

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Introducción.

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos después de efectuar las pruebas sobre el programa *Control de Movimiento Empleando LabVIEW*, que se programaron para este trabajo.

Las pruebas realizadas a las acciones de control pueden ser utilizadas como ejemplo de prácticas que el usuario final puede realizar para comprobar que los resultados teóricos son similares a los resultados obtenidos en la práctica.

En la siguiente figura se muestran una foto del sistema con la etapa de acoplamiento. En ésta se puede observar el circuito para etapa de acoplamiento que llega antes de la tarjeta de adquisición de datos que están conectadas al motor. Se puede observar la tarjeta de adquisición de datos como un *block*, con varias entradas, todo este dispositivo está conectado a un conector que directamente está unido al CPU. En la etapa de acoplamiento se ve el circuito *PWM*, *Schmitt Trigger* y el puente H. Además en la parte superior se puede ver el motor que se está controlando con la tarjeta de adquisición de datos por medio de puertos de salida de la misma.

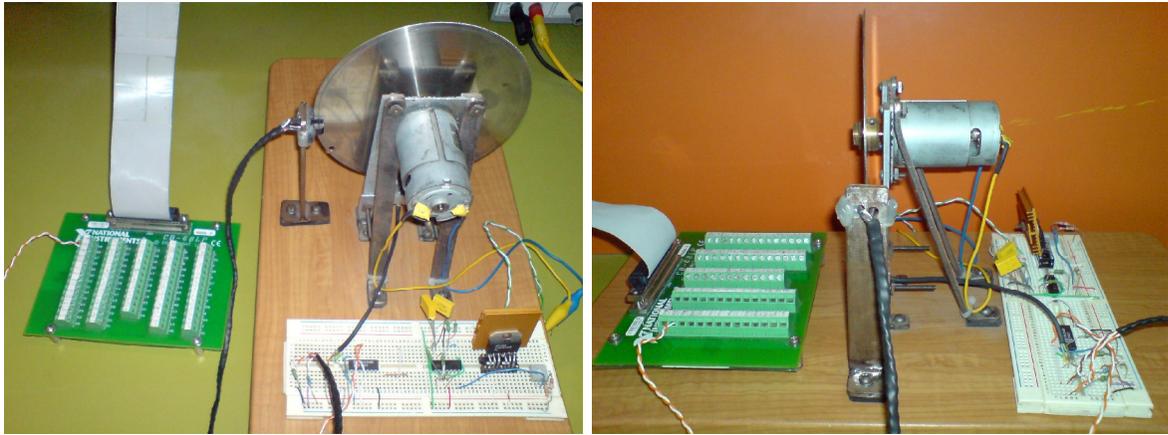


Figura 4.1 Fotos del Sistema con la etapa de acoplamiento y el *block* de la tarjeta de Adquisición de datos.

4.2 Acción de Control.

Para obtener los resultados de la acción de control se aplicó un ancho de pulso para el *PWM*. Las gráficas obtenidas representan la frecuencia, periodo y velocidad del disco, dependiendo del ancho del *PWM* se vera el aumento o disminución de la velocidad del disco. Esto se logro dependiendo del nivel del escalón que le estemos aplicando, si la amplitud del escalón es más grande, el ciclo de trabajo será más amplio, por lo tanto el disco tendrás más velocidad. El ancho de banda depende directamente del control PID que esta controlado por el voltaje que le demanda a la salida de la tarjeta de adquisición de datos.

En la siguiente figura se observa que sometemos al *PWM* a un pulso unitario con un parámetro del 20%, con la característica particular en la que carece de las constantes de control integral y derivativo, por lo que tiene un sobre impulso rápido pero inestable. Como se observa el sistema se encuentra con una inestabilidad causada por las oscilaciones que ocurren, y esto también es manifestado en la señal de salida normalizada que esta manifestando de forma real a la planta.

