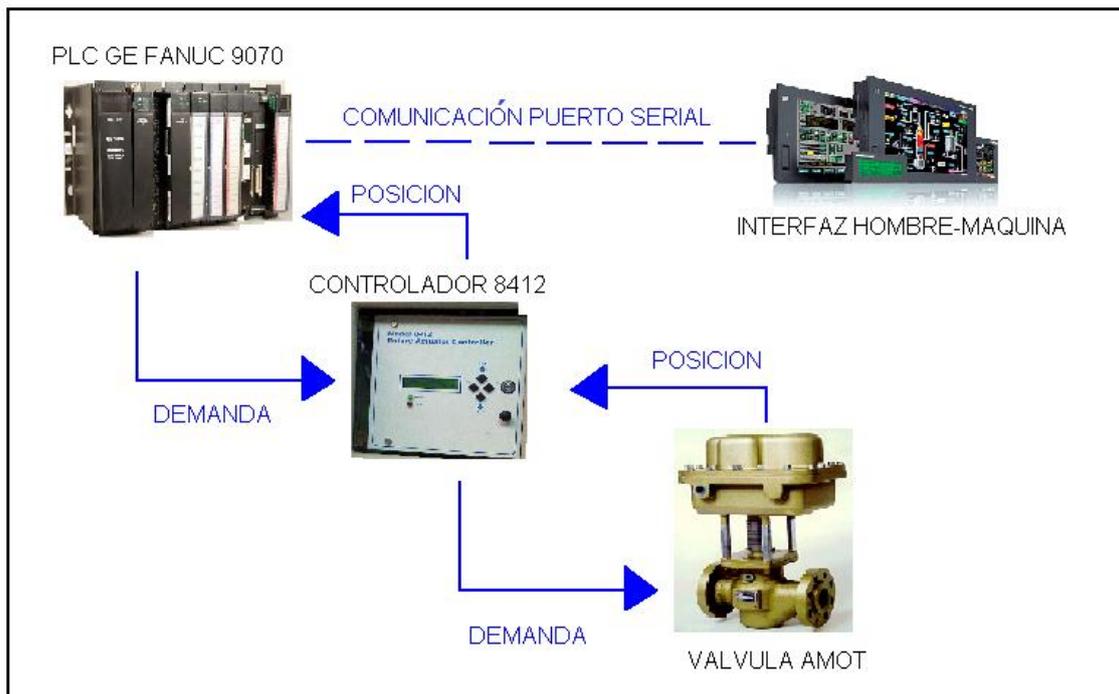


Figura 4.1 Arquitectura general del banco de pruebas (Fuente: Elaboración propia)

## 4.1 CONEXIONES REQUERIDAS

Ahora bien, para tener una idea más clara de cómo se realizaron las conexiones, en los siguientes diagramas se muestra específicamente a qué puntos de cada equipo se envían las señales.

Como diagrama general, se especifican las conexiones requeridas hacia otro equipo externo al controlador y actuador de la válvula, en este caso el PLC GE FANUC, y también las conexiones entre actuador y controlador, como se muestra en la figura 4.2.

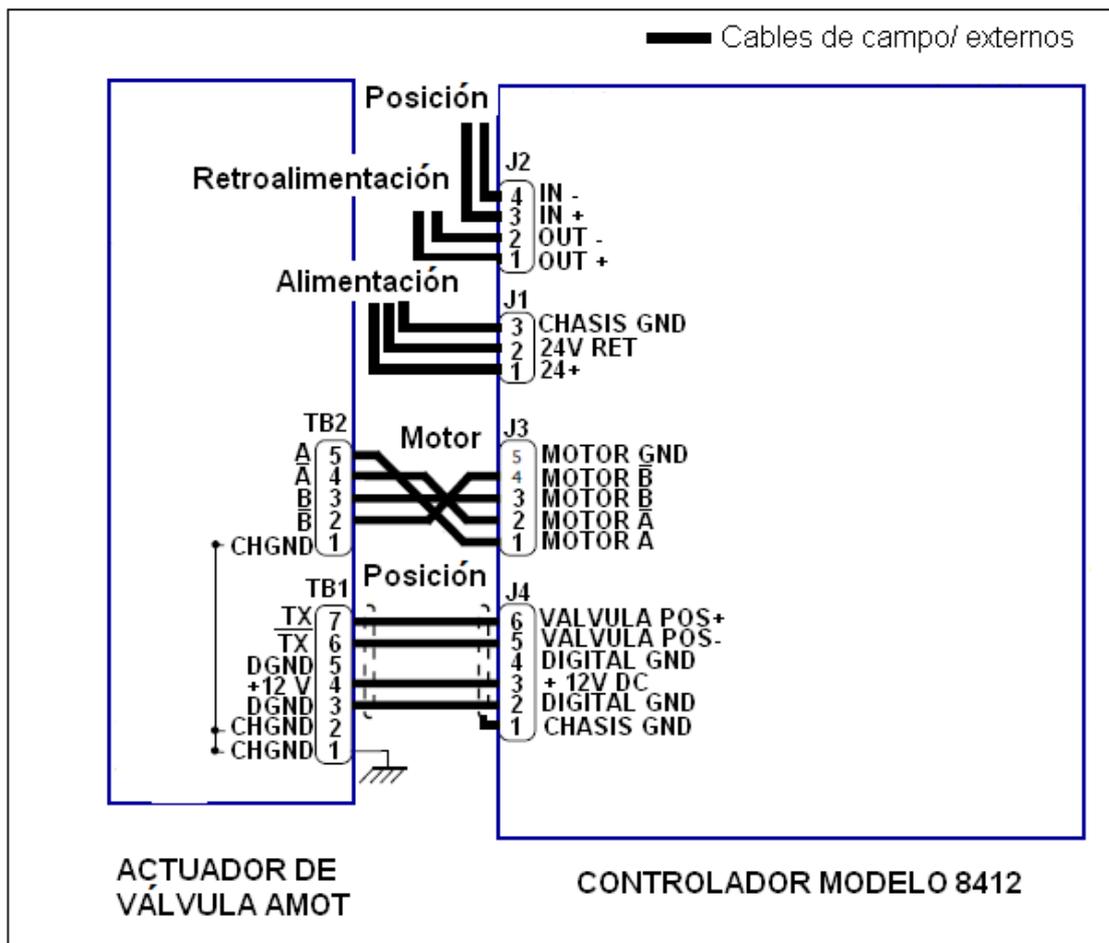


Figura 4.2 Cableado general del controlador (Fuente: Elaboración propia)

Para el caso particular de la alimentación no se muestra un diagrama en específico, ya que sólo se emplea una fuente de alimentación de 24 VCD para el controlador.

En la Figura 4.3 se aprecia más claramente el cableado entre actuador de válvula y controlador, señalado punto a punto la interconexión entre cada conector para un correcto funcionamiento del equipo, este cableado permitirá más adelante manipular el motor a pasos y la posición de retroalimentación.

Para accionar el motor a pasos se emplean los conectores TB2 y J3 ilustrados en la Figura 4.3, mientras que para la retroalimentación de su posición se utilizan los conectores TB1 y J4.

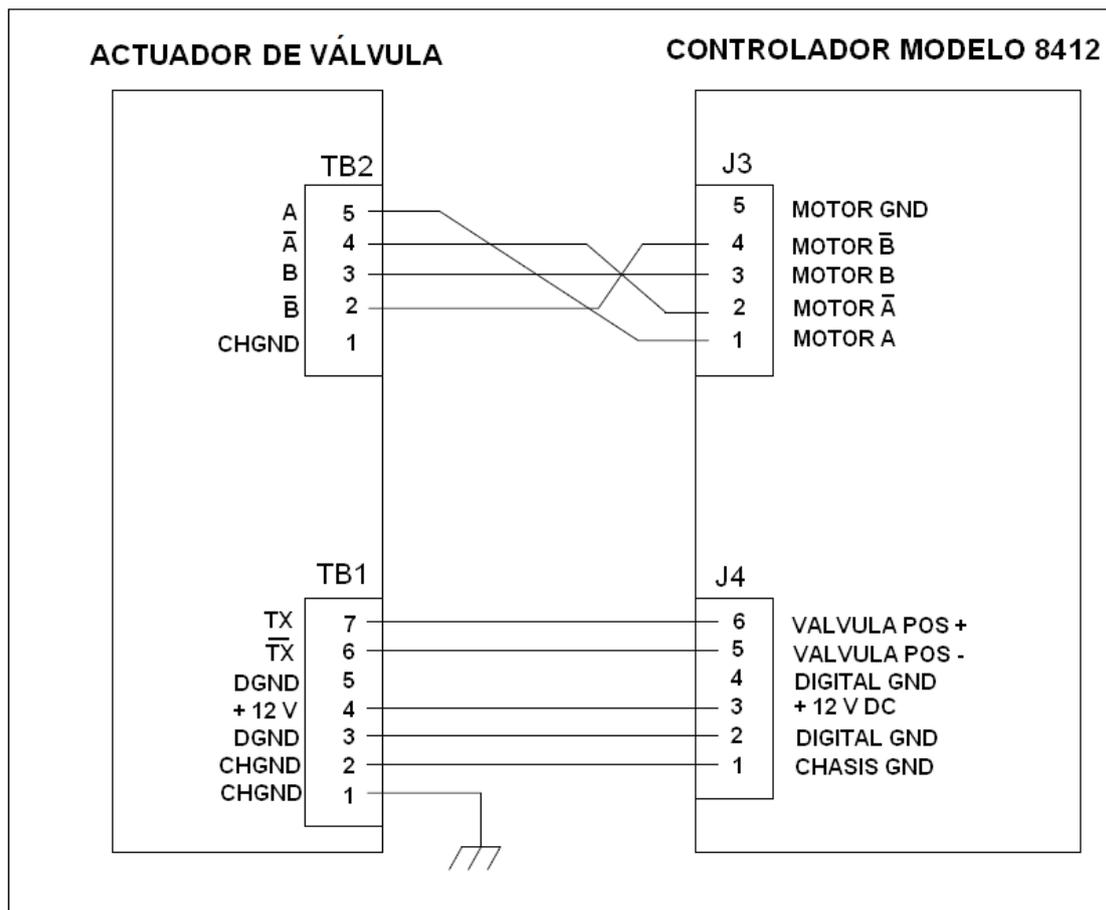


Figura 4.3 Cableado actuador-válvula (Fuente: Elaboración propia)

El cableado del equipo externo, que es el PLC, con el controlador, se aprecia en la Figura 4.4, para este caso solamente se ocupan las tarjetas de entrada/salida analógicas del GE FANUC.

