

6 IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DEL USUARIO

6.1 CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA EN LA PC

6.1.1 VI MAIN

Ya que se han creado los 5 SubVI básicos del proyecto, se procede a diseñar un VI Main en el que se diseñe la interfaz de usuario para las simulaciones.

Antes de describir el Panel del Operador es necesario destacar que actualmente el único SubVI asociado a las variables globales del PLC es el Control Manual. Todos las demás funciones únicamente son simulaciones para el brazo modelado dentro de los SubVI.

El plan de diseño sugiere utilizar un *tab control* para mantener organizado el panel de usuario. Dicho *tab control* estará conectado a una *estructura case* que contiene en sus diferentes casos a los SubVI básicos de control.

6.1.2 CONTROL MANUAL

Como primer caso se tiene el control manual, el cual regresa como resultado la posición de cada articulación haciendo una simple conversión de cuentas de cada una.

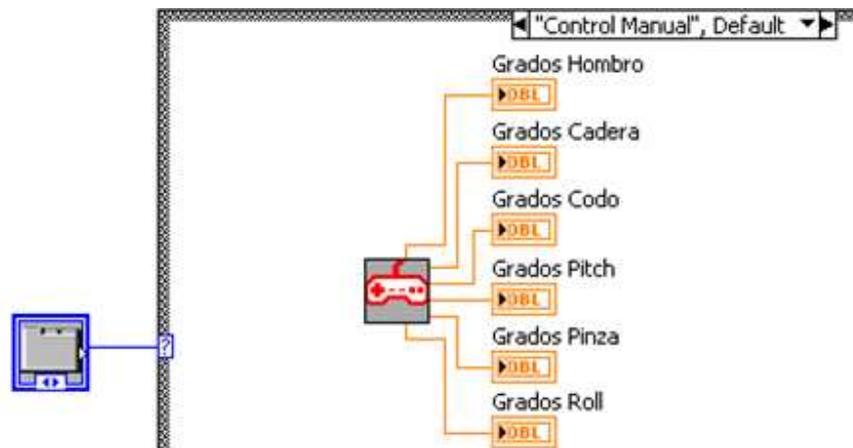


Figura 6.1. Diagrama de bloques del control manual.

Los botones que se muestran en la Figura 6.2 son las variables globales, provenientes del PLC, que se configuraron para el proyecto, éstas son arrastradas al panel frontal desde la ventana del proyecto y para diferenciarlas de un botón cualquiera tienen un indicador triangular sobre el botón, si éste se encuentra en color verde al ejecutar el programa significa que la variable está funcionando bien, si está en color rojo, puede haber un conflicto con la lectura de la variable.



Figura 6.2. Panel frontal del control manual.

Al agregar las variables globales al panel frontal también se obtienen las variables en el diagrama de bloques, éstas se posicionan fuera del ciclo while principal del Main y se observan cómo se muestra en la Figura 6.3.



Figura 6.3. Variables globales referidas al PLC.

Cabe mencionar que las variables globales fueron configuradas como de lectura y escritura, por lo que al activarse la variable desde la HMI se observará en el panel frontal y si se presionan los botones en el panel frontal controlarían las salidas del PLC.

6.1.3 CINEMÁTICA DIRECTA

La segunda pestaña del *Tab Control* está destinada a la Cinemática Directa, donde las entradas Theta 1, Theta 2, Theta 3, y Theta 4 están conectadas a 4 *controles Knob* y los ángulos α_3 y α_4 son constantes. Las salidas del SubVI CD serán las coordenadas cartesianas y se muestran mediante indicadores en el panel frontal.

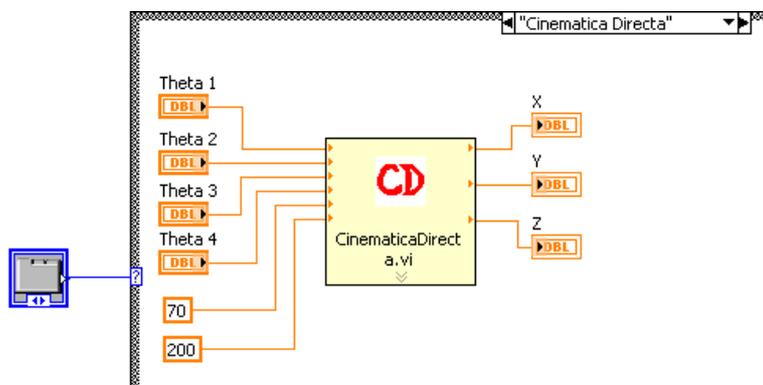


Figura 6.4. Diagrama de bloques para SubVI de cinemática directa.

Como se puede observar en la Figura 6.5 los controles Knob representan los grados de cada articulación por lo que es necesario restringirlos a los valores máximos que el Scorbot modelado permitiría físicamente, de esta forma la simulación se estará aproximando al espacio de trabajo real.



Figura 6.5. Panel frontal para cinemática directa.

6.1.4 CINEMÁTICA INVERSA

El tercer caso del Main contiene al SubVI CI, para el cual se requiere conectar a sus entradas tres controles numéricos para las coordenadas cartesianas y un botón booleano para elegir las dos posibilidades del codo. Como resultado obtenemos 4 ángulos que representan las posiciones de las articulaciones y serán mostrados en el panel frontal mediante 4 indicadores numéricos.

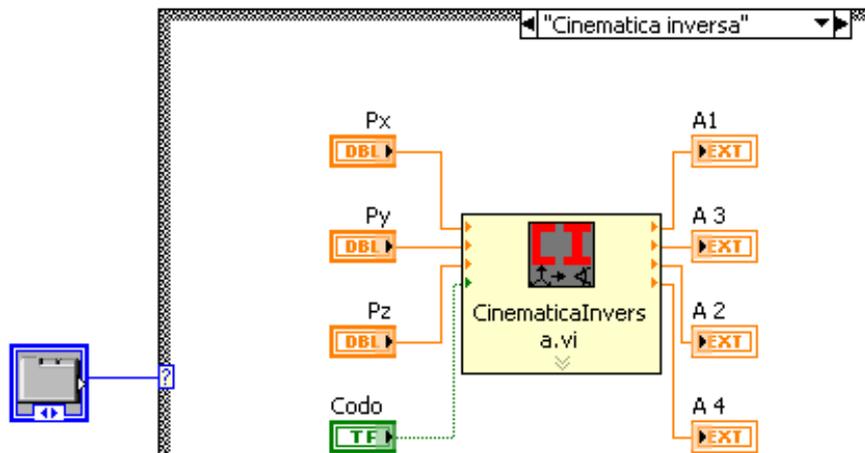


Figura 6.6. Diagrama de bloques para subVI de cinemática inversa.

Se podría suponer que al igual que en la CD se pueden restringir las coordenadas máximas para cada eje, pero el espacio de trabajo no es una superficie regular. Por otro lado, ya que las coordenadas que se introducen como PX, PY y PZ, se pueden comparar con las coordenadas del efector final de la imagen en 3D, si son diferentes quedará demostrado que el punto no puede ser alcanzado por el brazo.

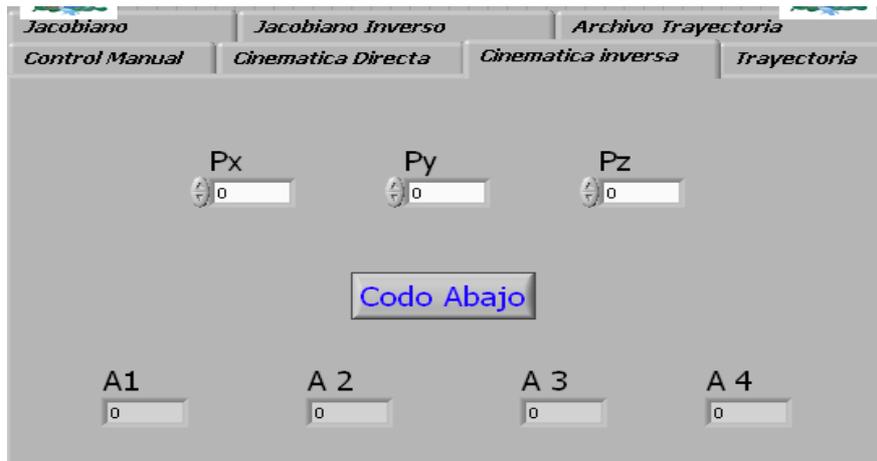


Figura 6.7. Panel frontal para cinemática inversa.

6.1.5 TRAYECTORIA

Como cuarta pestaña del tab control se tiene la Trayectoria, donde se requieren 3 arreglos de entrada y 2 botones booleanos. La constante True, que se puede observar en la Figura 6.8, conectada a la variable Recorrido es una forma de evitar que la secuencia de puntos sea observada en la Gráfica 3D mientras se trabaja en los otros casos.