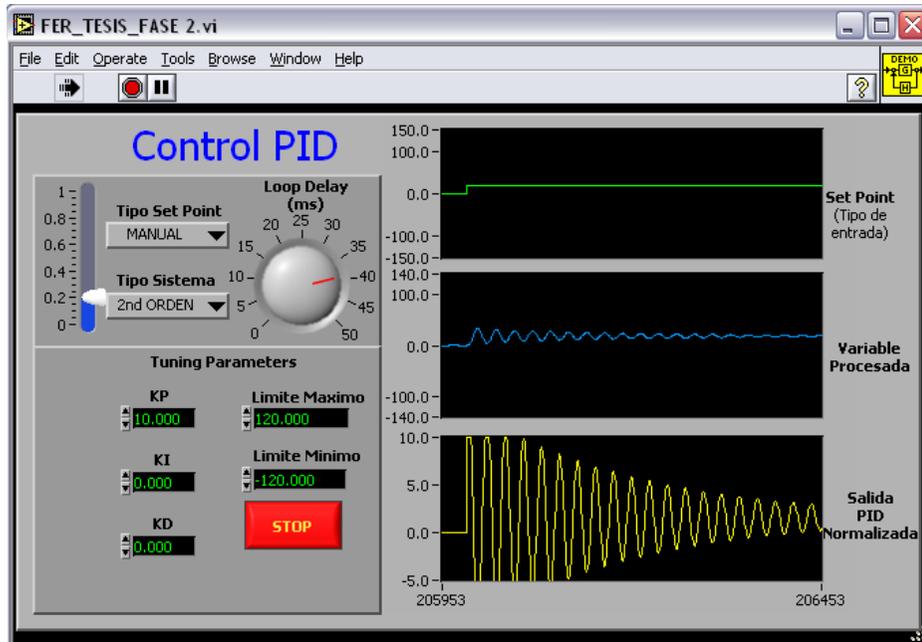


Figura 4.2 Movimiento del Disco con un *PWM* de 20% sin constantes *KI* y *KD*.

Las siguientes gráficas representan el movimiento del disco con el ancho de pulso del *PWM* depende de la posición que se le ponga el la modalidad en manual con las constantes correspondientes para que el sistema sea estable a la que se mostrara a continuación.

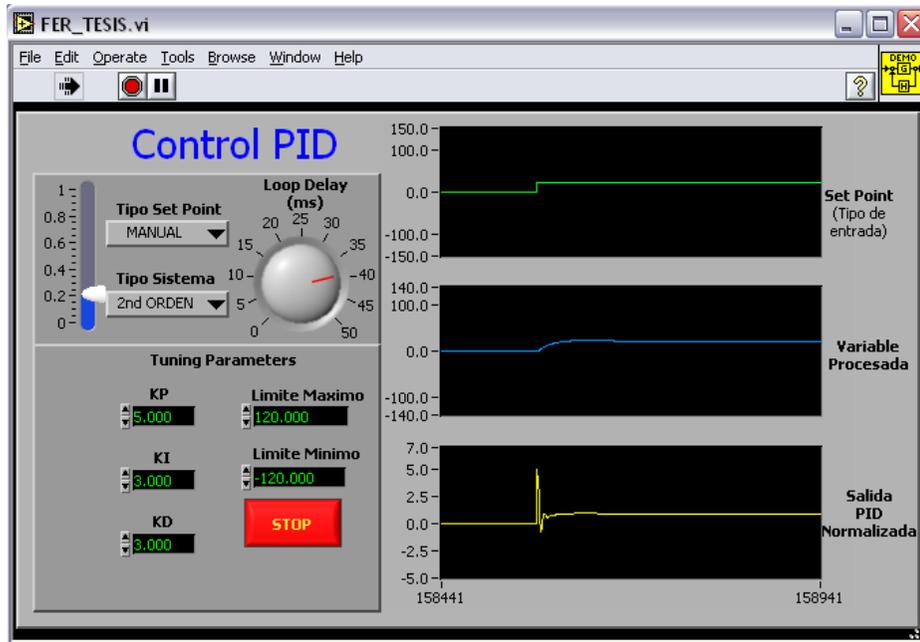


Figura 4.3 Movimiento del Disco con un *PWM* de 20%.

En la figura anterior se puede observar que se escogió el control PID y se enviaron los parámetros de *PWM* de 20% lo cual muestra que su sobre impulso no se vera muy prolongado, así como también en su velocidad como mostraremos de forma siguiente. El resultado fue el la velocidad al 20% del disco desde la posición 0 RPM hasta al rededor de 750 RPM aproximadamente, en sus equivalentes en frecuencia a 12.04 Hz o 0.083 seg. como periodo. En este caso los tiempos y el máximo sobre impulso que describe en la segunda gráfica y en la tercera la como se comporta de forma normalizada. El tiempo de estabilización depende de la constante de *Loop Delay* que es una perilla de forma redonda que tiene como parámetros de 0 a 50 mseg, entre tengamos más tiempo de *Delay* el procesamiento de la señal de entrada será mejor, y por lo tanto se estabilizara de forma más exacta, por que el programa tiene más tiempo para procesar los elementos que va a calcular.