La tarjeta de salidas analógicas se conecta a las terminales IN+ e IN- del conector J2 en el controlador para obtener la posición. La tarjeta de entradas analógicas va al mismo conector pero en las terminales OUT+ y OUT- para lograr la retroalimentación, de esta forma se obtiene un sistema de control de lazo cerrado.

Como se describe en el capítulo III los módulos de entrada/salida poseen varias terminales, en la Figura 4.4 se especifican los puntos empleados, las conexiones a estos módulos se realizan atornillando el cableado al conector terminal montado en el frente de cada módulo.

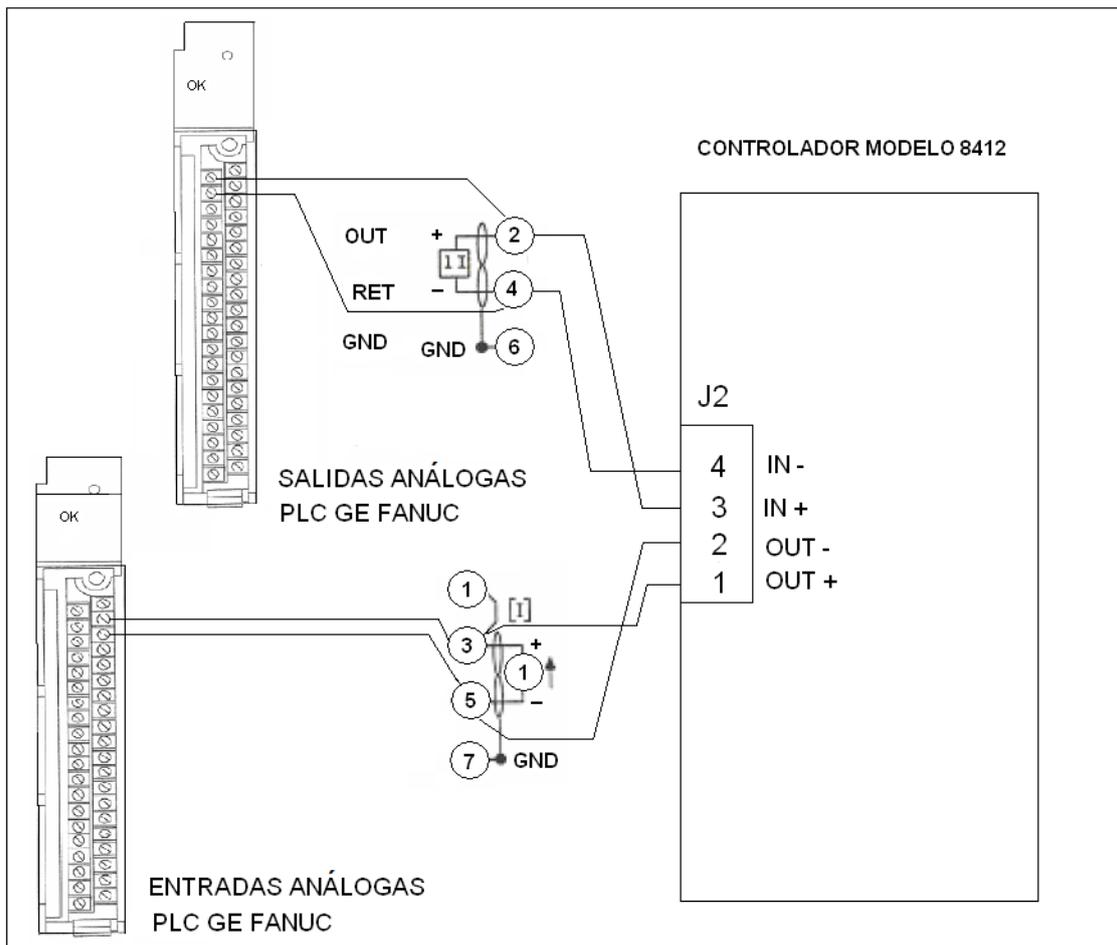


Figura 4.4 Cableado PLC-Controlador (Fuente: Elaboración propia)

## 4.2 CONFIGURACIÓN DEL PLC

Una vez que se tiene cableado, se realiza la configuración del PLC para poder utilizar la válvula adecuadamente. La válvula opera con una entrada mínima de 4 mA a un máximo de 20 mA, estos valores son los que se adecuan a las salidas analógicas del PLC para que el controlador esté listo para operar. En el capítulo III se habla de las características del PLC mencionando las señales analógicas, éstas pueden usar voltaje o corriente con una magnitud proporcional al valor de la señal que se procesa.

En la Figura 4.5 se muestra la manera en que se realiza la configuración del PLC GE FANUC 9070, mediante el software Logic Master 90. Se hace uso de un multímetro para conocer la corriente de la tarjeta analógica y a través del software se manipulan las cuentas para lograr la corriente deseada, en este caso 4 mA es lo que se requiere.

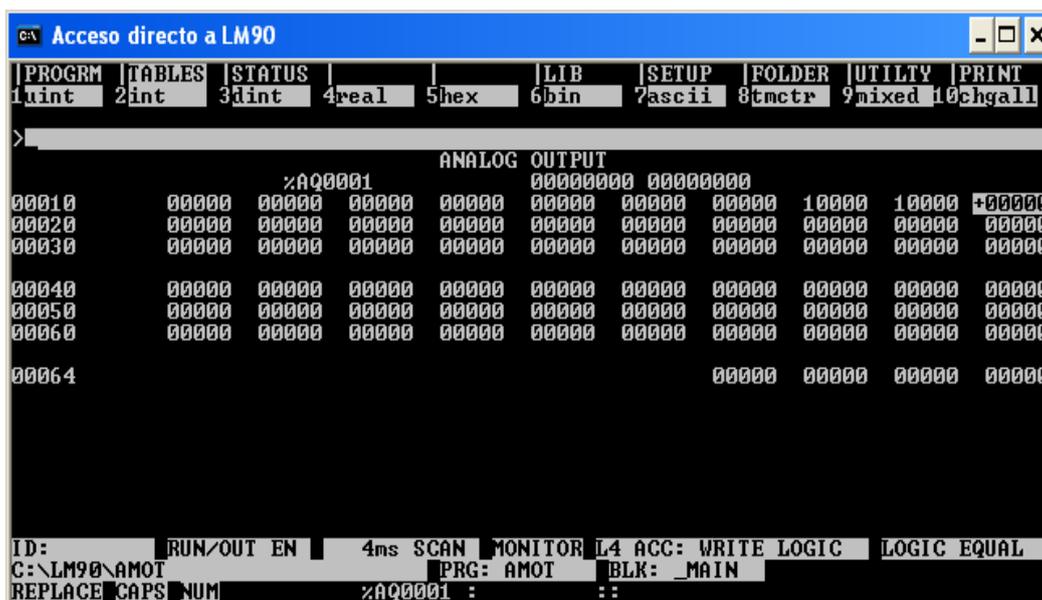


Figura 4.5 Salidas analógicas (Fuente: Software LogicMaster90)

Manipulando las cuentas y checando la corriente en el multímetro, cuando éste indique los 4 mA deseados se tienen las cuentas necesarias y son las que quedan registradas en la tabla de entradas y salidas en el software para ya tener la configuración correcta y poder operar adecuadamente la válvula.

En la Tabla 4.1 se indica la relación entre corriente y cuentas que se obtuvo para configurar el PLC.

DEMANDA  %AQ1	4 mA	Válvula abierta (100%)	0 cuentas
	20 mA	Válvula cerrada (0 %)	32 000 cuentas
POSICIÓN  %AI1	4 mA	Válvula cerrada (0%)	31 400 cuentas
	20 mA	Válvula abierta (100%)	300 cuentas

Tabla 4.1 Configuración PLC (Fuente: Elaboración propia)

En la Figura 4.6 se muestra para el caso de la posición abierta (100%) de la válvula en las entradas analógicas.



Figura 4.6 Entradas analógicas (Fuente: Software LogicMaster90)

Ya configurado el equipo y listo para operar, se puede manipular la apertura y cierre de la válvula manualmente mediante el controlador, de esta manera es como entra en servicio. Ahora, para el desarrollo del banco de pruebas, se necesita instalar el software para establecer comunicación entre el sistema de lazo cerrado y la PC para el desarrollo de la interfaz.

### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE INTOUCH V7.1

Para el desarrollo de la interfaz hombre-máquina se empleó el software Wonderware InTouch 7.0 capaz de crear aplicaciones bajo entorno PC. Este software contiene varios

elementos, y uno de ellos es la interfaz hombre-máquina (HMI) InTouch, empleado para crear procesos de visualización y control. Consta básicamente de dos elementos: Windowmaker y Windowviewer.

Windowmaker es el sistema de desarrollo. Permite todas las funciones necesarias para crear ventanas animadas interactivas conectadas a sistemas de Entradas/Salidas externos o a otras aplicaciones Windows.

Windowviewer es el sistema runtime (modo ejecución) utilizado para interactuar con las aplicaciones creadas con Windowmaker.

Esto es solamente el software para la creación de las pantallas, pero para lograr la comunicación entre el PLC y el InTouch se requiere de otra aplicación, conocida como servidores de I/O de Wonderware. Básicamente son componentes que se comunican con Windows de Microsoft que permiten a InTouch acceder a datos en tiempo real, que está procesando el PLC GE Fanuc 90-70.

