

## CAPÍTULO 5 SISTEMA DE CONTROL CON LABVIEW 7 EXPRESS

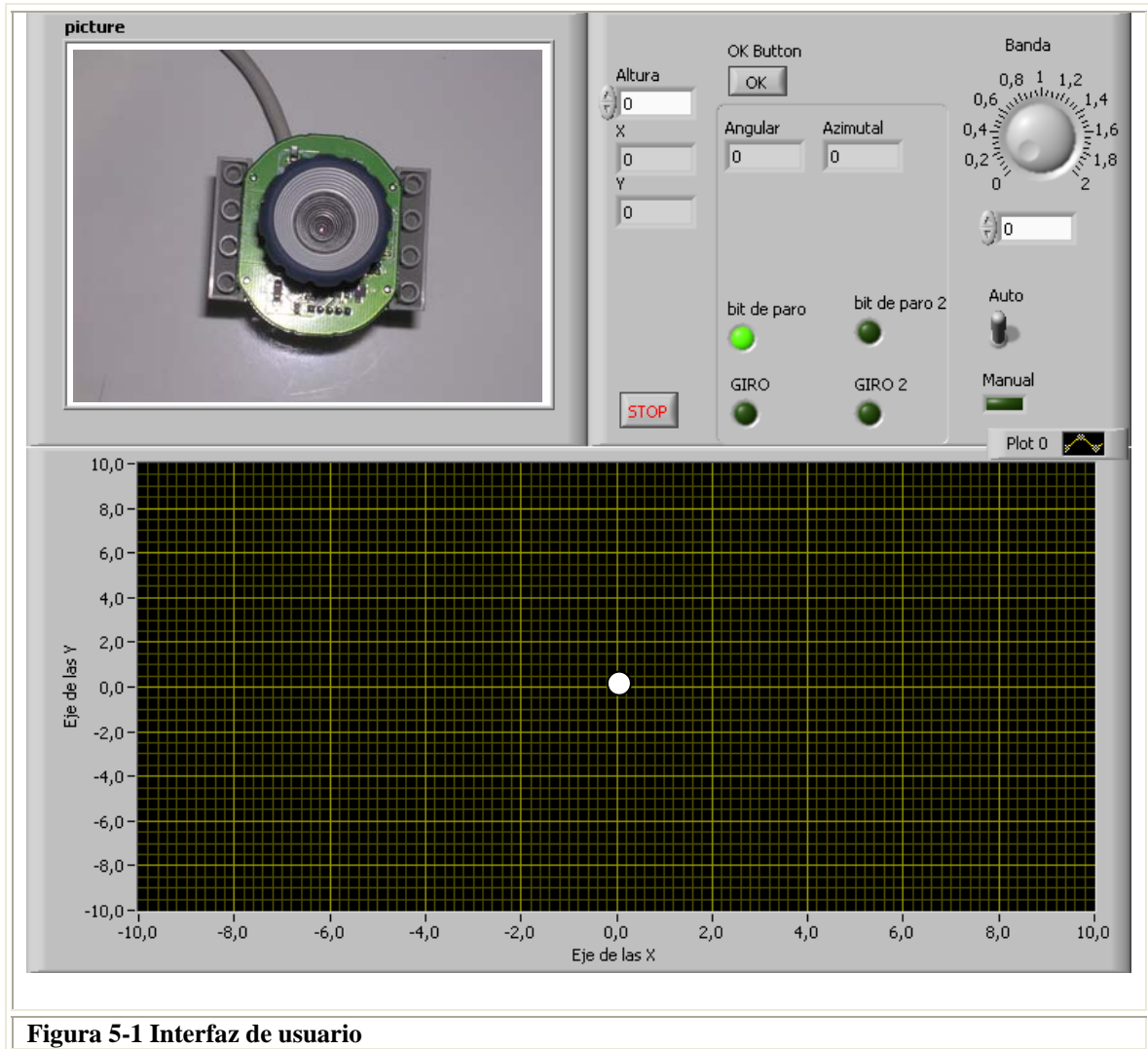
---

En las páginas siguientes se hará una breve descripción de los VI's que se utilizaron para hacer el control del sistema mecánico diseñado para el monitoreo en un plano XY, su estructura y el flujo de datos que lo rige, así como de la interfaz de usuario que se creó. Se mencionarán todas las herramientas virtuales que se utilizaron para acondicionar las señales de entrada y de salida. El VI principal se rige con una serie de VI's anidados o SubVI's, algunos de estos con otros de la misma característica, cada uno de estos son pieza fundamental para el objetivo propuesto. Para facilitar la orientación y el entendimiento de cada VI diseñado, en cada figura donde se explique un Diagrama de bloques que sea anidado se le asignara su icono correspondiente.