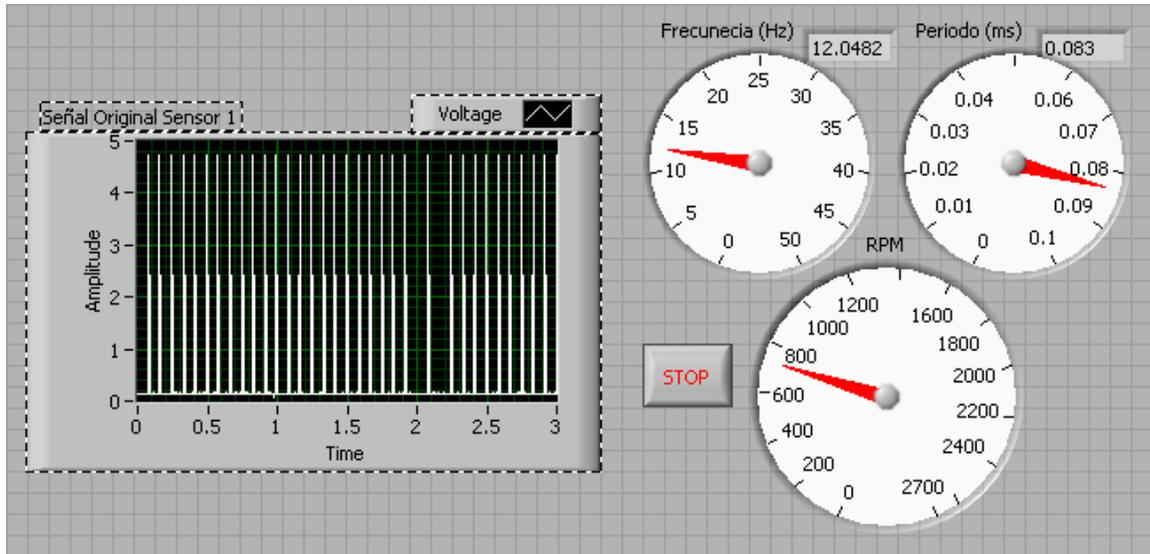


Figura 4.4 Muestreo del disco por el DAQ con un *PWM* al 20%.

En la figura pasada se muestra los indicadores de frecuencia, periodo y velocidad del sensado del disco, así como también la gráfica del muestreo de la tarjeta de adquisición de datos en forma real para un *PWM* al 20%.

Y a continuación se muestra una figura similar pero con la diferencia que la gráfica del muestreo de la tarjeta de adquisición de datos se ve procesada. Esto quiere decir, que por programación el muestreo se sometió a una etapa de comparación y de *Schmitt Trigger*, para poder eliminar el ruido que se presenta de forma real provocado por el motor, así sacar el pulso lo más puro posible, que previamente estaba acoplado a una etapa de eliminación de señales negativas, esto se logro con un integrado *Schmitt Trigger* para que en forma de hardware nos diera la señal del pulso más integra, para que sea un pulso digital y facilitáramos la medición de la velocidad del disco.

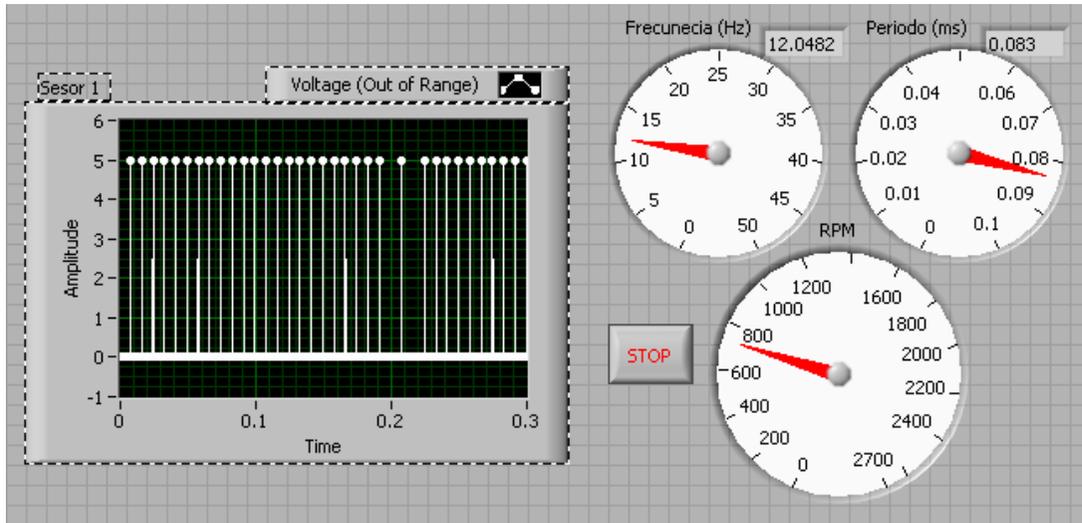


Figura 4.5 Muestreo del disco por el DAQ ya procesada por el LabVIEW del para un PWM al 20%.

Ahora vemos la comprobación del muestreo de la tarjeta de adquisición de datos con el osciloscopio, para verificar que son aproximadamente iguales las muestras que se hacen cuando el disco esta en ciclo de trabajo de PWM al 20%.