Con estas dos aplicaciones instaladas es suficiente para poder crear las pantallas y tener la comunicación con el PLC. Ya cableado y en comunicación nuestro sistema de control de lazo cerrado, se inicia el desarrollo de la interfaz hombre-máquina.

#### **4.4 PROGRAMACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS**

Para el desarrollo de las pruebas se programó de dos formas, una con el software Logic Master 90 del PLC GE FANUC 9070 y otra con el InTouch de Wonderware.

Para el Logic Master 90 se programó en lenguaje escalera, muy común y conocido para los PLCs, mientras que para el InTouch se hizo por medio de Scripts, este tipo de programación permite ejecutar comandos y operaciones lógicas basados en criterios específicos reunidos, como cuando una tecla es presionada, una ventana se abre, o un valor cambia. Todos los scripts de InTouch son eventos manipulados, tal como un cambio de dato, una condición, un clic del ratón, o un temporizador.

En la Figura 4.7 se muestran los diferentes tipos de scripts posibles de emplear, ya cuando se está interactuando con el Intouch, para la creación de las pantallas se utilizaron los scripts de aplicación y de condición.

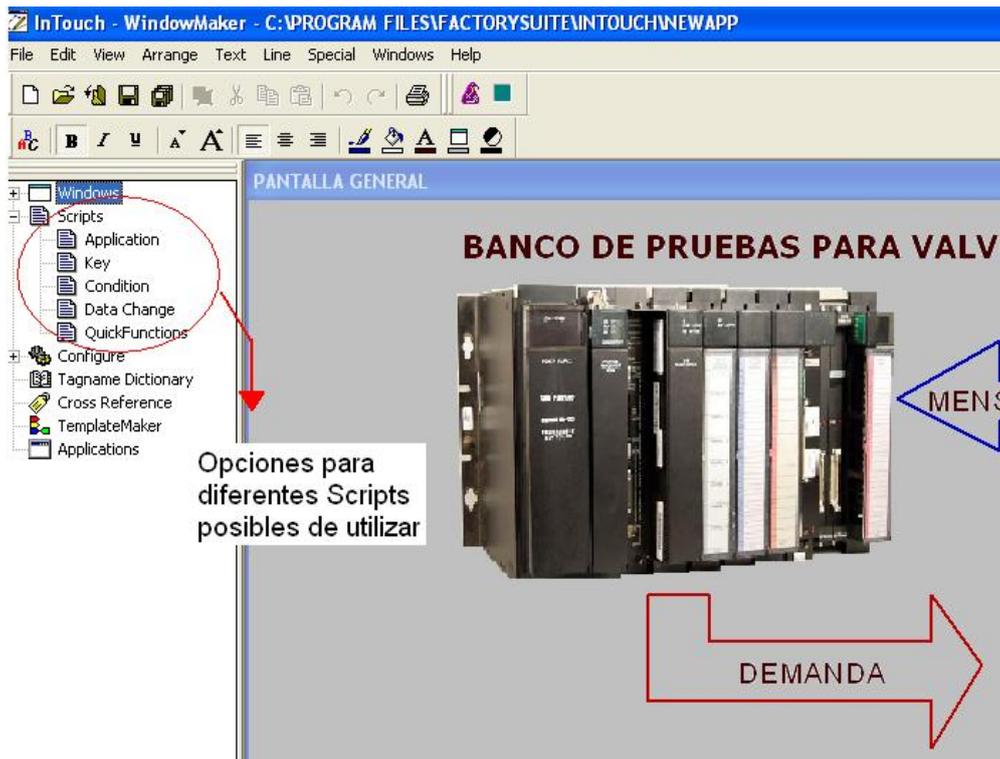


Figura 4.7 Posibles Scripts a utilizar (Fuente: Elaboración propia)

La otra manera en que se programó fue mediante lenguaje escalera con ayuda del software LM90, como se muestra en la figura 4.8, a pesar de que se empleó muy poco esta forma de programar sí fue indispensable para iniciar el arranque del sistema.

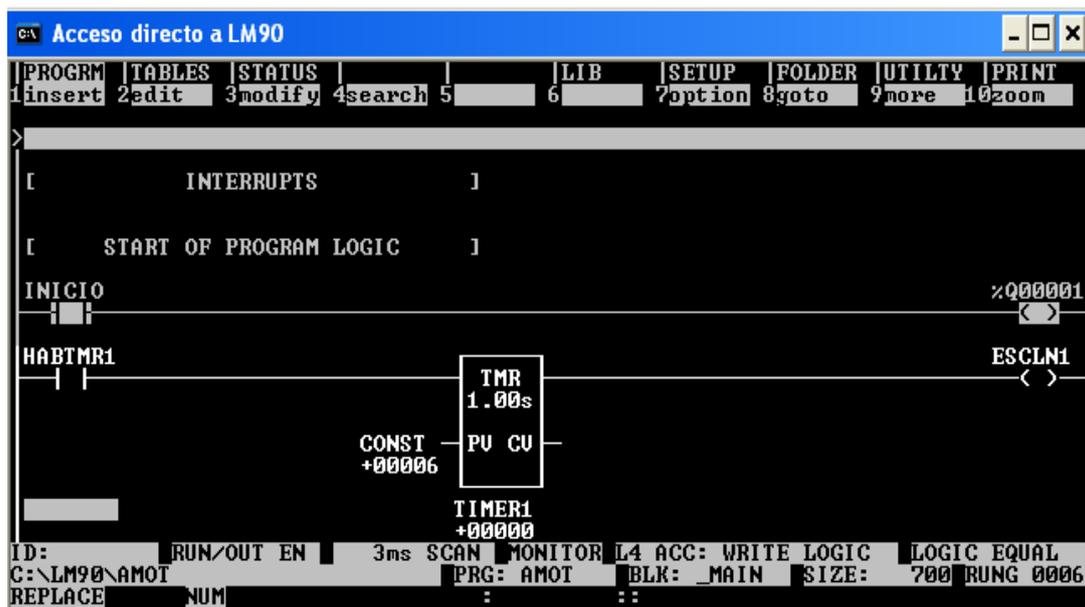


Figura 4.8 Programación lenguaje escalera (Fuente: Software LogicMaster90)

La mayor parte de la programación se realizó mediante scripts, debido a que en el uso del Intouch se tiene permitido blindar la información mediante códigos de seguridad, así la programación puede ser restringida al usuario y sólo personal autorizado puede realizar modificaciones o acceder a ella, a diferencia del Logic Master 90 donde todo el personal tiene acceso libremente a la programación, por tal motivo la programación del banco de pruebas está en su mayoría soportada por Intouch.

#### 4.5 DESARROLLO DE PANTALLAS

Como primera pantalla inicial se pretende que el operador interactúe fácilmente y conozca la forma de operar del sistema y los términos generales que se emplean, la Figura 4.9 nos muestra la pantalla principal del banco de pruebas de la válvula de control de combustible AMOT.

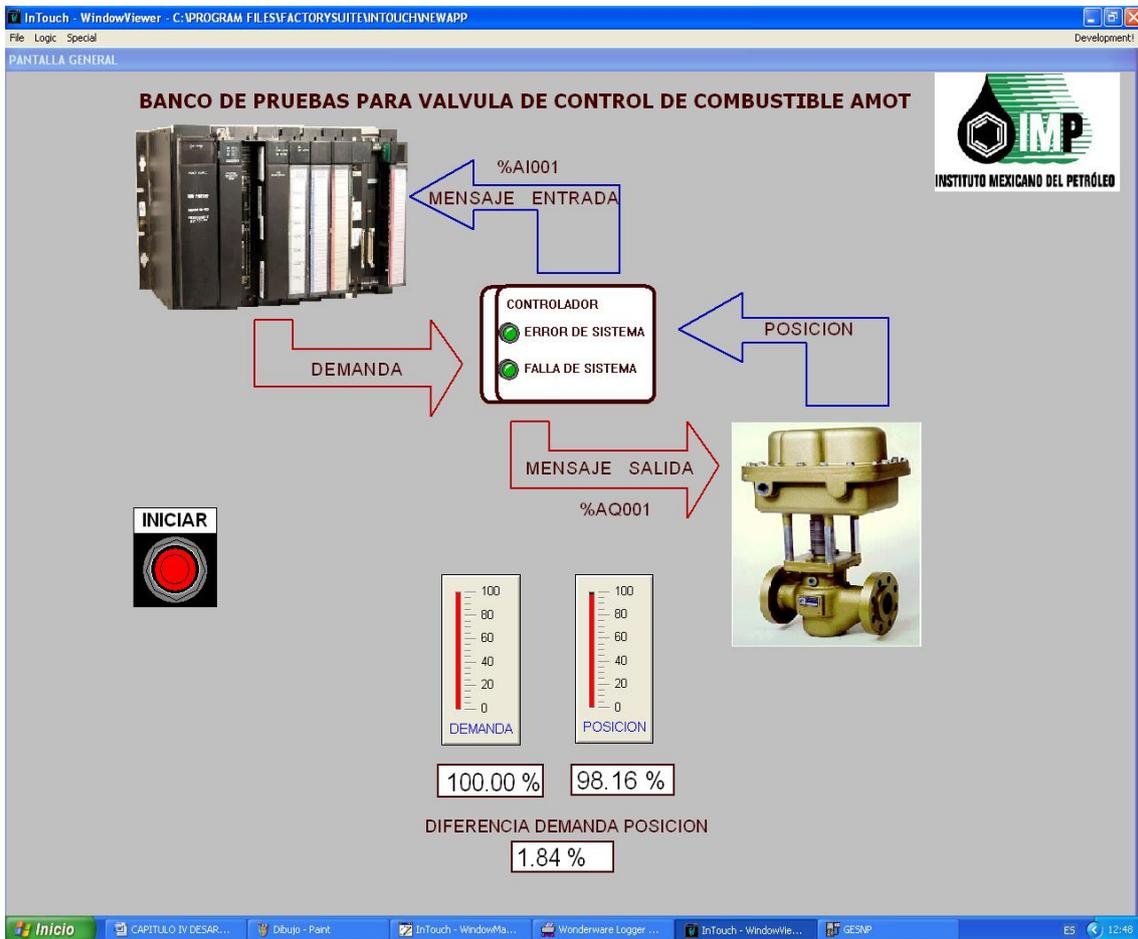


Figura 4.9 Pantalla inicial del banco de pruebas (Fuente: Elaboración propia)

La pantalla inicial brinda un panorama general del sistema de control de lazo cerrado, el equipo empelado y los parámetros a monitorear, en este caso la demanda y la posición.