### **5.1 Interfaz de Usuario**

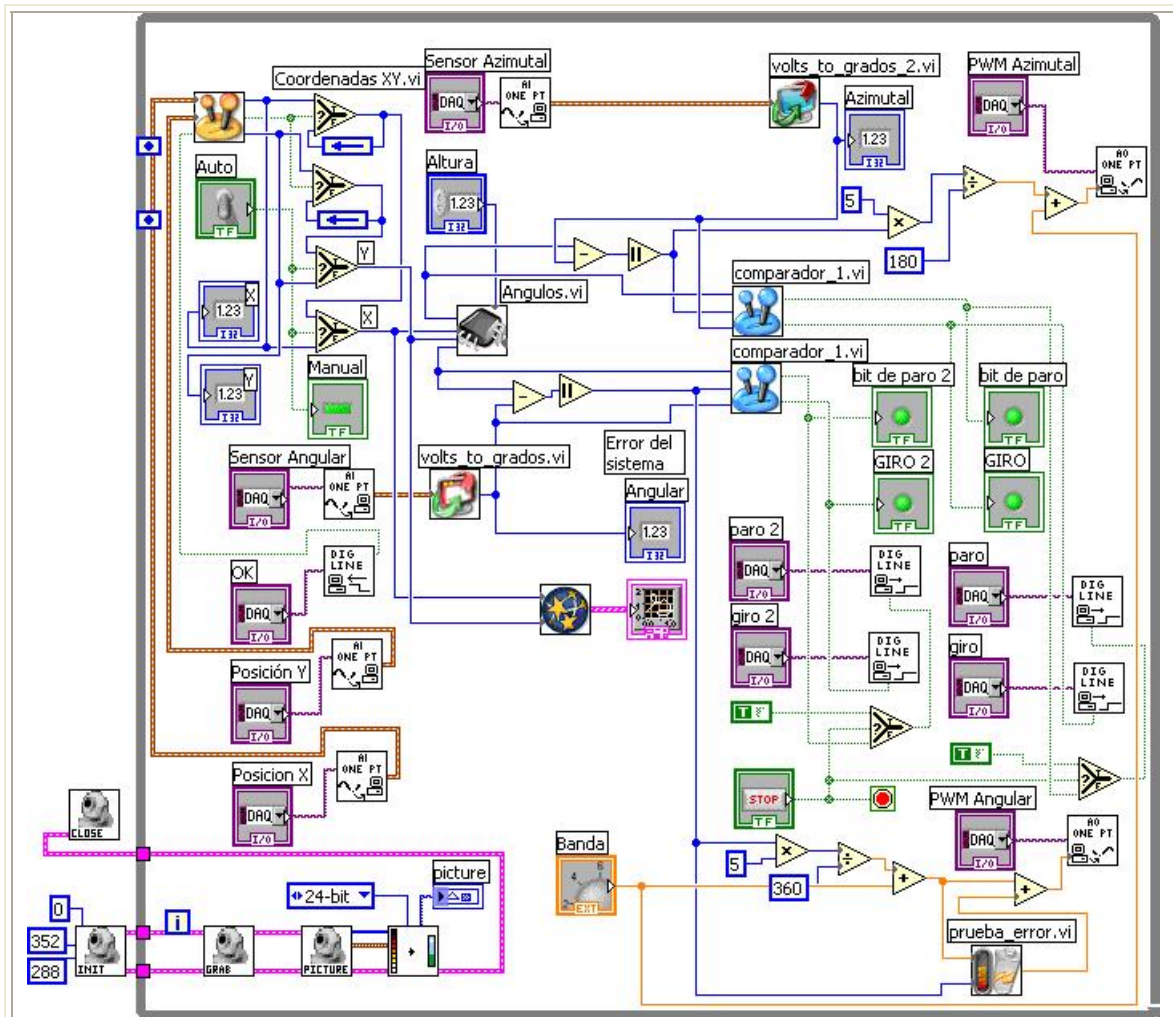
El objetivo principal fue crear una interfaz muy “amigable” para el usuario, con elementos mínimos para su manipulación. Este es el programa principal con el que se controla el monitoreo, cuenta con una ventana para ver el video capturado por la WebCam, indicadores para ver el punto a monitorear, un control para calibrar el ancho de pulso mínimo necesario del PWM para el funcionamiento de los motores, una gráfica del plano Coordinado XY para que el usuario sepa en que punto del plano se encuentra la cámara, un botón para cambiar de modo manual a modo automático, así de como indicadores para ver el ángulo en cada uno de los casos.

A continuación se explicará cada uno de los elementos que rigen a este VI, así como los VI's anidados involucrados en el funcionamiento del mismo. La Figura 5-1 muestra la interfaz de usuario.



**Figura 5-1 Interfaz de usuario**

Como se puede observar es una interfaz amigable, el usuario sólo debe dar la altura a la que se encuentra la cámara o la distancia al plano coordenado. A continuación la Figura 5-2 muestra el diagrama de bloques del funcionamiento de la misma. Posteriormente se explicará cada una de las herramientas ahí expuestas.



**Figura 5-2 Diagrama a bloques del programa final**


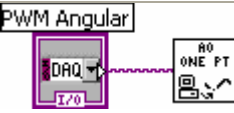
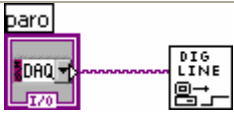

Este programa básicamente recibe los datos dados por el usuario, la señal del sensor de posición se acondiciona y se expresa en grados, genera los ángulos en base a la posición XY recibida, hace la diferencia entre el punto real y el punto deseado y hace una comparación para generar las señales de control; los bits para el movimientos del puente H y la señal de DC para generar el PWM para controlar la velocidad del motor. También con los datos en XY genera la gráfica del plano coordenado. Por ultimo captura el video de la Webcam y lo despliega.

Con esto terminamos de describir de un modo muy general el funcionamiento del VI principal, la siguiente etapa es respecto a las herramientas para llamar los valores de adquiridos por la tarjeta de adquisición de datos, así como el acondicionamiento de las señales.

### 5.1.1 Captura y despliegado de los datos

Las herramientas que aquí se describen son las necesarias para traer y mandar los valores con la tarjeta de adquisición de datos. La Tabla 5-1 muestra cada uno de los elementos de control para la adquisición de los datos.