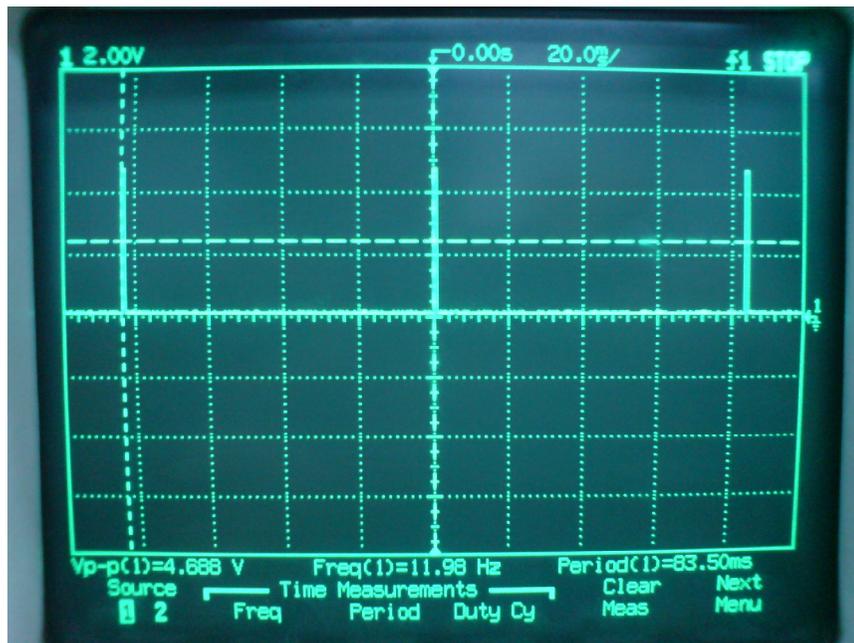


Figura 4.6 Medición de la señal con el osciloscopio con un PWM al 20%.

Para la siguiente figura, se muestra el ejemplo para una velocidad al 60%; donde se hace un impulso de 0 al 60% del ciclo de trabajo del *PWM* con la que carece de las constantes de control integra y derivativo, por lo que tiene un sobre impulso rápido pero inestable. Como se observa el sistema se encuentra con una inestabilidad causada por las oscilaciones que ocurren, y esto también es manifestado en la señal de salida normalizada que esta manifestando de forma real a la planta.

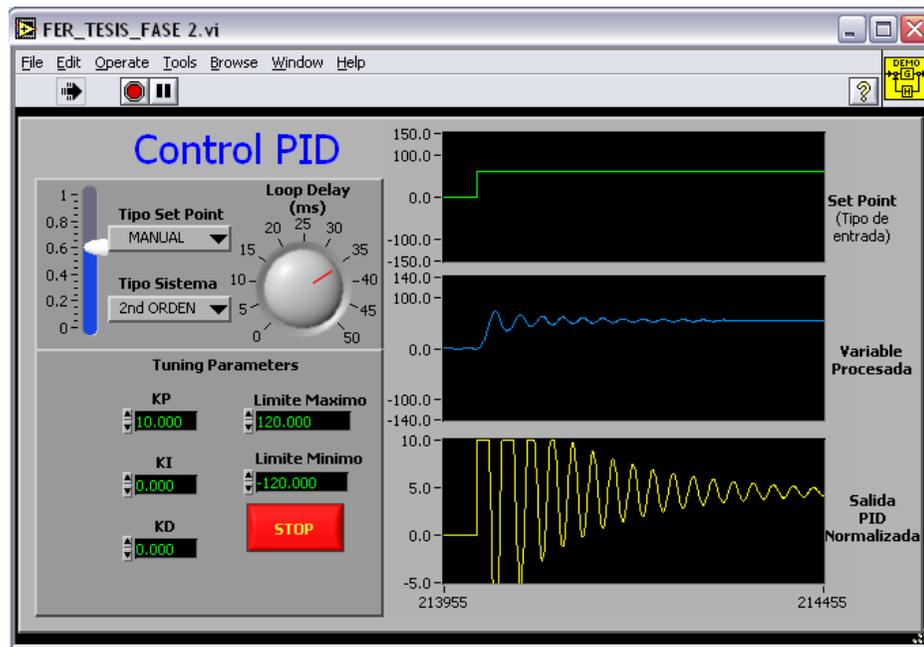


Figura 4.7 Movimiento del Disco con un *PWM* de 60% sin constantes *KI* y *KD*.

En la figura anterior se observa que tenemos una constante de proporción de 10, pero las constantes de derivación e integración están en 0, por lo que si inestabilidad es notable, y es notable en la conducta del motor cuando recibe la señal de salida normalizada.