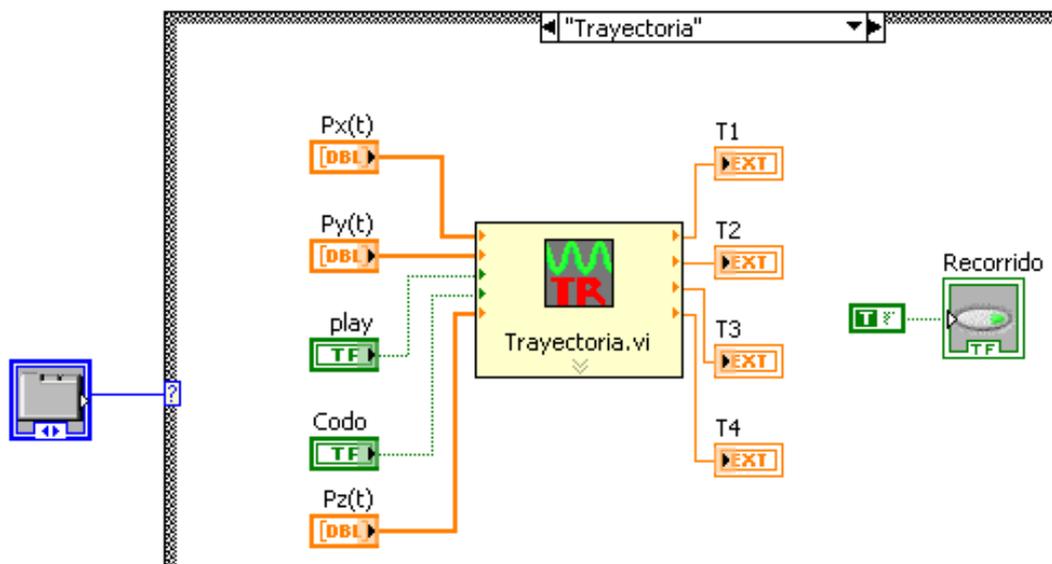


Figura 6.8. Diagrama de bloques para subVI de trayectoria.

Los arreglos de coordenadas pueden ser de dimensión mucho mayor a lo que se puede observar dentro del panel frontal, es lo que dará la fineza del movimiento y al igual que en la CI el movimiento puede hacerse con 2 configuraciones del codo. El botón de Play que se observa en la Figura 6.9 es el que inicia el movimiento comenzando el ciclo que se explicó en el capítulo 5.

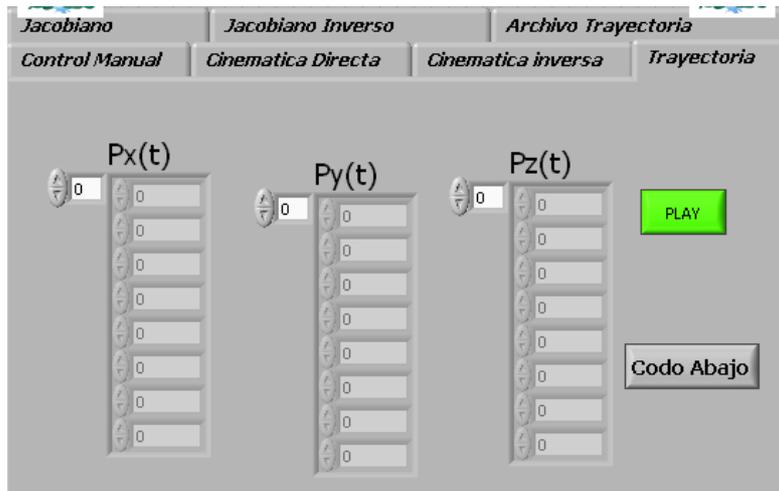


Figura 6.9. Panel frontal para trayectoria.

De esta forma al presionar Play, la simulación 3D recibirá tantas configuraciones del brazo como de coordenadas en los arreglos, llevando el brazo por cada punto de la trayectoria la cual también será observada en la gráfica, como se muestra en la Figura 6.10.

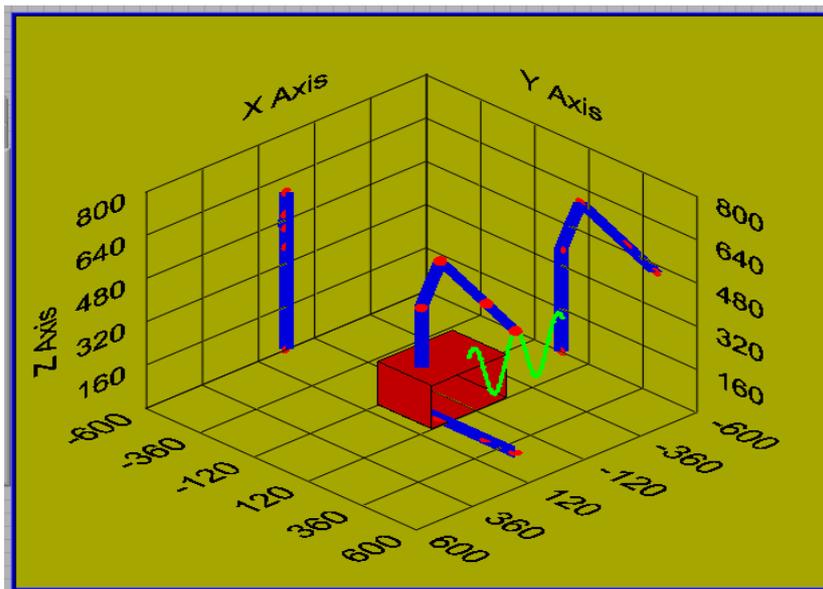


Figura 6.10. Gráfica 3D del brazo simulando trayectoria senoidal.

6.1.6 JACOBIANO Y JACOBIANO INVERSO

Otras funciones que se pueden programar para cubrir los principales temas de la Cinemática de un brazo son el Jacobiano y el Jacobiano Inverso.

Es importante aclarar que debido a que esas dos funciones se relacionan directamente con parámetros del movimiento real del brazo, es imposible hacer una simulación en la gráfica 3D, por lo que en el panel frontal sólo podrán obtenerse los resultados matemáticos para las velocidades de un punto en el caso del Jacobiano o las velocidades articulares en el Jacobiano Inverso.

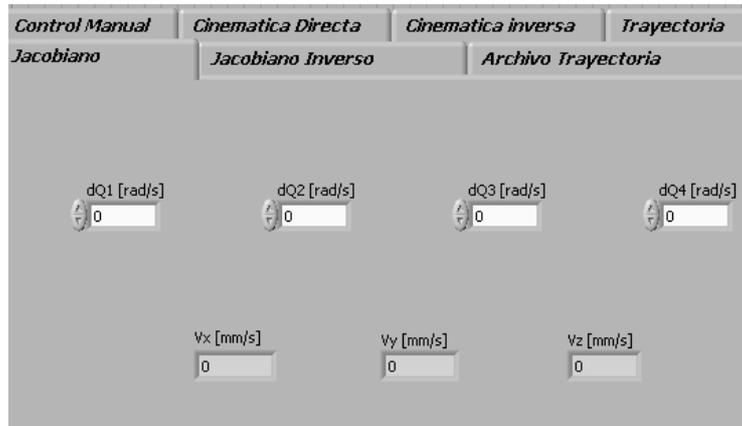


Figura 6.11. Panel frontal del Jacobiano

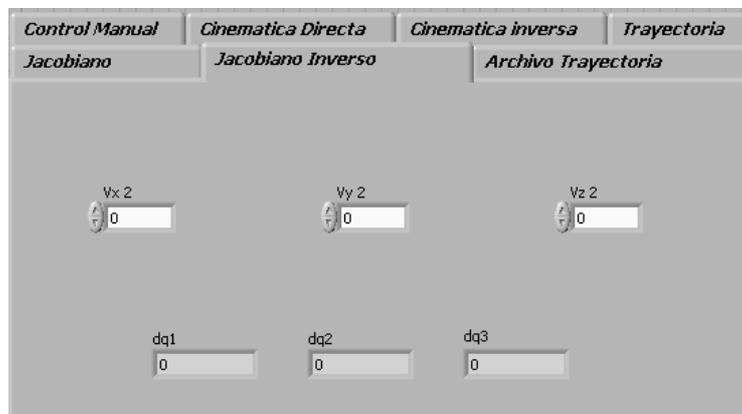


Figura 6.12. Panel Frontal del Jacobiano Inverso

Un SubVI auxiliar que se puede incluir en el Main es el utilizado para cargar un archivo con una trayectoria, lo que ahorra el trabajo de llenar los arreglos manualmente. Este archivo debe ser de texto (.txt) y los valores deberán tener la siguiente sintaxis:

$x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, x_3, \dots, z_n$

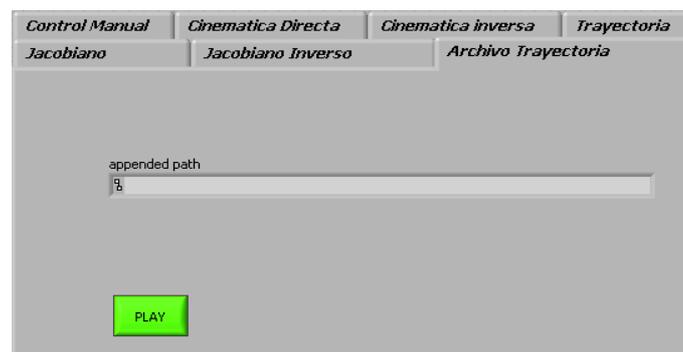


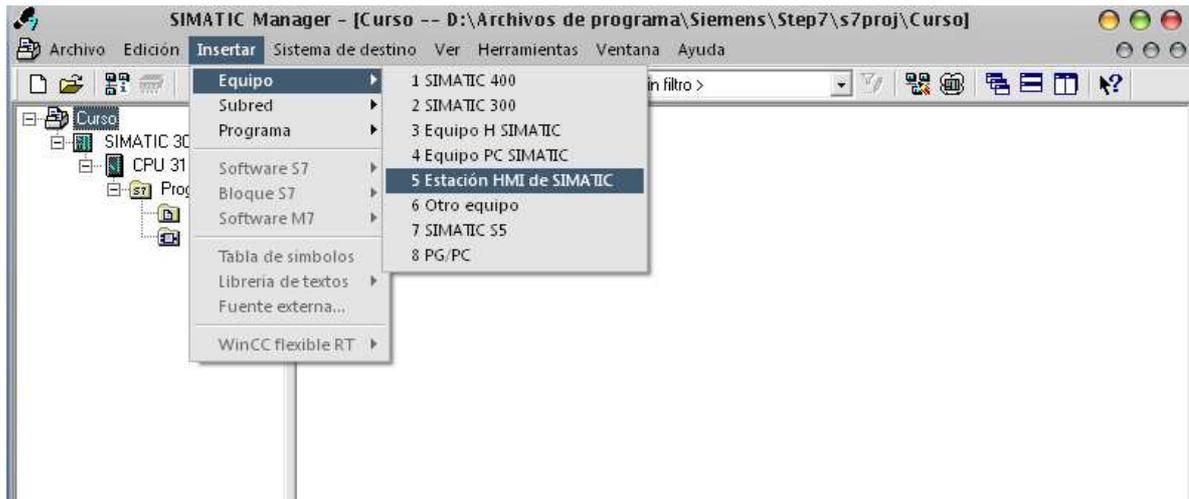
Figura 6.13. Panel frontal para cargar archivo de trayectoria

Cada caso entrega variables diferentes a su salida, por lo cual es necesario poner atención en las que serán enviadas al SubVI Graficador, el cual siempre necesita de los ángulos de las articulaciones. Por ejemplo, cuando se trabaja en el caso que contiene a la CD las variables de entrada a este VI serán las mismas que se envíen al Graficador y para el caso que contiene la CI los valores que se envíen al Graficador serán los que salgan de éste.

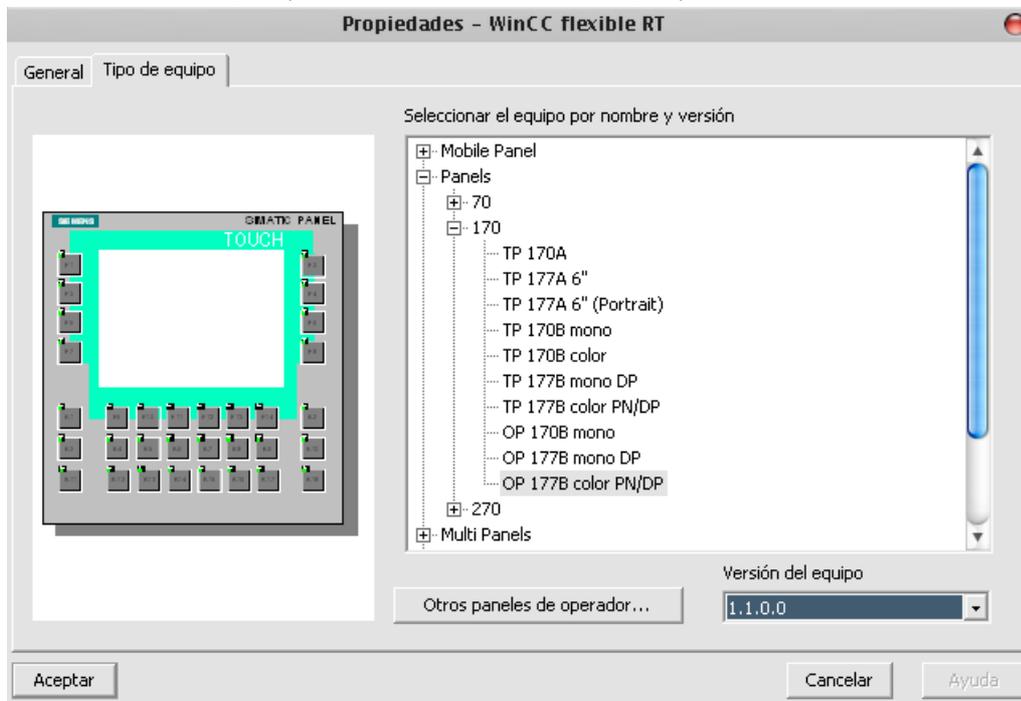
6.2 PROGRAMACIÓN DEL PANEL DE OPERADOR (HMI)

La interfaz hombre máquina (HMI) de Siemens requiere para su programación, del software WinCC Flexible, el cual es parte del SIMATIC Manager y permite configurar y programar la HMI. Para ello se realizan los siguientes pasos, tras la creación del proyecto para la configuración del PLC.

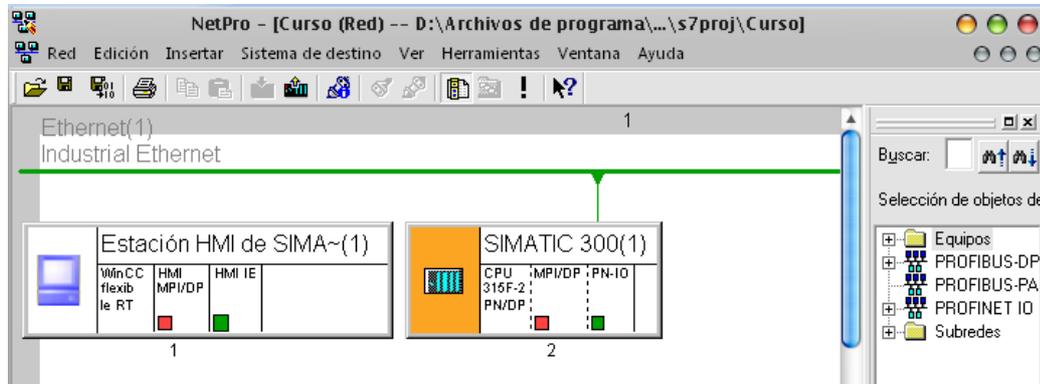
1. Agregar el equipo HMI dentro del proyecto mediante el SIMATIC Manager (Insertar→Equipo→Estación HMI de SIMATIC)