**Tabla 5-1 Herramientas de LabVIEW para tomar los datos provenientes de la tarjeta DAC**

Instrumento/Herramienta	Características
	<p>La herramienta AI ONE PT despliega los datos recibidos por un canal analógico, con el instrumento DAQ especificamos el canal que debe leer.</p>
	<p>La herramienta AO ONE PT recibe los datos provenientes del VI y los manda a un canal Analógico de salida, con el instrumento DAQ especificamos el canal que debe escribir.</p>
	<p>Con la herramienta DIG LINE escribimos un bit al puerto I/O, con el instrumento DAQ se especifica el pin correcto.</p>
	<p>Con la herramienta DIG LINE leemos un bit proveniente del puerto I/O, con el instrumento DAQ se especifica el pin a leer.</p>

### 5.1.2 Coordenadas XY

Esta subrutina recibe los datos de los instrumentos de posición XY, la señal llega en volts y la acondiciona para que la podamos desplegar en coordenadas. Como se

mencionó anteriormente el rango de coordenadas va de -10 a 10. La Figura 5-3 muestra el diagrama de bloques de la subrutina.

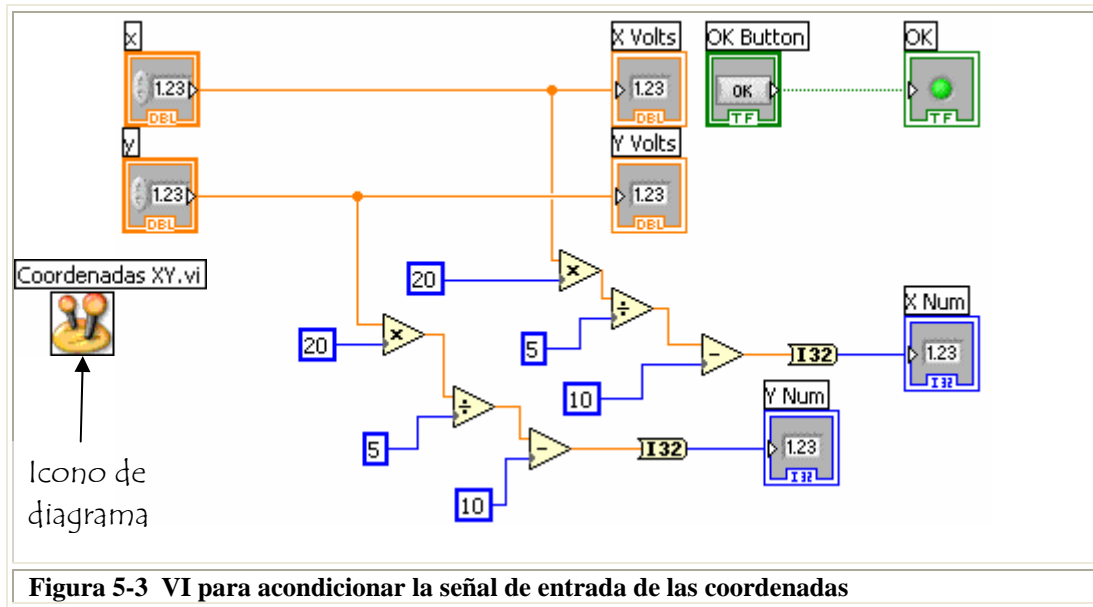


Figura 5-3 VI para acondicionar la señal de entrada de las coordenadas

### 5.1.3 Datos provenientes de los sensores de posición

Las señales analógicas provenientes del sistema mecánico son en volts, para poder trabajar con ellas hay que hacer un “acondicionamiento” de ellas, en otras palabras convertir estas señales de volts a grados, para esto se hace una regla de 3, donde el valor inicial es considerado 0°. Ambos sistemas cuentan con un VI para hacer esto, la Figura 5-4 muestra el diagrama de bloques de estos elementos.

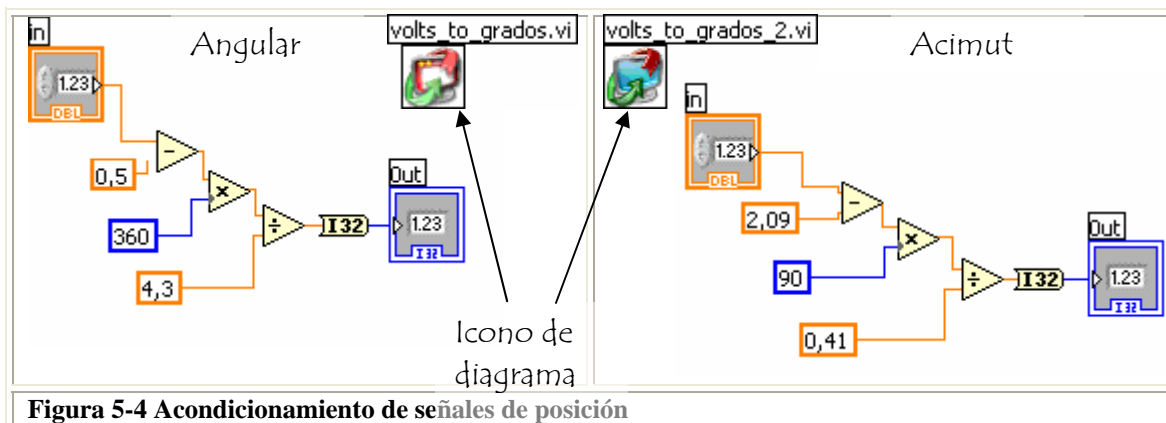
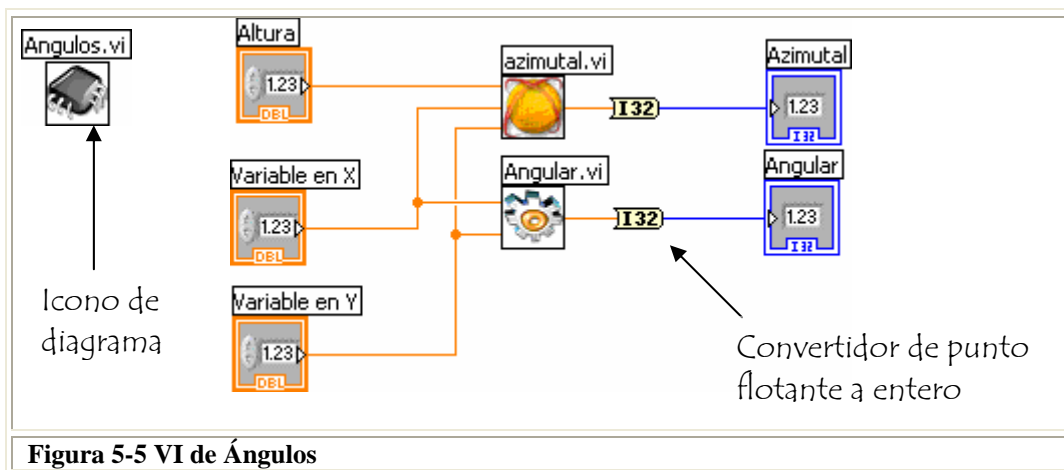