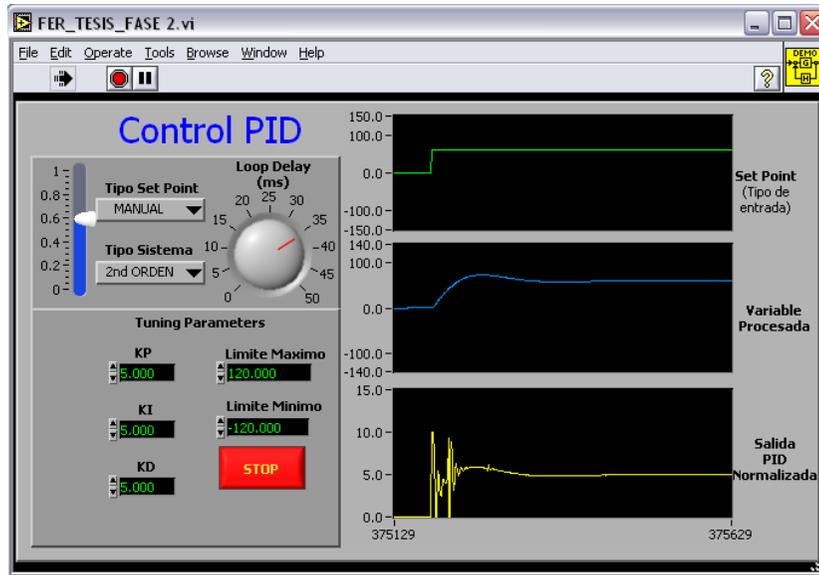


Figura 4.8 Movimiento del Disco con un *PWM* de 60%.

Para la figura siguiente mostramos la velocidad al 60% sin meter la programación para quitar el ruido del motor del disco. Esta acción de control inicia desde la posición 0 RPM hasta las 1700 RPM aproximadamente, en sus equivalentes en frecuencia a 28.57 Hz. o 0.035 seg. en su periodo.

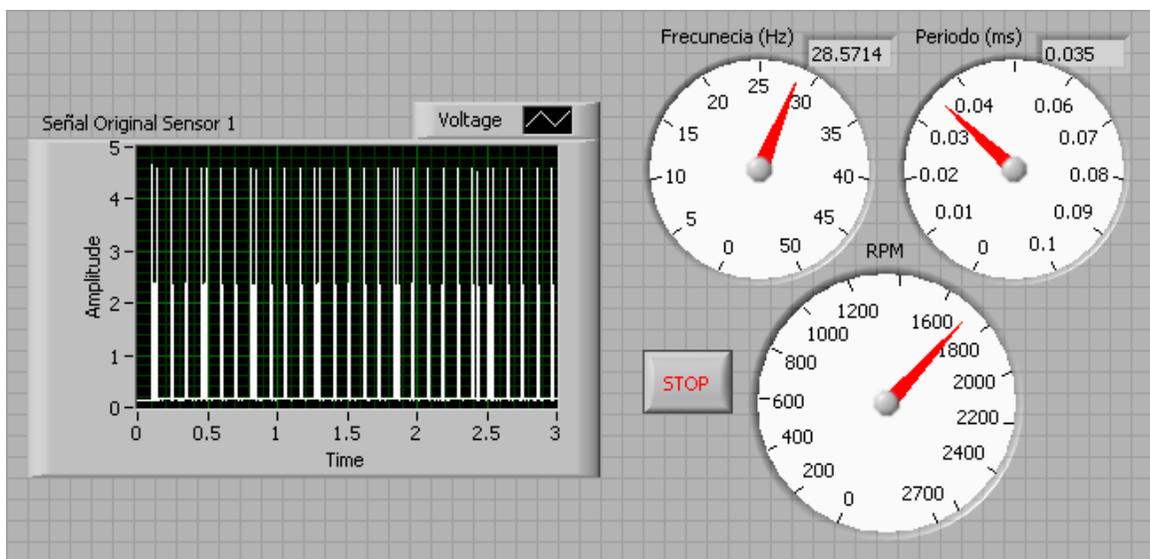


Figura 4.9 Muestreo del disco por el DAQ con un *PWM* al 60%.

Ahora se muestra la figura con la parte en donde carece de ruido, para que la señal sea limpia, tenga una frecuencia constante, las mediciones sean más exactas y el velocímetro haga su trabajo de forma correcta.