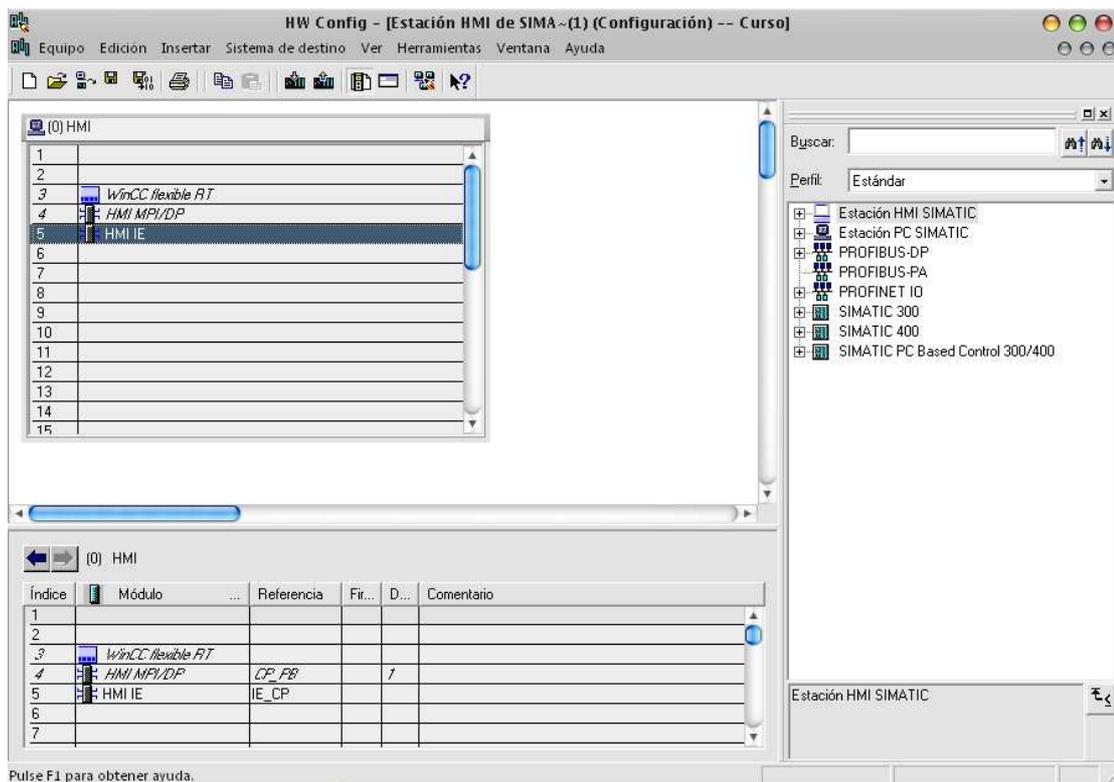
2. En la ventana que se despliega se muestra un asistente para seleccionar el tipo de pantalla usada. En este caso se trata de una OP 177B Color PN/DP. (Panels→170→OP 177B color PN/DP)



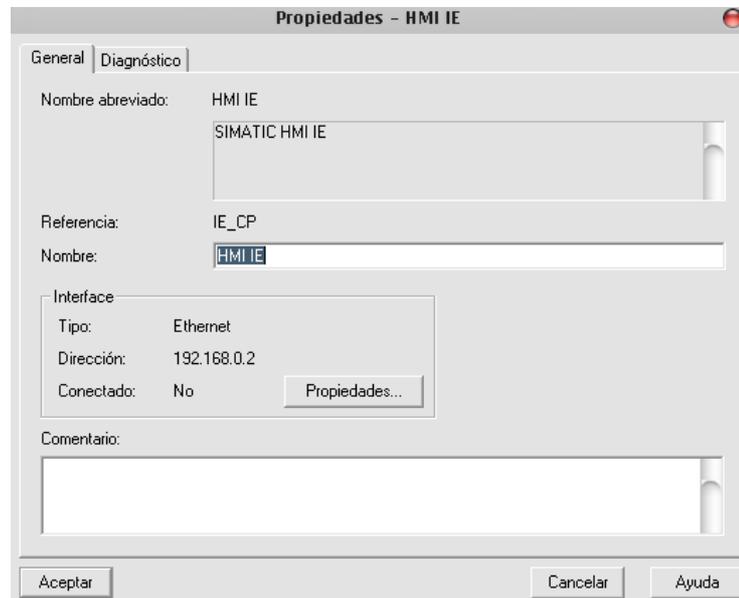
- Una vez que se agrega se debe configurar para poder usarla en la red Ethernet. Para ello, dentro del SIMATIC Manager se debe abrir la red Industrial Ethernet **Ethernet(1)**, la cual muestra una ventana con Net Pro cuya función es la configuración de las comunicaciones del proyecto.



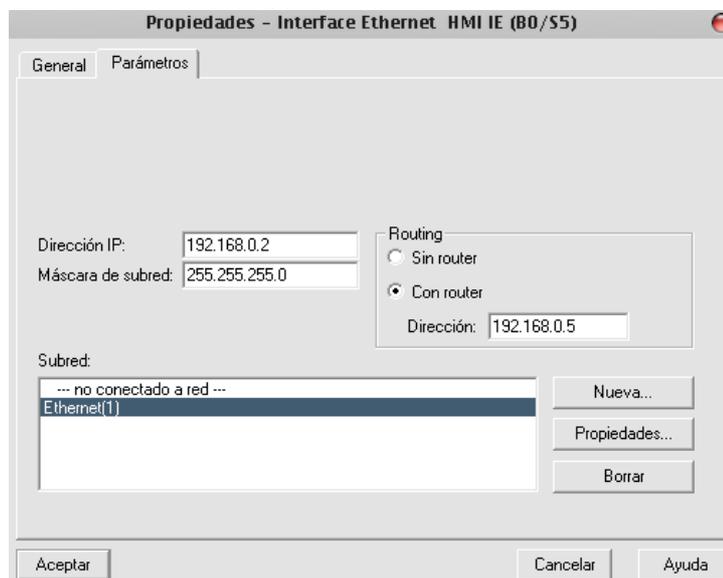
- Se da doble clic sobre la estación HMI y se despliega una ventana con HW Config, pero ahora para la interfaz HMI. Dar doble clic sobre HMI IE dentro del bastidor de la pantalla.



5. En la nueva ventana se muestran las propiedades del puerto Ethernet de la pantalla, será visible un icono de Propiedades de la interfaz.



6. Configurar la dirección IP que tendrá la estación HMI, así como la dirección del ruteador, y seleccionar la red que se ha creado con anterioridad. Dar Aceptar en las dos ventanas que se abrieron, guardar los cambios y cerrar la ventana de HW Config.



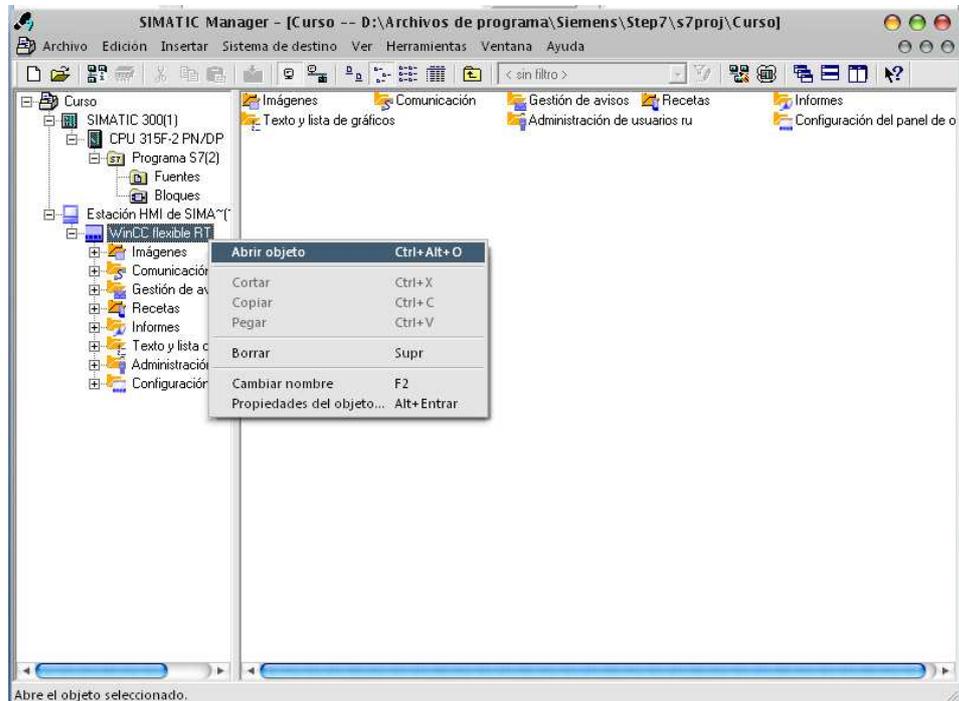
7. Ahora en la ventana de NetPro, se observa que la estación HMI, está conectada a la red Ethernet, representada mediante la línea verde, en caso de haber configurado un PLC también estará conectado a la misma red. Guardar los cambios y cerrar la ventana de NetPro.

Con esto se concluye la parte de configuración de la red Ethernet, así como de sus componentes que son programados dentro del SIMATIC Manager.