Figura 5-4 Acondicionamiento de señales de posición

Primero se hace una compensación para que el valor inicial sea cero, si recordamos el Capítulo 4 para el sensor del movimiento angular el valor inicial sería 0.5volts y para el sensor del movimientos angular era de 2.09 volts. Posteriormente se hace la regla de 3 para que el rango de valores característicos estén en el rango deseado, para el movimiento angular es de 0° a 360° y para el movimiento acimutal es de 0° a 90°.

## 5.2 Generador y selección de ángulos

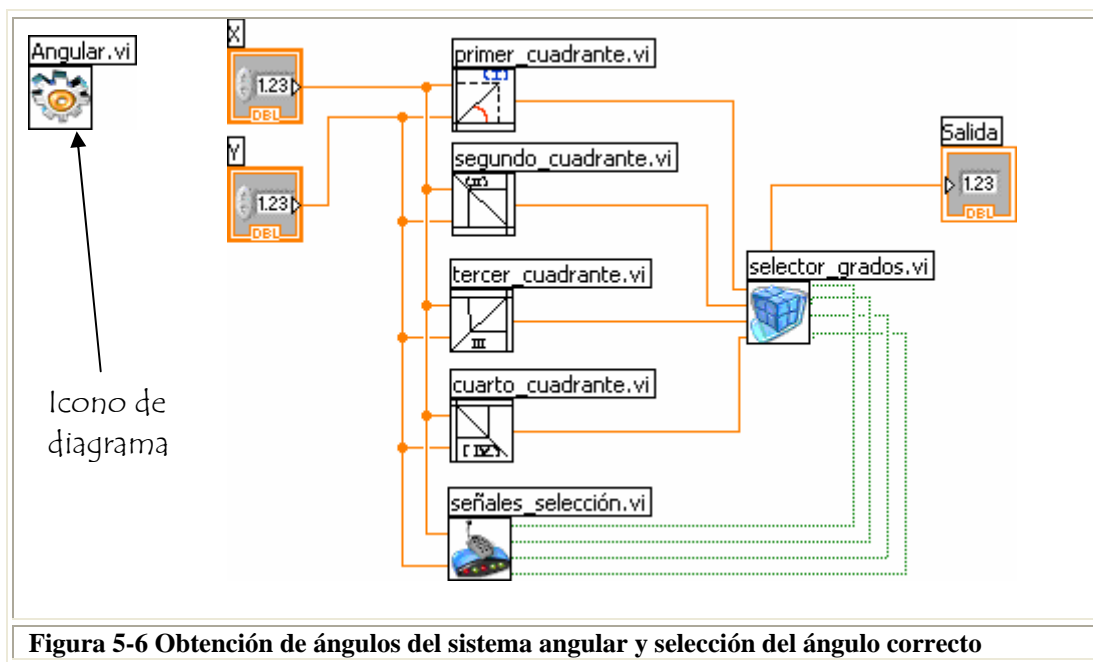
Este VI es el encargado de generar los ángulos necesarios para el control del sistema mecánico, toma los datos introducidos por el usuario, calcula los valores exactos con las formulas descritas en el Capítulo 3, selecciona el ángulo correcto y lo despliega para su uso posterior. La Figura 5-5 muestra su estructura.



Como se puede observar, tiene dos SubVI's, uno corresponde al generador de ángulos para el movimiento acimutal y otro para el movimiento angular. Cuenta también con un convertidor de punto flotante a enteros. Ya que todos los ángulos se generaron con punto flotante, esta conversión se hace para hacer más preciso el control. A continuación se explican cada uno de los VI's involucrados en este apartado