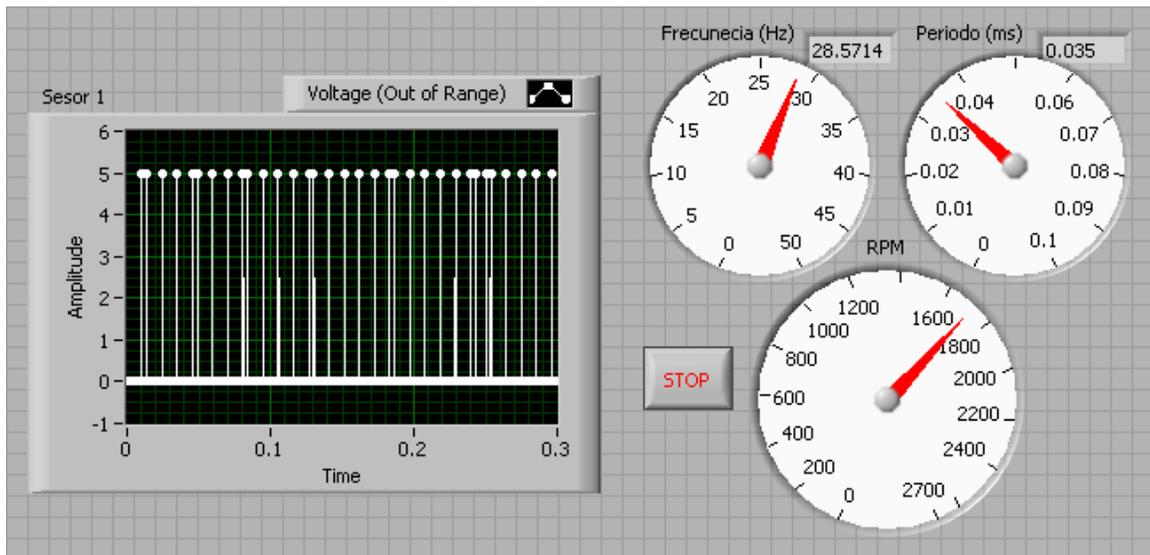


Figura 4.10 Muestreo del disco por el DAQ ya procesada por el LabVIEW del para un PWM al 60%.

Con su comprobación del muestreo de la tarjeta de adquisición de datos con el osciloscopio, para verificar que son aproximadamente iguales las muestras que se hacen cuando el disco esta en ciclo de trabajo de PWM al 60%.

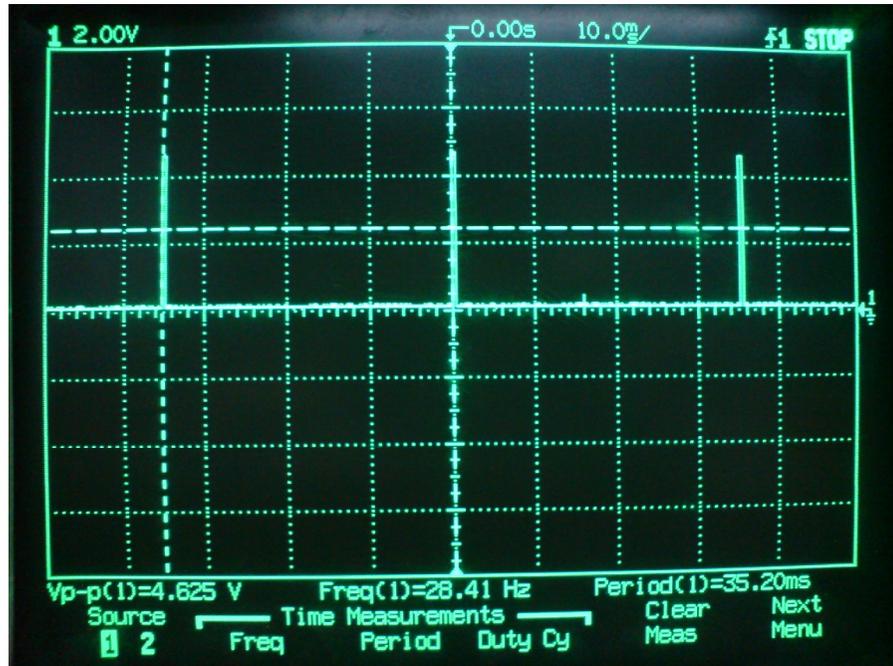


Figura 4.11 Medición de la señal con el osciloscopio con un PWM al 60%.

En la figura siguiente se observa que tenemos una constante de proporción de 10, pero las constantes de derivación e integración están en 0, por lo que la inestabilidad es notable, lo que afecta la conducta del motor cuando recibe la señal de salida normalizada a un ciclo de trabajo del 90%.