En un inicio no puede manipularse hasta que un contacto normalmente abierto cambie su estado, programado en lenguaje escalera, ya activado el botón INICIAR se encenderá y cambiará a color verde, indicando que está listo el banco de pruebas para ser utilizado.

Iniciado el banco de pruebas se tendrá acceso a las diferentes opciones que brinda para realizar un diagnóstico de la válvula: calibrar, operar manualmente y pruebas de funciones, como se muestra en la Figura 4.10

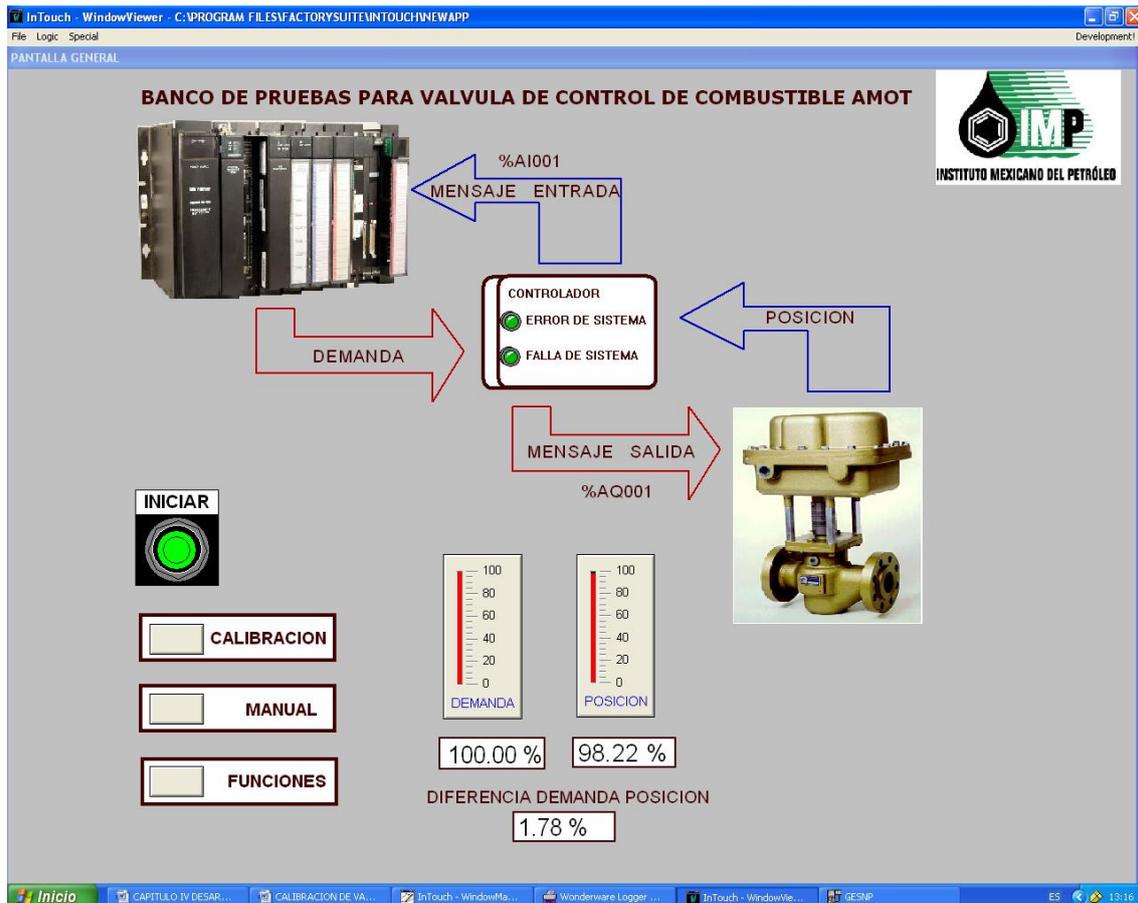


Figura 4.10 Pantalla inicial en funcionamiento (Fuente: Elaboración propia)

Una vez que ya se tiene la pantalla inicial en funcionamiento, la primera prueba propuesta para implementar es la calibración, que resulta fundamental para comenzar con un correcto funcionamiento de la AMOT. Si la calibración es incorrecta, el controlador mandaría a error inmediatamente; será esta la segunda pantalla a desarrollar.

Existe un protocolo para la programación de la válvula, siguiendo estos pasos se realizó la segunda pantalla por medio de scripts, lográndose que de un solo click se envíe la válvula a cierre total o apertura total, y a la par con el panel del controlador lograr calibrar la AMOT. Una vez que el panel indique una correcta calibración la válvula puede comenzar a trabajar.

Los mismos parámetros a monitorear son la demanda y posición así como la apertura y cierre de la AMOT.

A continuación se describen los pasos que se deben llevar a cabo para lograr la calibración y la forma como se despliegan y se utilizan las pantallas, primero se da un click en el botón CALIBRACION y se desplegará una pantalla como se muestra en la Figura 4.11.

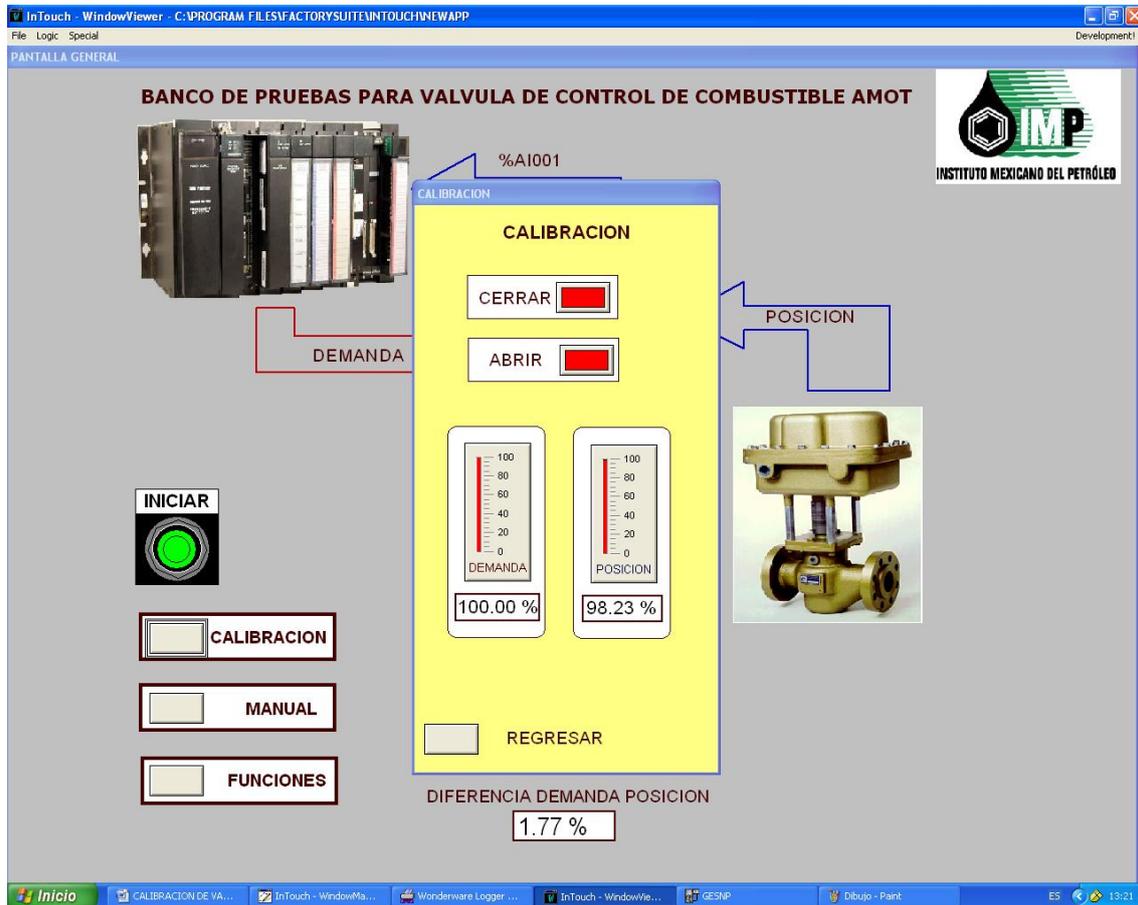


Figura 4.11 Pantalla calibración (Fuente: Elaboración propia)

Para calibrar la válvula se listan los siguientes 5 pasos a seguir, utilizando el banco de pruebas y el panel del controlador:

1. La válvula se configura en el modo SETUP, lo cual se logra accionando en el controlador el switch No. 1 a la posición CONFIG. Dicho switch está localizado en la parte posterior de la carátula del controlador.
2. Desde el menú principal en la carátula del controlador seleccione AUTO SETUP con las teclas OPEN y CLOSE. Aparecerá el mensaje DRIVING TO THE END STOP, el actuador se moverá hasta la posición completamente cerrada y aparecerá MIN SP -2.00 DEG.

En la pantalla del banco de pruebas se da click en el botón abrir por la configuración inversa que se tiene enviándola a una posición y demanda del 100 % como se aprecia en la Figura 4.12.