### 5.2.1 Angular

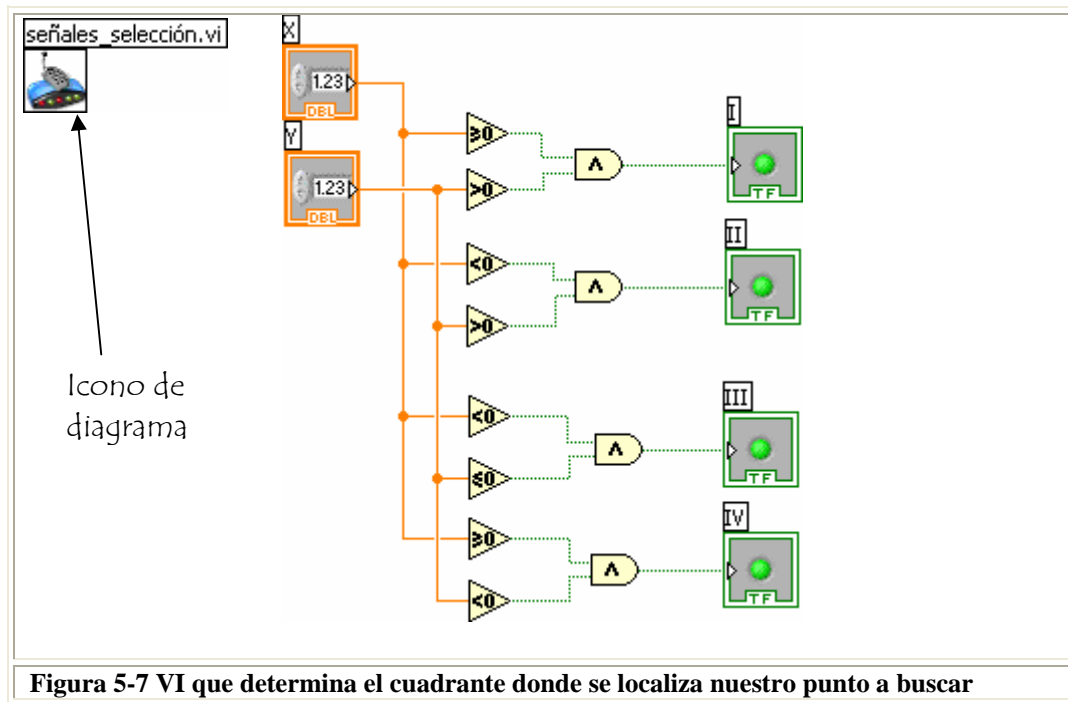
En este VI los valores de X y Y dados por el usuario son enviados a cada uno de los SubVI's para determinar los ángulos, también entran a un SubVI para generar una lógica de control que seleccionará el cuadrante al que pertenecen las coordenadas en X y en Y dadas por el usuario. De los ángulos generados sólo uno es correcto, pues es el correspondiente al cuadrante donde se localiza el punto a buscar. Posteriormente todos los ángulos calculados y la lógica de control entran a un SubVI encargado de seleccionar el ángulo correcto. La Figura 5-6 muestra este diagrama.



Los SubVI encargados de los ángulos contienen las ecuaciones correspondientes a las descritas en el Capítulo 3, con sus respectivas compensaciones.

### 5.2.1.1 Señales de control para seleccionar ángulo

Este VI se encarga de generar 4 señales del tipo digital que posteriormente servirán para seleccionar el ángulo correcto, su diagrama se muestra en la Figura 5-7.



Aquí las coordenadas XY que dio el usuario entran a una serie de comparadores, los valores se comparan con respecto a 0, dependiendo de cada caso el comparador tiene como salida, ya sea falso o verdadero. Estos valores entran a una compuerta AND, así si ambos casos se cumplen sabemos a que cuadrante se refiere. Esta lógica sigue las condiciones establecidas en el Capítulo 3, en el punto 3.1.4. La Tabla 5-2 muestra estas condiciones, con sus respectivos valores lógicos. El primer caso es para puntos donde las ecuaciones se indeterminan, debido a que se hizo una división con cero. En otras palabras cuando el valor de X es igual al del origen.