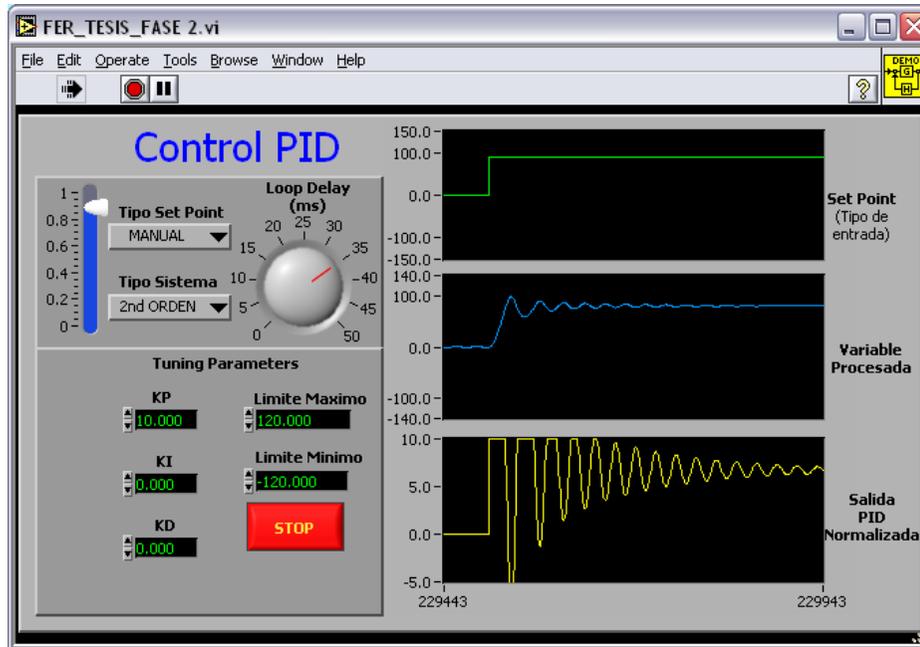


Figura 4.12 Movimiento del Disco con un *PWM* de 90% sin constantes *KI* y *KD*.

Finalmente mostramos el muestreo para un ciclo de trabajo de *PWM* de 90%, aplicando un impulso desde 0 hasta el 90%. En la gráfica se muestra las variaciones que hay cuando se da un impulso más grande, y todas las fluctuaciones que hace. Para todas las pruebas que se muestran, la constante de proporción (K_p), constante de integración (K_i) y la constante de derivación (K_d), se mantuvieron constantes para que se notara la diferencia, sobre todo en la velocidad del disco, para diferentes ciclos de trabajo. Físicamente también se logra observar la diferencia de velocidades, aunque no sea de forma notable.

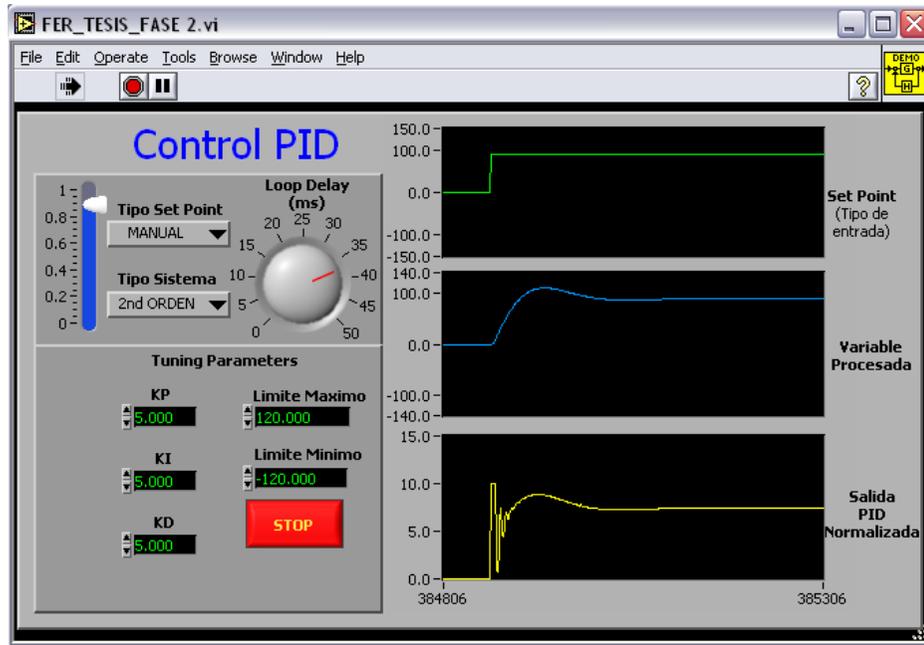


Figura 4.13 Movimiento del Disco con un *PWM* de 90%.

Para la figura siguiente mostramos la velocidad al 90% sin meter la programación para quitar el ruido del motor del disco y la señal llegue más pura. Esta acción de control inicia desde la posición 0 RPM hasta las 2500 RPM aproximadamente, en sus equivalentes en frecuencia a 41.66 Hz. o 0.024 seg. en su periodo.