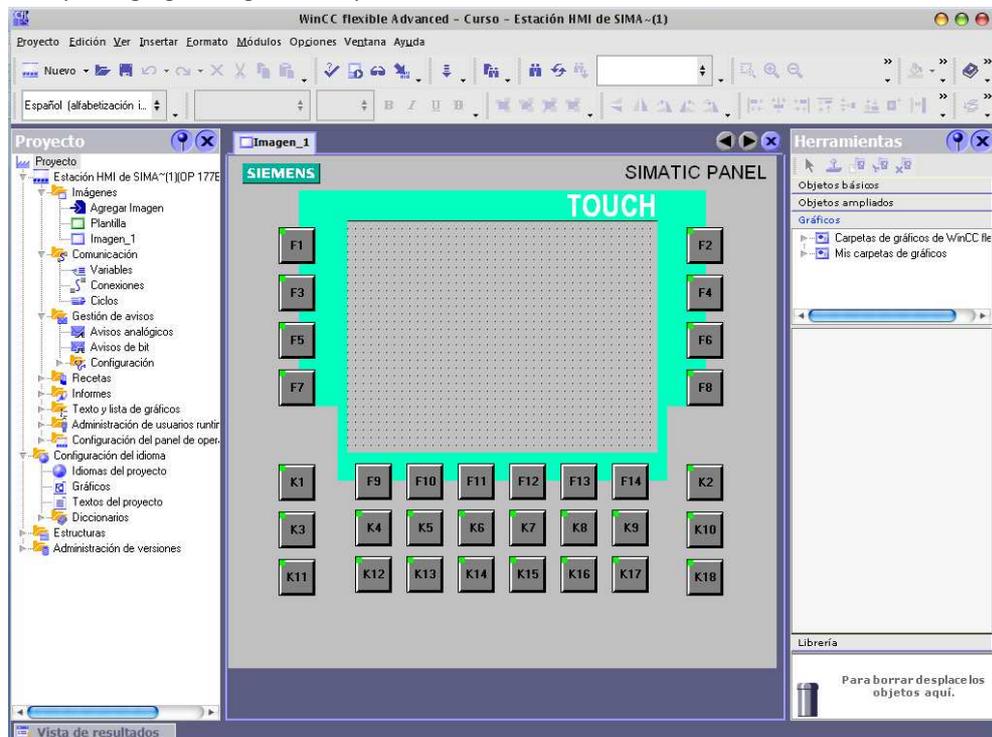
8. Por último transferir la configuración al PLC desde SIMATIC Manager .

6.2.1 USO DE WINCC FLEXIBLE PARA PROGRAMACIÓN DE INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI)

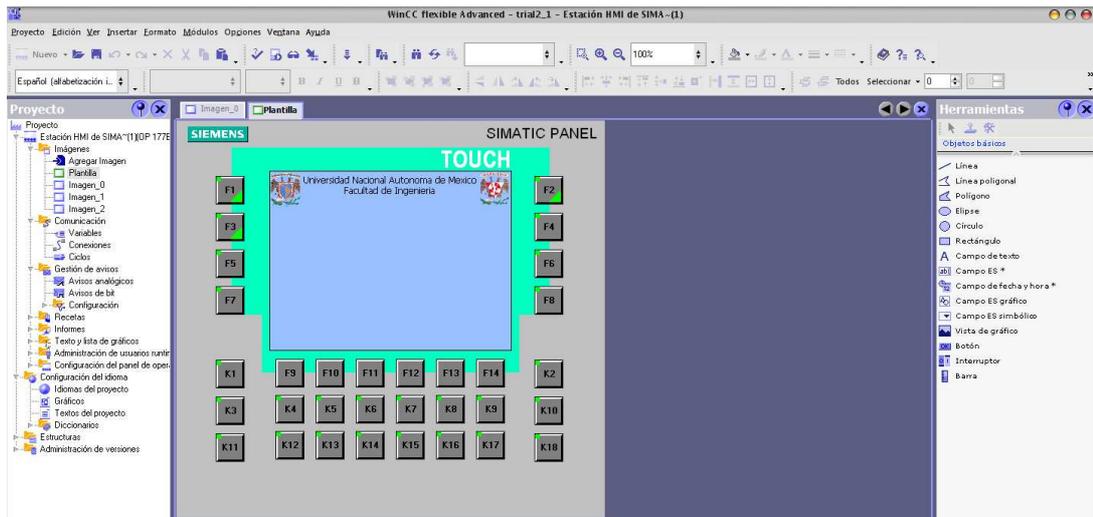
1. Dentro de SIMATIC Manager abrir WinCC Flexible para la interfaz configurada.



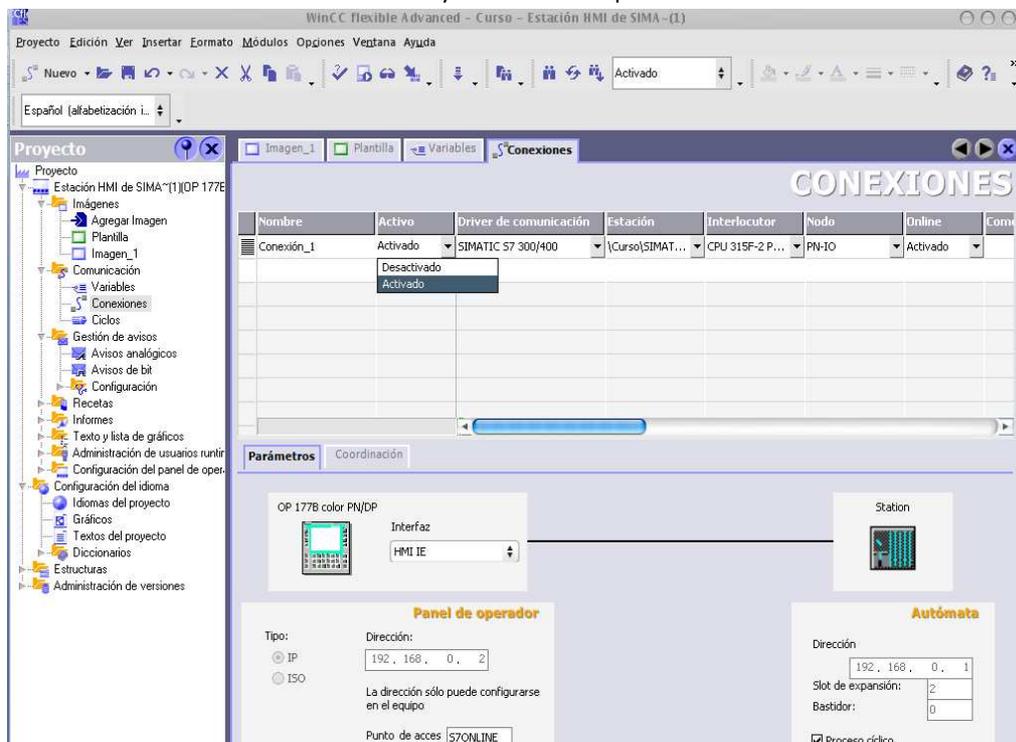
2. Una vez abierta la ventana con WinCC se visualiza una imagen que se asemeja al modelo de interfaz HMI configurado. En la parte de la izquierda un menú con los componentes del proyecto, y del lado derecho las herramientas para agregar imágenes a la pantalla.



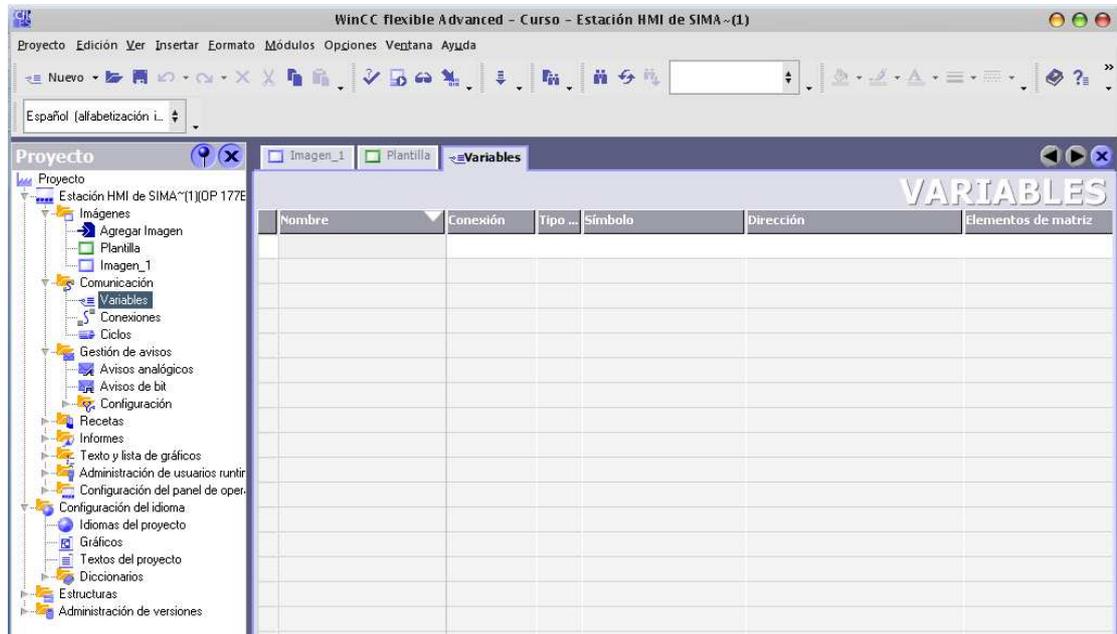
- Dentro de la Plantilla del proyecto agregar las imágenes y títulos que irán como plantilla sobre todas las imágenes que se usen en el proyecto, como por ejemplo el logotipo de la empresa. Para ello basta con copiar la imagen deseada, y pegarla dentro del área de la pantalla y cambiar el tamaño y ubicación para ajustarla a las necesidades. De igual forma se pueden agregar un rectángulo de Objetos básicos del menú de herramientas, para establecer un color de fondo. Recalcando el ubicar al fondo  el rectángulo establecido como color de fondo. En este caso se usa esto para colocar los escudos de la Facultad de Ingeniería y de la UNAM.