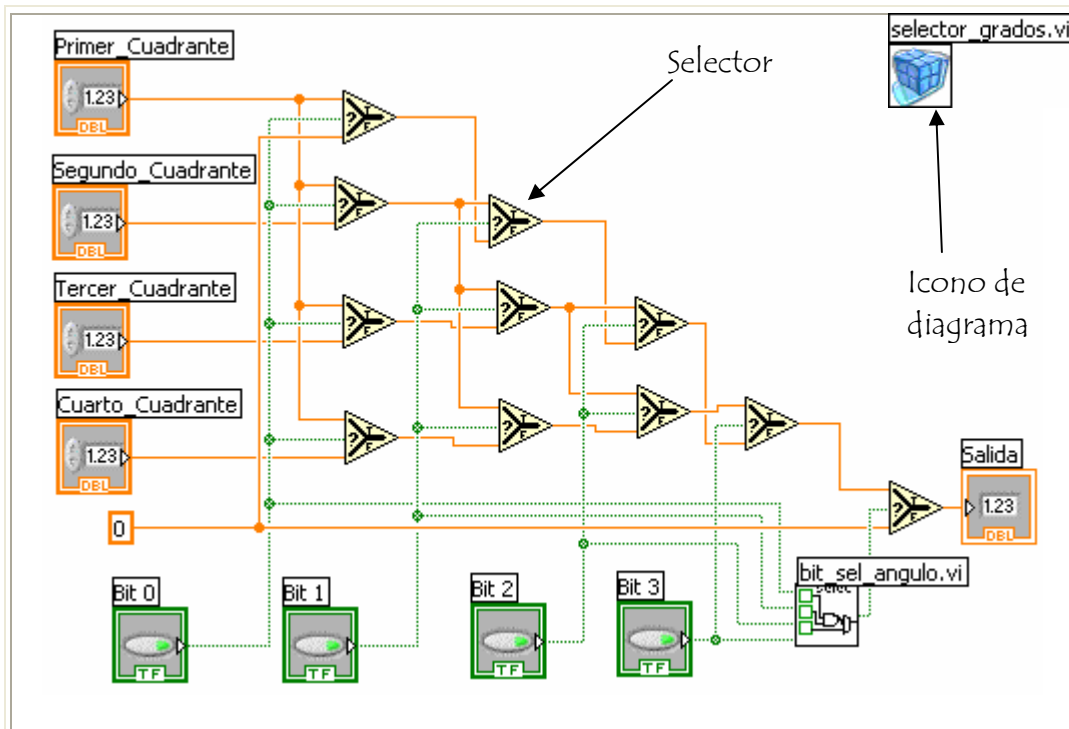


**Tabla 5-2** Tabla de valores Lógicos correspondientes para cada cuadrante

Condicionales	Lógica de control para cuadrante I, II, III, IV
$X \geq 0 = Y \rightarrow \alpha = 0^\circ$	0, 0, 0, 0
$X \geq 0 > Y \rightarrow 0^\circ > \alpha \leq 90^\circ$	1, 0, 0, 0
$X < 0 > Y \rightarrow 91^\circ > \alpha < 179^\circ$	0, 1, 0, 0
$X < 0 \leq Y \rightarrow 180^\circ \geq \alpha \leq 269^\circ$	0, 0, 1, 0
$X \geq 0 < Y \rightarrow 270^\circ > \alpha < 360^\circ$	0, 0, 0, 1

### 5.2.1.2 Selector del ángulo Correcto

Este VI es muy simple, cuenta con una herramienta virtual llamada “selector” que a modo de buffer dejar pasar un dato, sólo se hizo un arreglo de estos dispositivos y se conectaron como se muestra en la Figura 5-8.



**Figura 5-8** VI para determinar el ángulo correcto

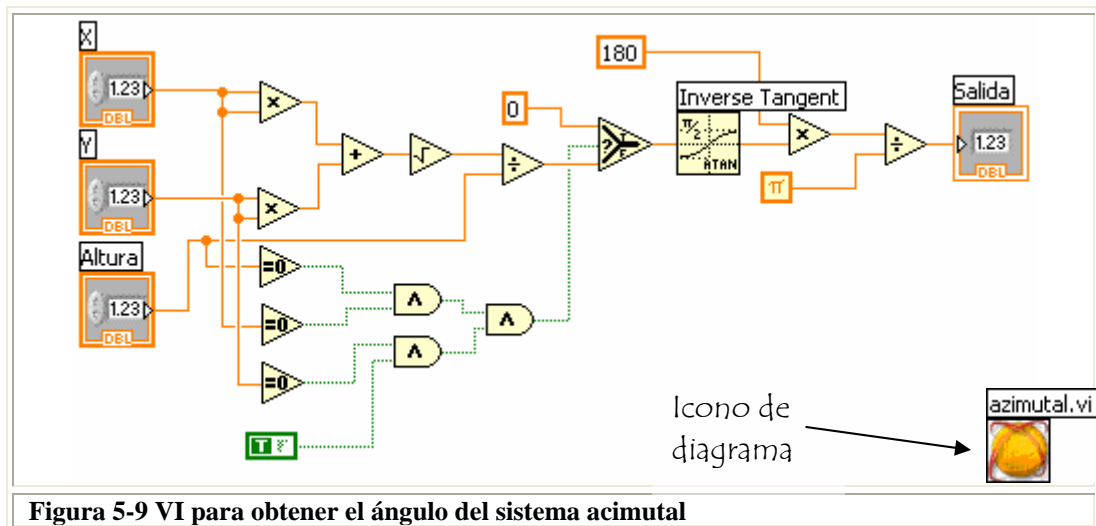
Como se puede observar en el diagrama el “selector” tiene dos entradas para los datos y una entrada de tipo digital, si el valor digital es verdadero deja pasar el dato de su entrada superior, si el valor es falso deja pasar el dato de la entrada inferior. Si lo comparamos con la tabla 5-2 el dato a la salida será el correspondiente al ángulo del cuadrante correcto. El último “selector” del diagrama a bloques es controlado por otro SubVI, este dispositivo virtual funciona a base de compuertas lógicas, se utiliza para casos donde el ángulo es indeterminado, así que pone un cero a la salida. El arreglo de compuertas lógicas sigue la siguiente ecuación de max-terminos.

$$A' \cdot B' \cdot C' \cdot D + A' \cdot B' \cdot C \cdot D' + A' \cdot B \cdot C' \cdot D' + A \cdot B' \cdot C' \cdot D' = Y$$

Si observamos la ecuación es correspondiente a cada uno de los casos lógicos especificados en la tabla 5-2, exceptuando al caso “0000”. De esta forma, cuando no se cumple ninguno de los casos descritos por esta ecuación la salida es igual a 0.

### 5.2.2 Acimutal

Para determinar este ángulo el VI correspondiente toma las coordenadas dadas por el usuario con los instrumentos externos y la altura, recordemos que en el Capítulo 3 se describen las formulas para determinar este ángulo. Este VI es más sencillo que el utilizado para determinar el ángulo del movimiento angular. La Figura 5-9 muestra el diagrama a bloques de esta arquitectura.