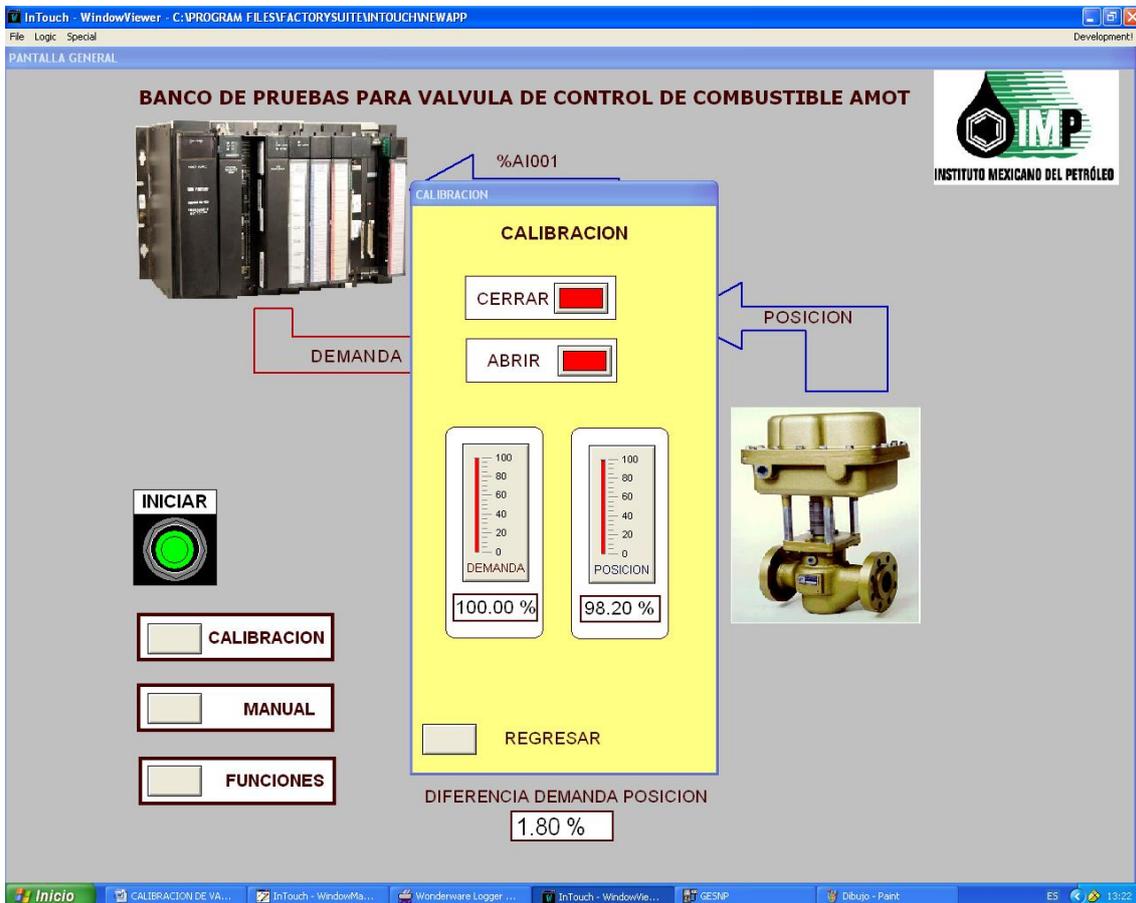


Figura 4.12 Pantalla calibración en modo abrir (Fuente: Elaboración propia)

Posteriormente en el panel del controlador con las teclas OPEN y CLOSE se mueve el valor a cero, entonces se presiona SELECT en el mismo panel para grabar este valor en memoria.

3. La válvula sigue en el punto de completamente cerrada y aparecerá el mensaje MAX SP 60.00 DEG. (Posición totalmente abierta). Ahora en la pantalla del banco de pruebas se da un click en el botón cerrar y se aprecia que la posición y demanda se van a cero como se muestra en la Figura 4.13.

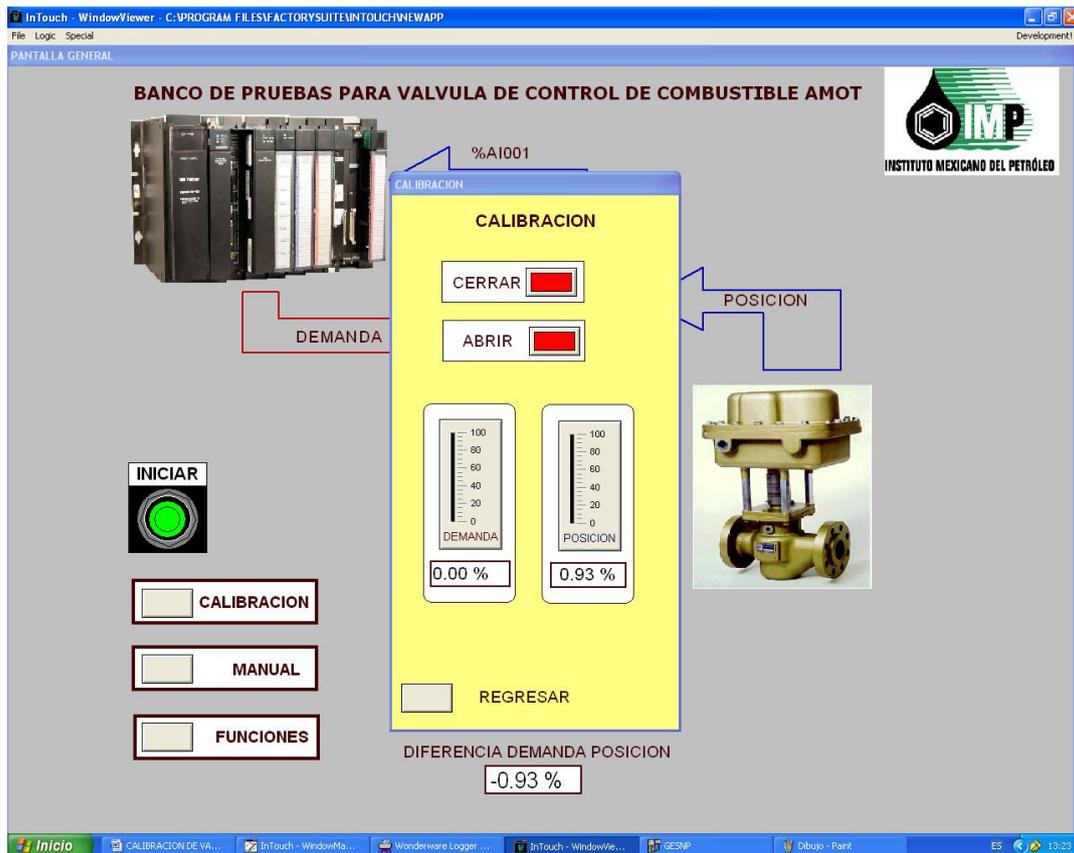


Figura 4.13 Pantalla calibración en modo cerrar (Fuente: Elaboración propia)

Ahora utilizando la carátula del controlador usamos las teclas OPEN y CLOSE para aumentar o disminuir el valor a 60 grados y se presiona SELECT para grabar el valor.

4. Si aparece el mensaje “VALVE CONFIGURED” significa que se ha realizado y completado adecuadamente la configuración. Presione SELECT para regresar al menú principal y se restablece el Switch 1 a la posición original (RUN).
5. Si aparece el mensaje CONFIGURATION ERROR significa que se ha configurado erróneamente el valor mínimo o máximo, por lo tanto es necesario repetir el procedimiento.

De esta manera, con el procedimiento descrito, se logra que la válvula comience a trabajar correctamente. Para el desarrollo de esta pantalla se interactuó con el Intouch Windowmaker y la programación con scripts basándose principalmente en el comportamiento de la demanda y posición, una respecto a otra.

La segunda pantalla propuesta para desarrollar fue el monitoreo y control de la AMOT para hacer uso de ella de manera libre a los grados de apertura deseados, en esta pantalla se hizo uso de las dos formas de programación para alcanzar a realizar esta prueba.

La opción MANUAL permitirá manipular la válvula de tres formas distintas:

- Manual
- Cerrar y Abrir
- Valor deseado

La Figura 4.14 muestra la pantalla nombrada MANUAL, en esta pantalla se tiene la facilidad de manipular la AMOT al valor que desee el operador.