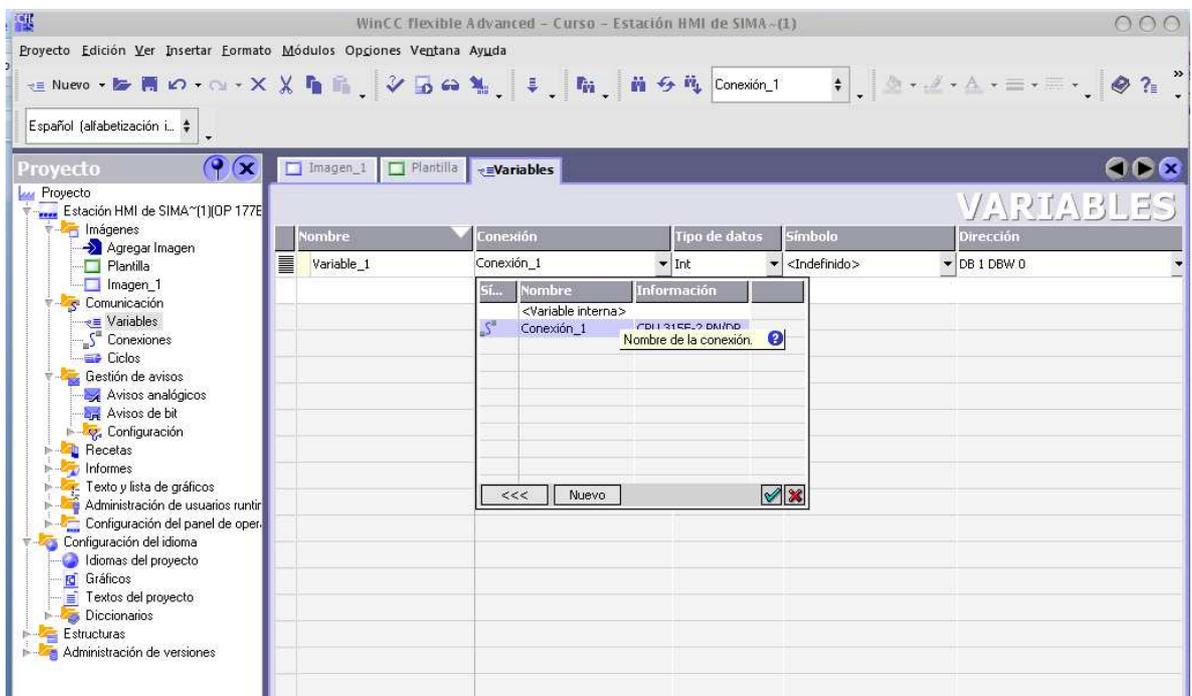
- Para poder usar la pantalla en la red, debe ser activada la conexión, para ello dentro del Menú de Proyecto, abrir el Menú de Conexiones  y en la ventana que se abre seleccionar Activado.



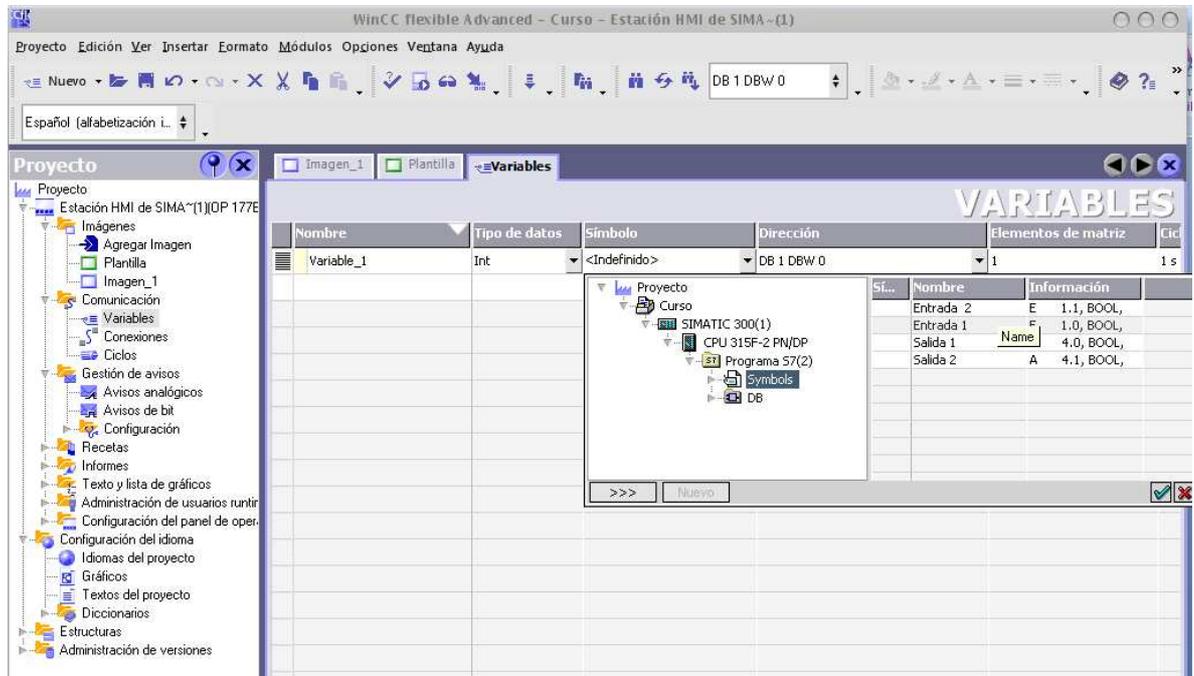
- Ahora bien para poder usar la interfaz con el PLC es necesario definir las variables dentro de WinCC, para ello se abre la ventana de Variables  que se encuentra dentro del proyecto del lado izquierdo de la ventana de WinCC.



- Se agregan las nuevas variables, las cuales están direccionadas a las variables usadas en el PLC.