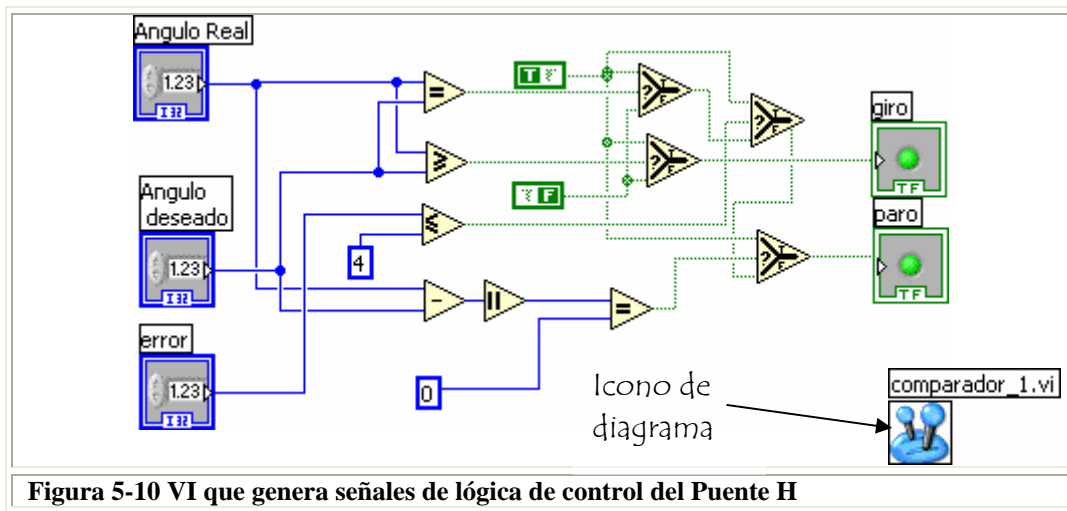
**Figura 5-9 VI para obtener el ángulo del sistema acimutal**

Los comparadores que se utilizan en este VI es para cuando se inicializa el programa, las coordenadas iniciales y la altura son igual a cero, es este caso el ángulo acimutal es de 90°. En este caso el sistema monitorea objetos que se encuentren a su alrededor. Para entender mejor esto imaginemos que funciona como el periscopio de un submarino, en otras palabras matamos el ángulo acimutal y se utiliza únicamente el angular.

### **5.3 Comparador para señales de Puente H y control de velocidad del motor**

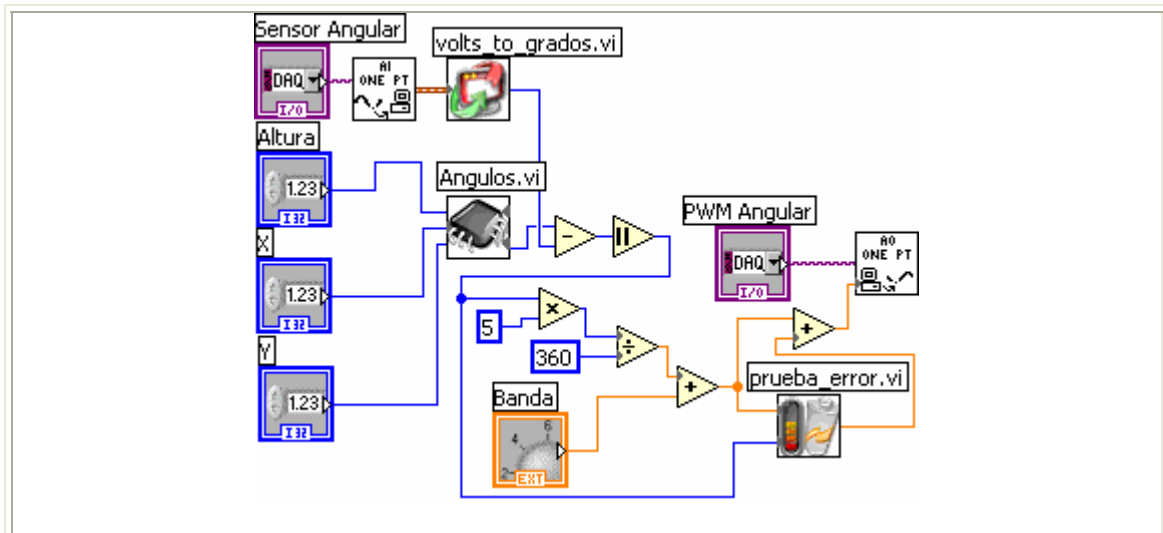
El Objetivo de este SubVI es mandar el bit de giro para el motor, así como el bit de paro cuando se a llegado al punto deseado, para esto tenemos como variables de entrada el ángulo adquirido por la tarjeta de adquisición de datos o el ángulo real y el ángulo generado como valor deseado la diferencia entre ambos puntos es el error del sistema.

La Figura 5-10 muestra el Diagrama de bloques de este elemento.



**Figura 5-10 VI que genera señales de lógica de control del Puesto H**

Como se mencionó en un principio la velocidad del motor se iba a controlar con un PWM, que iba a ser manipulado por una señal de Voltaje de DC. El error de nuestro sistema es representado por esta señal de control. Conforme el sistema se acercase más al punto deseado el PWM disminuiría su ancho de pulso. Esto se logró con una simple rutina dentro del VI principal. Primero haciendo la diferencia entre el punto deseado y el punto real, para no tener problemas con números negativos se paso por una función de valor absoluto. Como la diferencia se realizó directamente con los valores de los ángulos se tuvo que hacer un acondicionamiento para poder desplegar la señal en volts. El voltaje se mando a los canales analógicos de salida de la tarjeta de National Instruments. La Figura 5-11 muestra un fragmento del VI principal donde se realizan estos procesos.