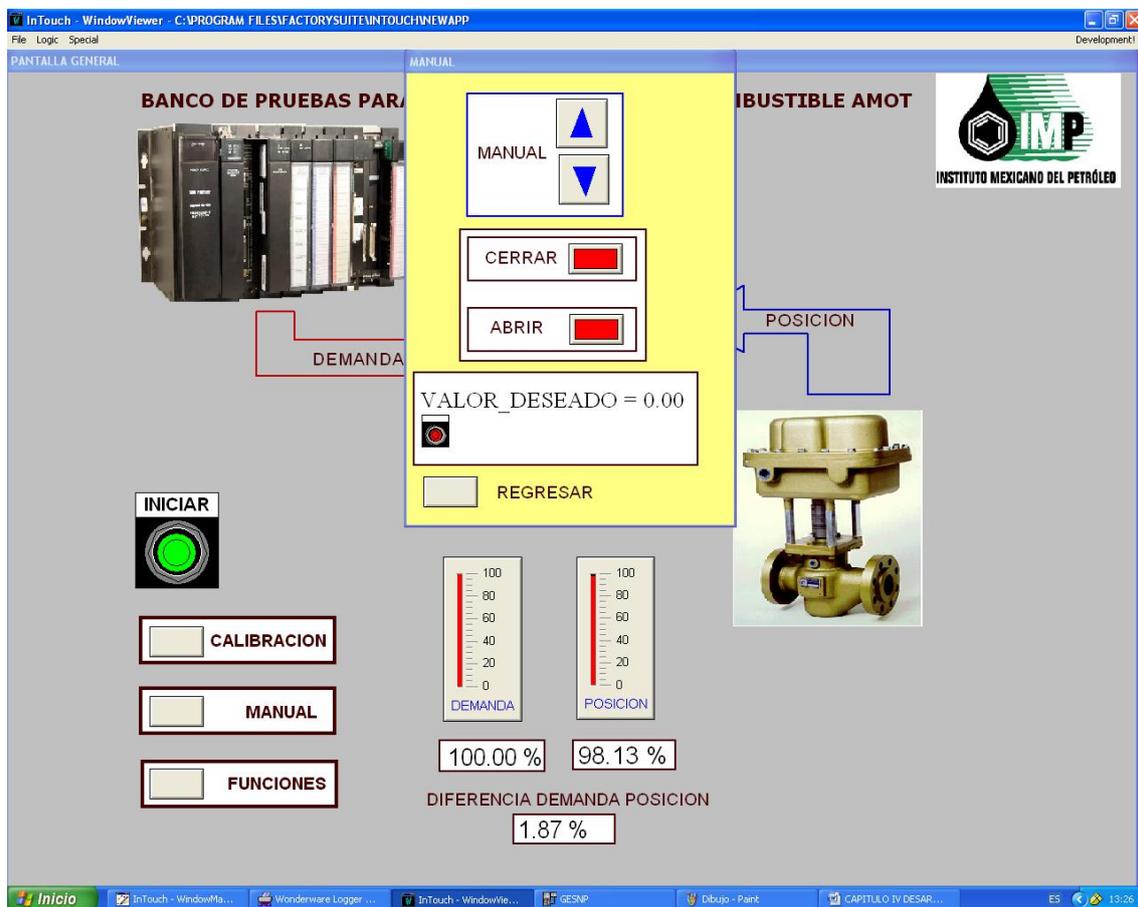


Figura 4.14 Pantalla Manual (Fuente: Elaboración propia)

La opción manual se compone de dos botones, con la opción de incrementar o disminuir las cuentas de cinco en cinco grados de apertura, teniendo la facilidad de monitorear demanda y posición, a su vez indicar la diferencia que existe entre ellas para checar que consta dentro del rango permitido.

La opción cerrar y abrir manda a posición totalmente cerrada o totalmente abierta, es decir cero por ciento de apertura o cien por ciento de apertura, de igual manera que en la pantalla CALIBRACIÓN.

La opción para ir a valor deseado, como su nombre lo dice, permitirá regular el porcentaje de apertura deseado de cero hasta cien por ciento. Cabe mencionar que para tener acceso a esta prueba es necesario activar otro contacto normalmente abierto y, cuando éste cambie su estado, el botón de selección se modificará a color verde, como se muestra en la Figura 4.15. Nuevamente con programación escalera se logra esta operación pero para seleccionar el grado de apertura se realizó por scripts.

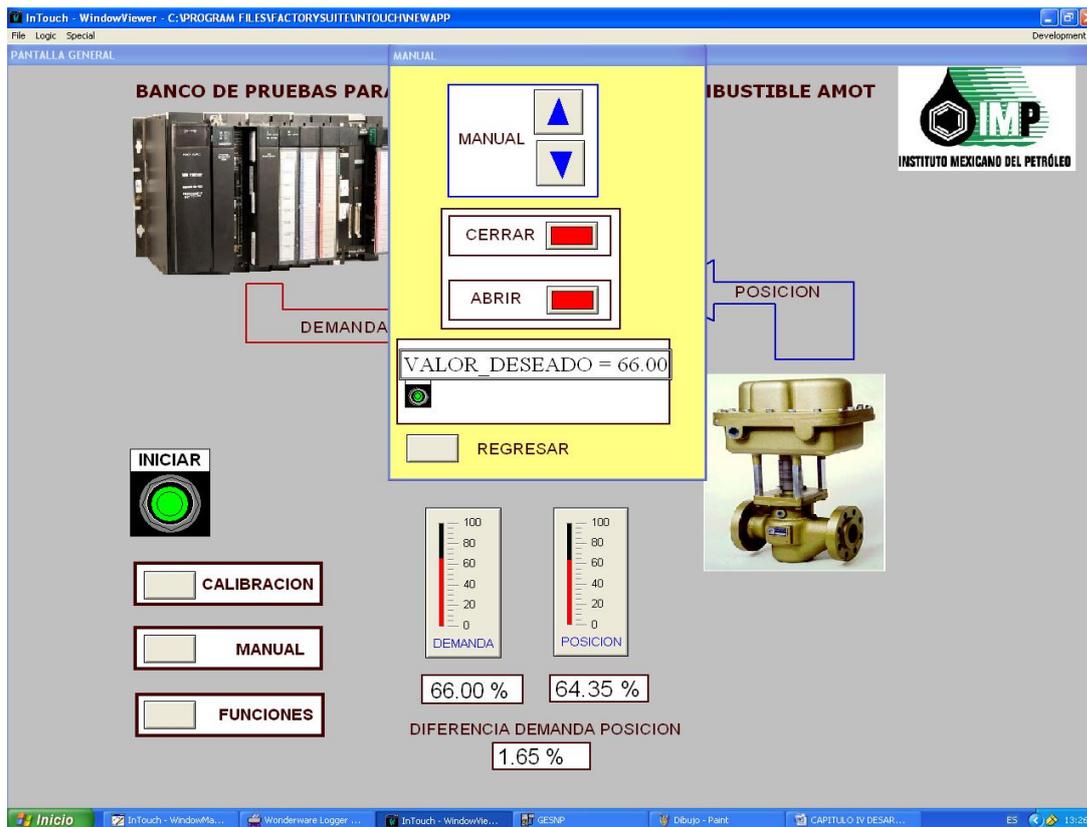


Figura 4.15 Valor deseado (Fuente: Elaboración propia)

En el ejemplo de la Figura 4.15 se aprecia el monitoreo de la demanda y posición cuando se somete la válvula a una apertura de 66% con una diferencia entre demanda y posición de 1.65%, permitida dentro del rango menor a tres por ciento de diferencia.

La última opción que se tiene en el banco de pruebas pero que a su vez permite realizar diversas pruebas se denominó FUNCIONES. Esta prueba abarcó la parte más compleja de la programación, partiendo como base de las pruebas realizadas anteriormente y del comportamiento que se espera que la válvula presente como respuesta a las pruebas sometidas. La Figura 4.16 muestra la forma en que se despliega la cuarta pantalla.

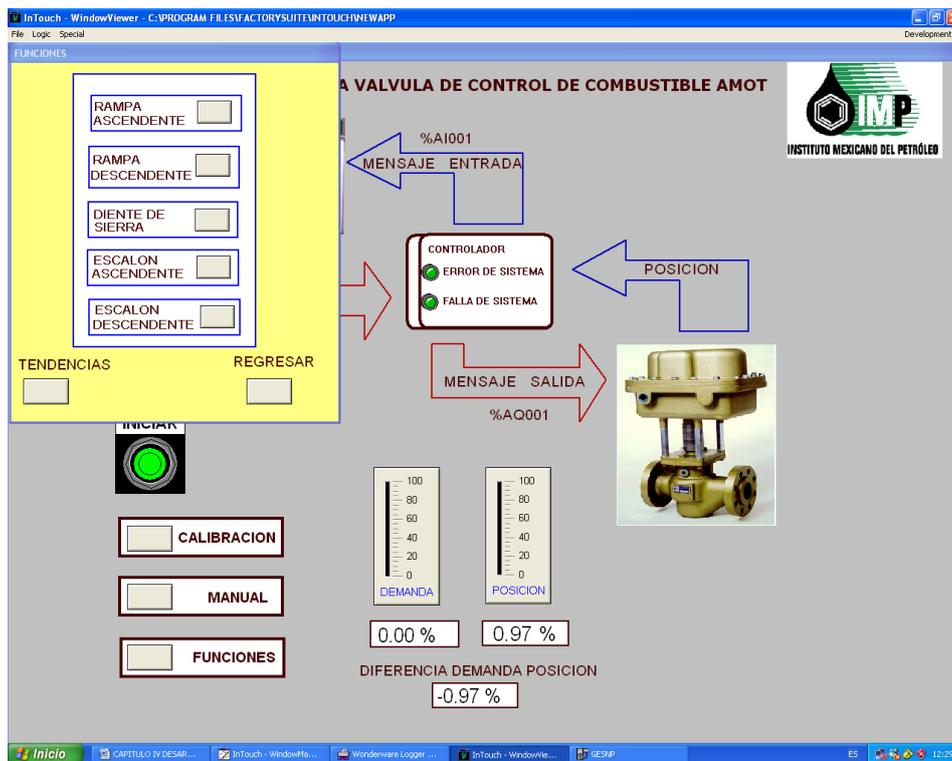


Figura 4.16 Pantalla funciones (Fuente: Elaboración propia)

En esta pantalla se aprecian cinco formas distintas de funciones posibles de utilizar para realizar un diagnóstico a la AMOT, así como dos botones en la parte inferior TENDENCIAS y REGRESAR.

El botón de tendencias permite monitorear en tiempo real el comportamiento de la válvula según la función que se esté utilizando, la pantalla aparecerá como se muestra en la Figura 4.17.