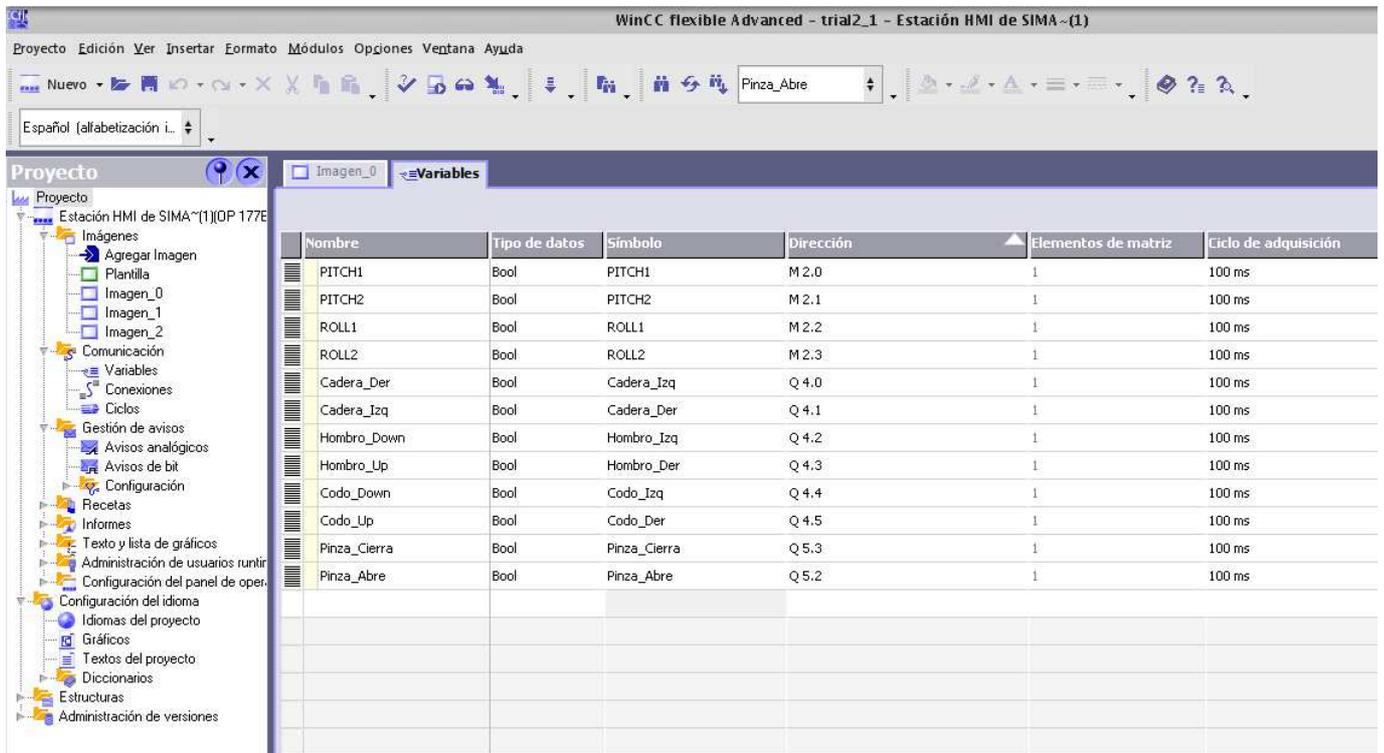


- Para direccionar las variables, en la fila de Símbolo, se selecciona la tabla de símbolos creados para el PLC y seleccionar la variable a la que se vaya a asociar.

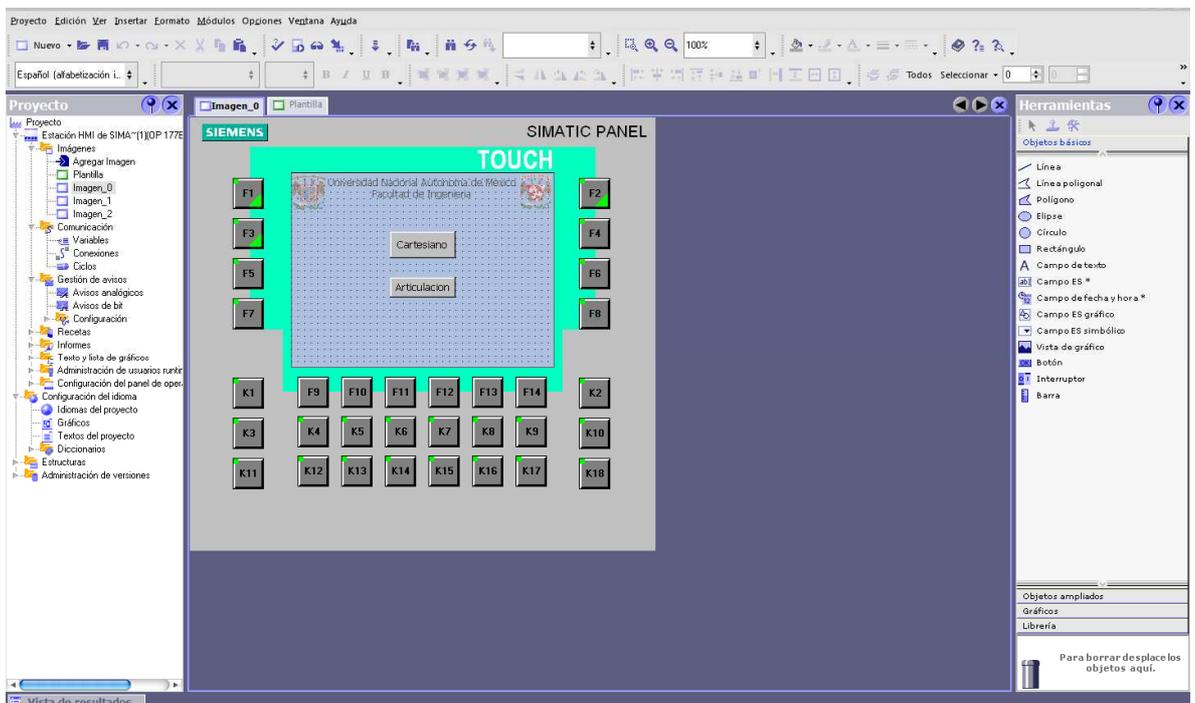


- Para el control de las salidas del brazo se usan las variables que enciendan las entradas de los motores, así como se muestra en la tabla 6.1.

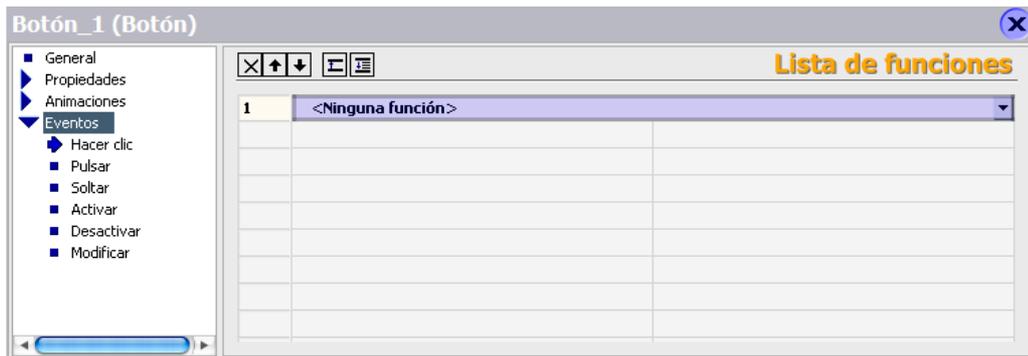
Tabla 6.1 Dirección de las variables asignadas a los botones de la interfaz HMI	
Variable	Dirección
Cadera Izquierda	Q4.0
Cadera Derecha	Q4.1
Hombro Arriba	Q4.2
Hombro Abajo	Q4.3
Codo Abajo	Q4.4
Codo Arriba	Q4.5
Pitch Arriba	M2.0
Pitch Abajo	M2.1
Roll 1	M2.2
Roll2	M2.3
Pinza Abre	Q5.2
Pinza Cierra	Q5.3



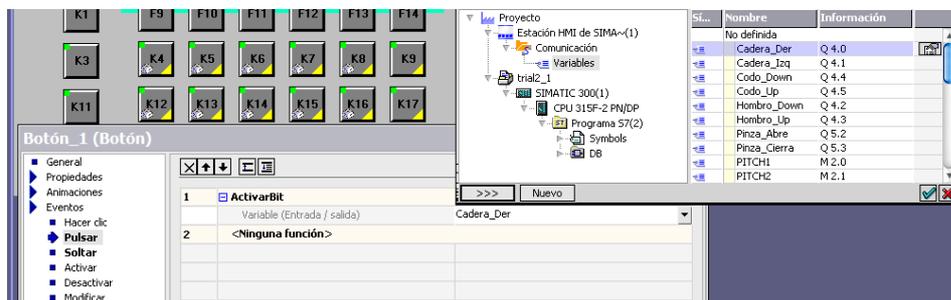
- Como pantalla inicial se muestra un menú para seleccionar el tipo de movimiento a realizar ya sea por ejes cartesianos o por articulaciones. Para asignar las variables a botones desde la barra de Herramientas se arrastra un Botón de entre los Objetos Básicos.



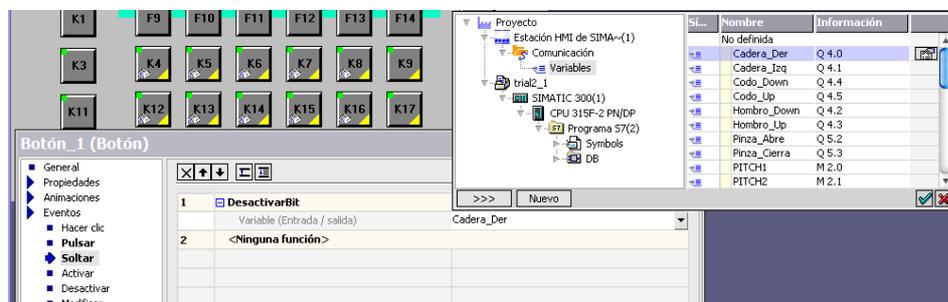
10. Dando doble clic sobre el botón se abrirá una barra que permite modificar diferentes parámetros, el de interés es el de cambiar de imagen dependiendo el botón que se presione.
11. Para la imagen de movimiento por articulaciones, se tendrán botones que activen las salidas del PLC mediante el uso de las variables creadas. Para ellos se deben modificar los parámetros, el que nos interesa para esos botones son los Eventos.