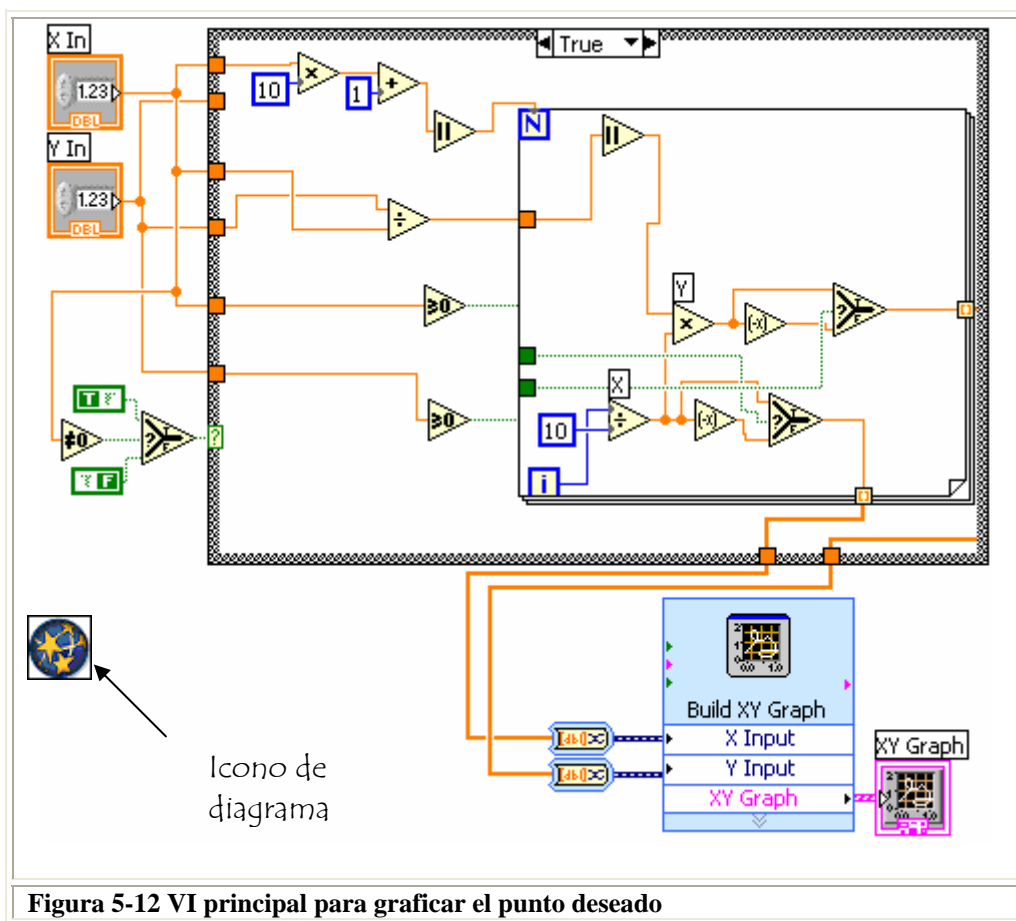
**Figura 5-11** Fragmento del Diagrama de bloques del VI principal, encargado de generar la señal de DC para controlar el PWM.

Como podemos observar en la figura se toman los valores del VI “Ángulos” y los datos provenientes del sensor montado en la planta, este fragmento se encarga de desplegar el voltaje para el PWM de la parte angular del sistema, el correspondiente al sistema acimutal es completamente igual en funcionamiento, la única cosa que los diferencia es el VI prueba\_error que se muestra en la figura. Este SubVI se puso en este fragmento porque los cables del sistema acimutal así como los de la WebCam generan una resistencia al sistema angular cuando se tuercen. Lo único que hace es darle un pequeño aumento al ancho de pulso cuando este se está acercando al punto deseado.

#### **5.4 Plano coordenado XY**

LabVIEW cuenta con una herramienta que gráfica los puntos de una ecuación, sólo hay que dar los valores de X y Y, este elemento despliega en una grafica el punto al que se está refiriendo, para poder generar los puntos en el gráfico que aparece en la interfaz de usuario fue necesario generar todos los puntos existentes entre el punto deseado y el origen, para esto se utilizó la ecuación de una línea recta que pasa por el origen con pendiente variable, que es  $X=mY$ , contando con los valores iniciales de X y Y se determinó la pendiente de X y se ingreso en un ciclo For, el numero de veces que se va

a repetir el ciclo es equivalente al número de X, de esta manera tendremos todos los puntos desde el origen hasta el punto, tomando como referencia X, después para determinar Y según la ecuación se multiplica el valor de la pendiente por el número de la iteración en que se encuentra el Ciclo For, en cada iteración se mandan los valores obtenidos al generador de gráficos. El VI para generar la grafica funciona muy bien para todos los puntos exceptuando aquellos en los que el valor de la X es igual a cero. Puesto que al determinar la pendiente el valor de esta se indefine. Para resolver este problema y poder graficar todos los puntos se utilizó un Ciclo Case, controlado por una señal digital, así cuando el valor de X es igual a cero el método para determinar los puntos en la gráfica cambia. Este VI se muestra en la Figura 5-12.



**Figura 5-12 VI principal para graficar el punto deseado**

### **5.5 Captura del video con LabVIEW**

Debido a que las herramientas de captura de video con LabVIEW son exclusivas de la versión profesional, se tuvo que recurrir a una VI diseñado por Peter Parente, en el que se basa en una librería, misma que el diseño, con las utilidades necesarias para capturar video desde una Webcam conectada al Puerto USB. El VI con su respectiva librería se descargaron de su página Web personal, donde las tiene para el uso público. Hay que agradecer la contribución que esta persona hizo para el proyecto. [9]