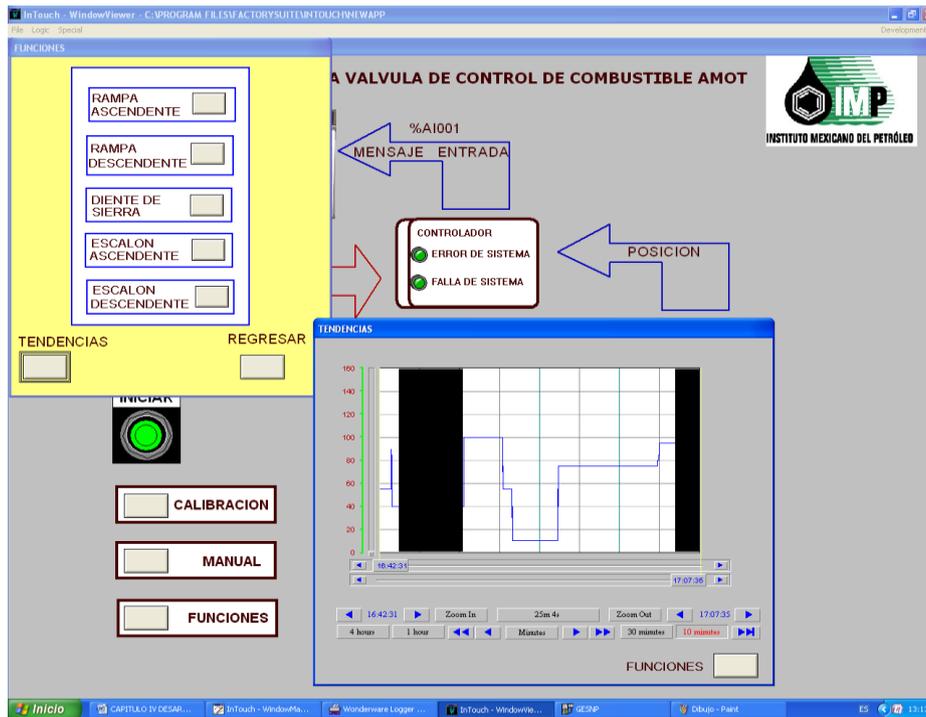


Figura 4.17 Tendencias (Fuente: Elaboración propia)

Se podrán monitorear las tendencias de cada una de las funciones que se despliegan en la pantalla denominada FUNCIONES, cuando se selecciona el botón denominado TENDENCIAS se despliega la pantalla indicando el comportamiento de la demanda y posición. Es importante resaltar que las tendencias pueden ser monitoreadas en cualquier día y hora, esta pantalla de TENDENCIAS se logra mediante el Wonderware Intouch, a través de declaración de variables y declaración de datos se hizo posible personalizar las gráficas como uno desee.

Como se aprecia en la Figura 4.17 se tienen las siguientes funciones:

- Rampa Ascendente
- Rampa Descendente
- Diente de Sierra
- Escalón Ascendente
- Escalón Descendente

## 4.6 PRUEBAS DE INTERFAZ

La programación de las funciones resultó más compleja, debido a que el comportamiento de la demanda debe ser como lo indica la función; es decir, si queremos una rampa ascendente la válvula tiene que abrir gradualmente de 0 a 100%, comportándose como una señal de comando linealmente creciente como se muestra en la figura 4.18 y, a su vez, cuando se selecciona rampa descendente, cerrar gradualmente de 100 a 0%, ahora formando una señal linealmente decreciente, como se muestra en la Figura 4.19.

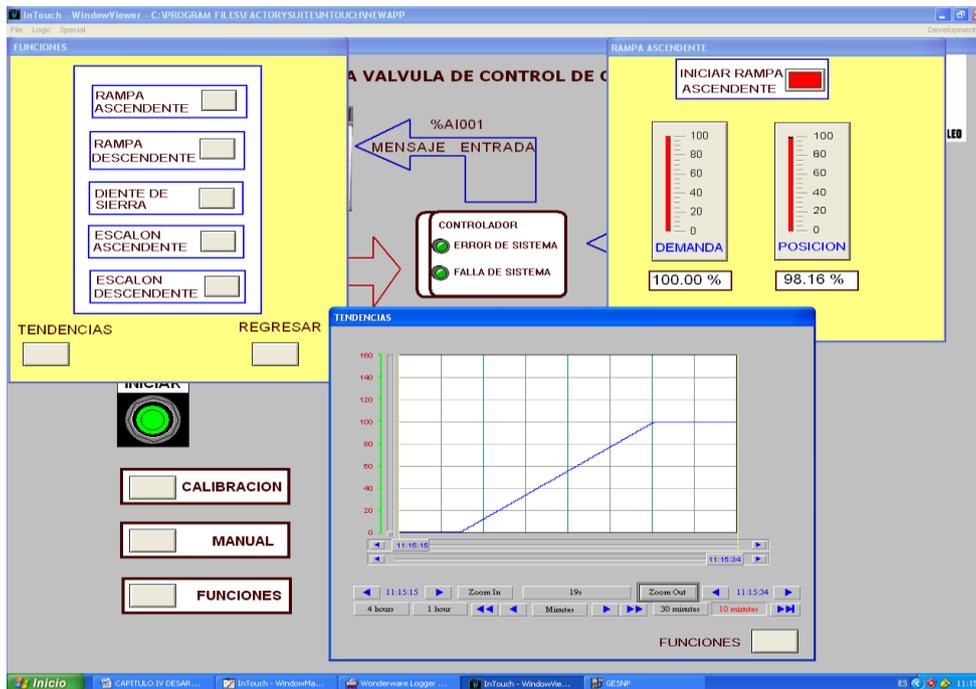


Figura 4.18 Rampa ascendente (Fuente: Elaboración propia)

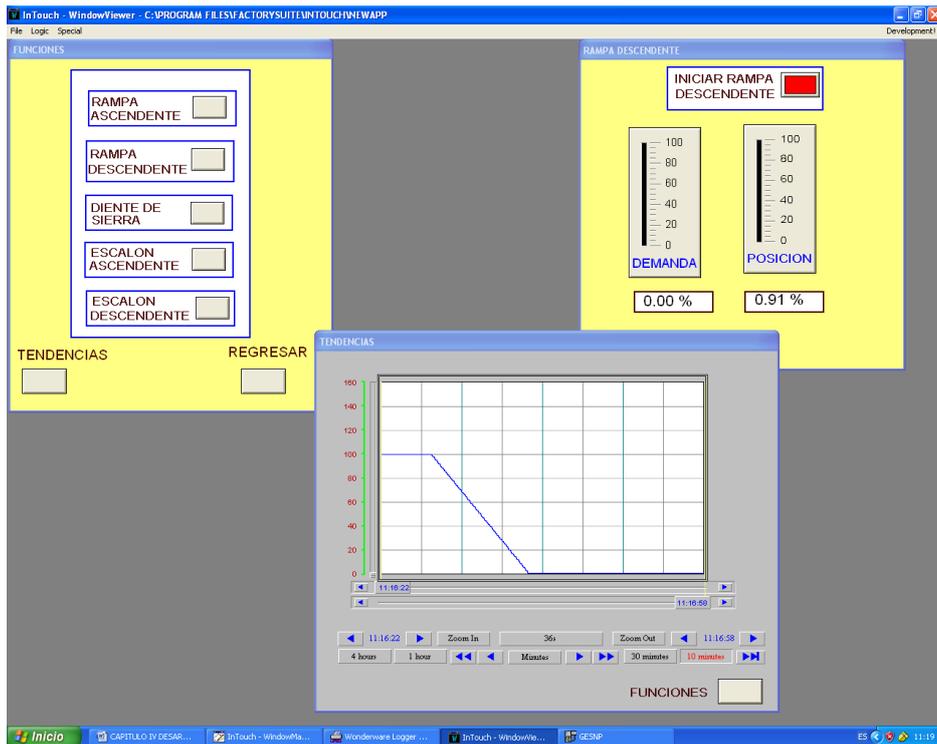


Figura 4.19 Rampa descendente (Fuente: Elaboración propia)

De esta manera es como se desea que se comporte la válvula, y se monitoree el comportamiento de la señal en tiempo real, para lograr esta programación se realizó mediante scripts. Así, cuando el operador oprima el botón RAMPA ASCENDENTE o RAMPA DESCENDENTE, la AMOT comenzará a abrir o a cerrar gradualmente y, a su vez, la demanda y posición es monitoreada teniendo la posibilidad, mediante las TENDENCIAS, de seguir el comportamiento de la señal.

Las funciones rampa ascendente y rampa descendente, permitirán hacer una comparación entre demanda y posición, para saber si la señal está dentro o fuera de rango.

Para la función diente de sierra es más complejo el comportamiento de la señal, comenzará de 0 y abrirá gradualmente hasta llegar al 100% para cerrar inmediatamente hasta 0% y nuevamente comenzar a repetir el proceso tantas veces como uno desee, monitoreando la demanda y posición así como la señal por medio de las tendencias, como se muestra en la Figura 4.20