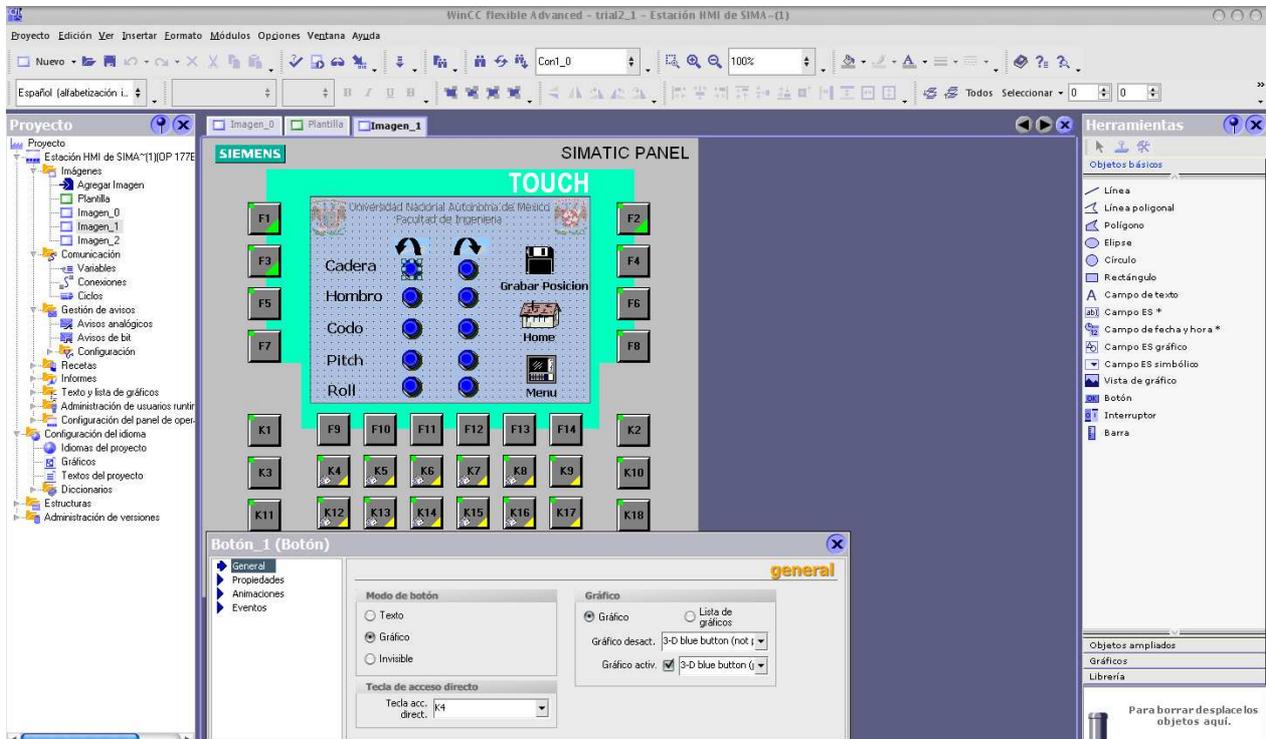
12. Para agregar una nueva función al evento **Pulsar**, en este caso **ActivarBit**, se mostrará un nuevo menú para seleccionar la variable a la cual estará asignada esta función.



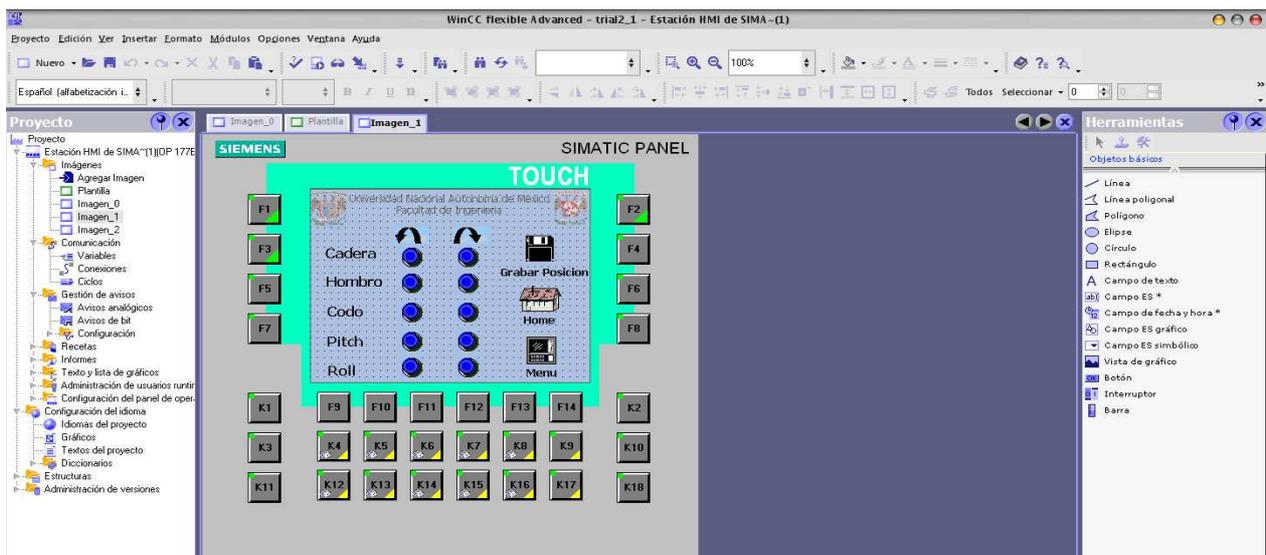
13. Para desactivar la entrada, se debe usar la función **DesactivarBit** del evento **Soltar**, y en el menú que se muestre seleccionar la variable a desactivar.



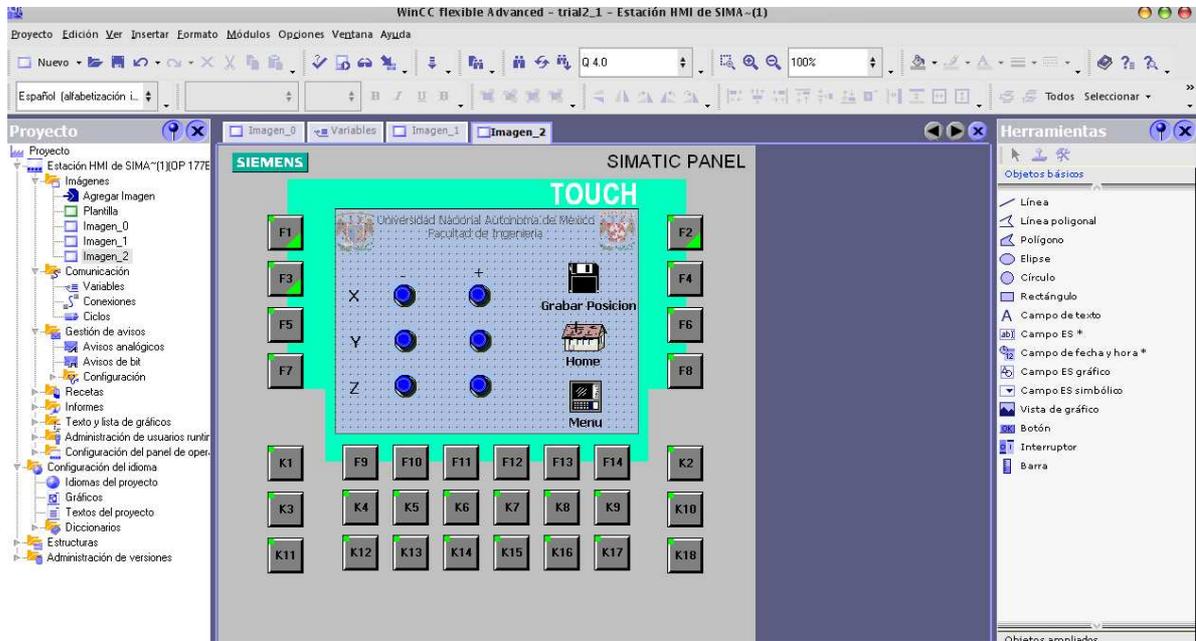
14. Del mismo modo para cada botón se asigna un botón físico de la interfaz HMI, para ello se selecciona dentro de las propiedades la tecla de acceso directo.



15. Esta asignación de eventos a los botones se hará para cada una de las variables descritas en el punto 9, quedando como se observa en la figura siguiente. Del mismo modo se crean botones para regresar al menú principal, un botón para ir a posición de Home y un botón para grabar la posición actual. Los botones de grabar posición y Home quedan de manera ilustrativa para el momento en que se tenga un control preciso sobre el robot.



Para el caso del movimiento por ejes cartesianos se crean de la misma forma botones para cada eje y los botones del menú, Home y grabar posición. En la siguiente imagen los botones para el movimiento por ejes se muestran solamente de manera ilustrativa para su implementación en trabajos futuros.



Por último una vez finalizado el proyecto, se guarda y se transfiere a la interfaz HMI (Proyecto→Transferir→Configuración de la transferencia).