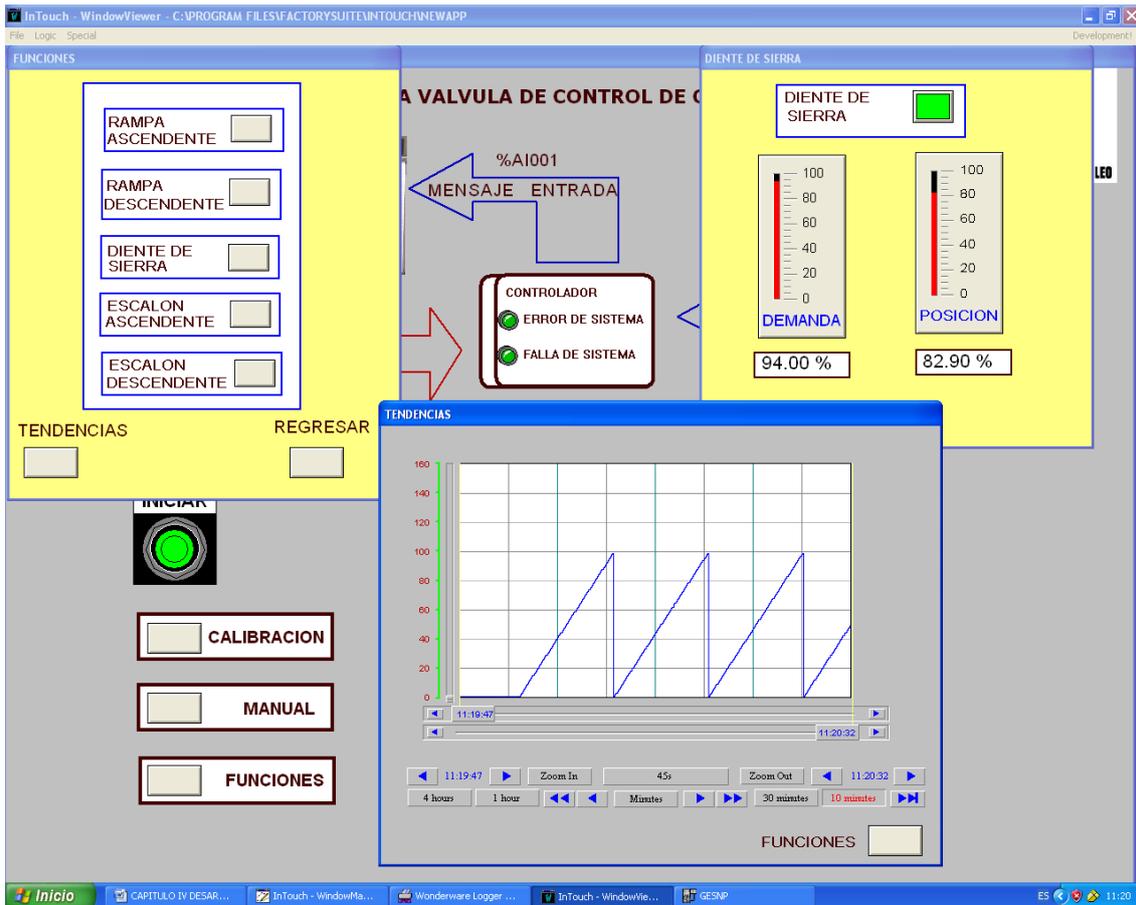


Figura 4.20 Función diente de sierra (Fuente: Elaboración propia)

El modo seguro o posición segura de la válvula es cuando se encuentra totalmente cerrada, en 0° de apertura, el diente de sierra permitirá monitorear la respuesta de la válvula en caso de un cierre emergente, para conocer la relación entre la demanda y la posición, así como la rapidez de cierre y apertura de la AMOT dentro de su rango.

Las funciones escalón ascendente y escalón descendente fueron las más difíciles de programar, para poder tener acceso a estas pruebas es necesario activar el contacto correspondiente y cuando éste cambie de estado iniciará el escalón, ya sea ascendente o descendente.

Cada seis segundos cambiará de porcentaje de apertura, está programado para que abra en incrementos de 25% hasta llegar a 100% de apertura, de modo que iniciando desde 0% cuenta 6 segundos y abre a 25% sucesivamente hasta llegar a 100%, como se muestra en la Figura 4.21

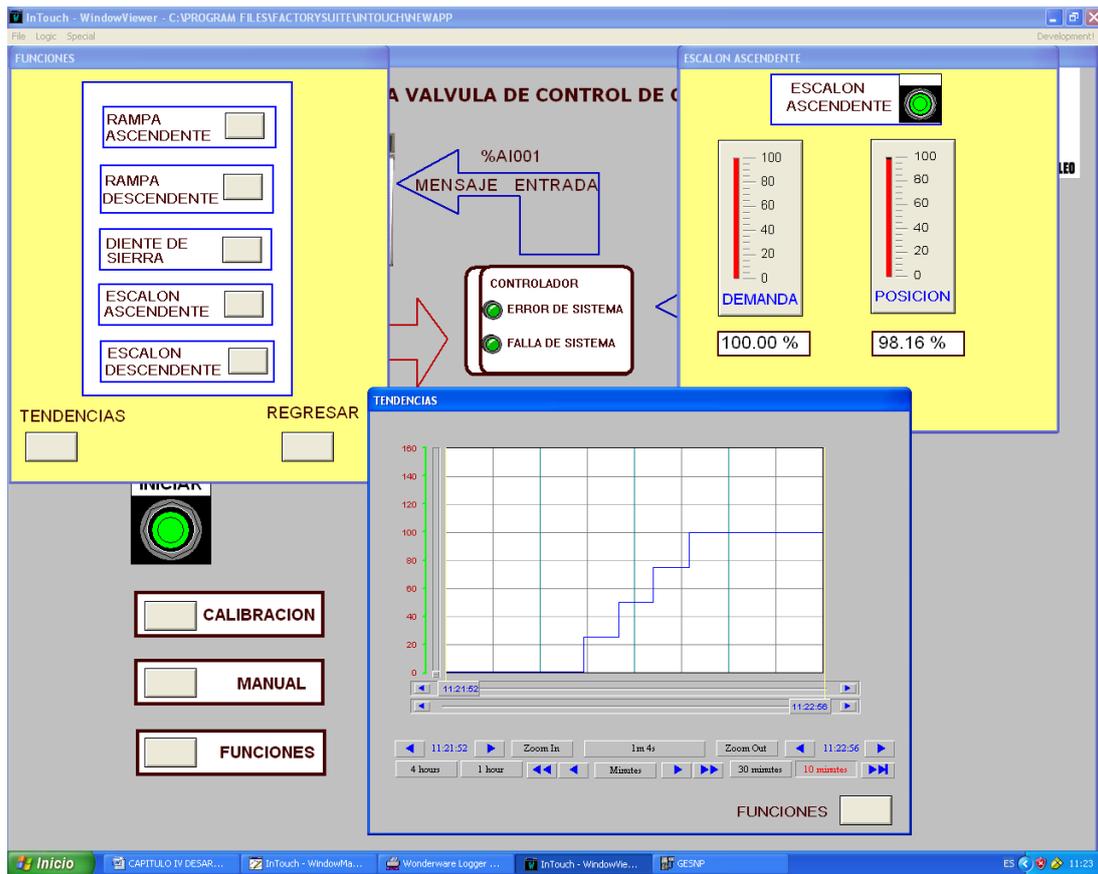


Figura 4.21 Escalón ascendente (Fuente: Elaboración propia)

Inmediatamente o después de cierto tiempo se puede accionar el escalón descendente, y ahora cerrar de 100% a 0% a intervalos de 25% cada seis segundos, monitoreando el comportamiento de la señal, su demanda y posición, como se muestra en la Figura 4.22.

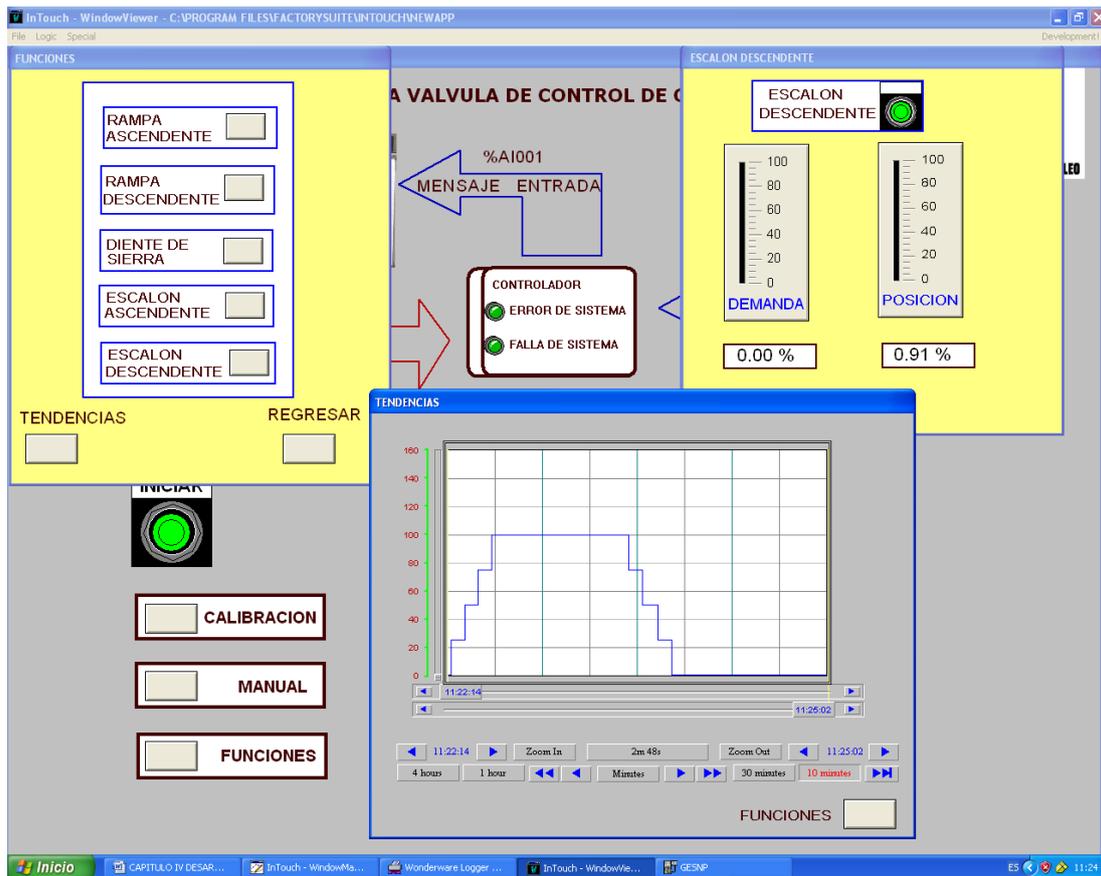


Figura 4.22 Escalón descendente (Fuente: Elaboración propia)

El escalón ascendente y descendente permite hacer un diagnóstico de error entre demanda y posición en un régimen de cambio constante.

## CONCLUSIÓN

En este capítulo se muestra la aportación realizada para el desarrollo de éste proyecto, con la creación de las pantallas de interfaz hombre máquina, que servirán para dar un diagnóstico sobre la operatividad de la válvula.

Se logra apreciar cómo se hizo uso de los dos softwares para poder realizar la programación del banco de pruebas. En primer lugar se cubre la configuración del PLC, para poder operar correctamente el sistema de control, para posteriormente comenzar a hacer la programación trabajando conjuntamente con el LogicMaster 90 y el InTouch.