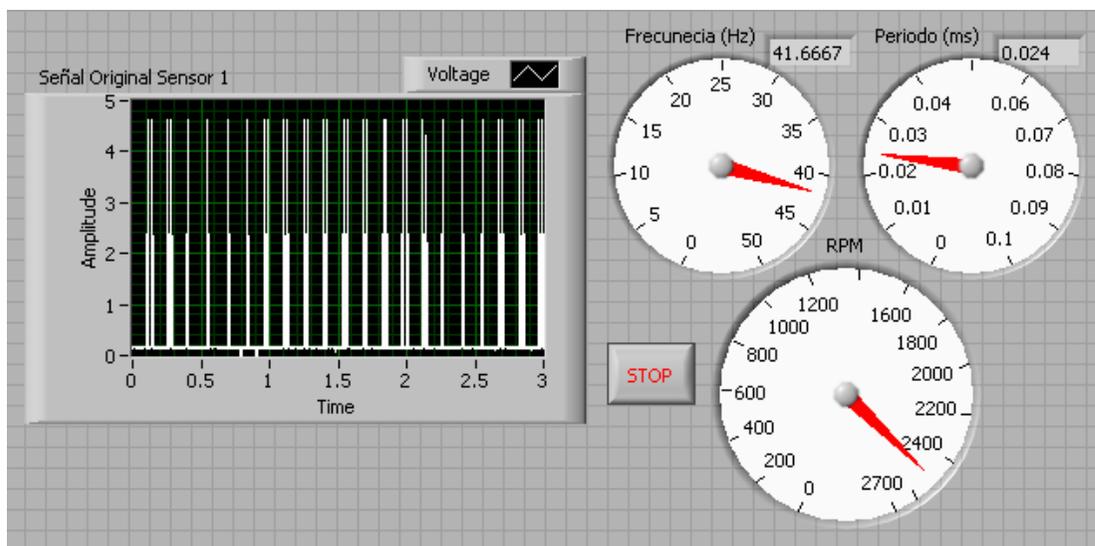


Figura 4.14 Muestreo del disco por el DAQ con un *PWM* al 90%.

En la figura siguiente se muestra la parte en donde carece de ruido, para que la señal sea limpia, tenga una frecuencia constante, las mediciones sean más exactas y el velocímetro haga su trabajo de forma correcta.

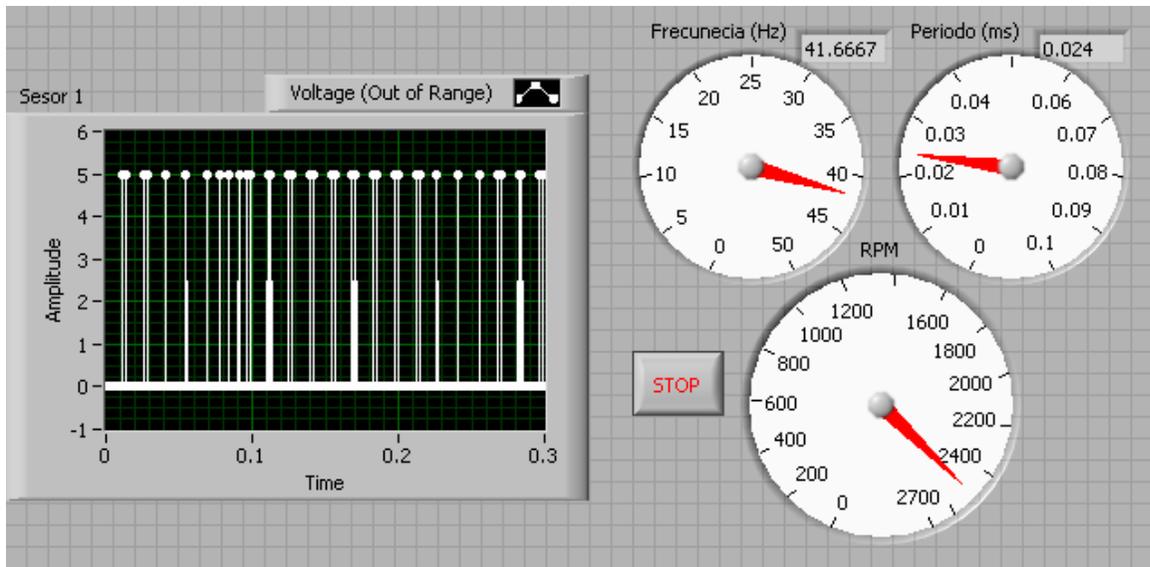


Figura 4.15 Muestreo del disco por el DAQ ya procesada por el LabVIEW del para un PWM al 90%.

Su comprobación del muestreo de la tarjeta de adquisición de datos con el osciloscopio, para verificar que son aproximadamente iguales las muestras que se hacen cuando el disco esta en ciclo de trabajo de PWM al 90%.

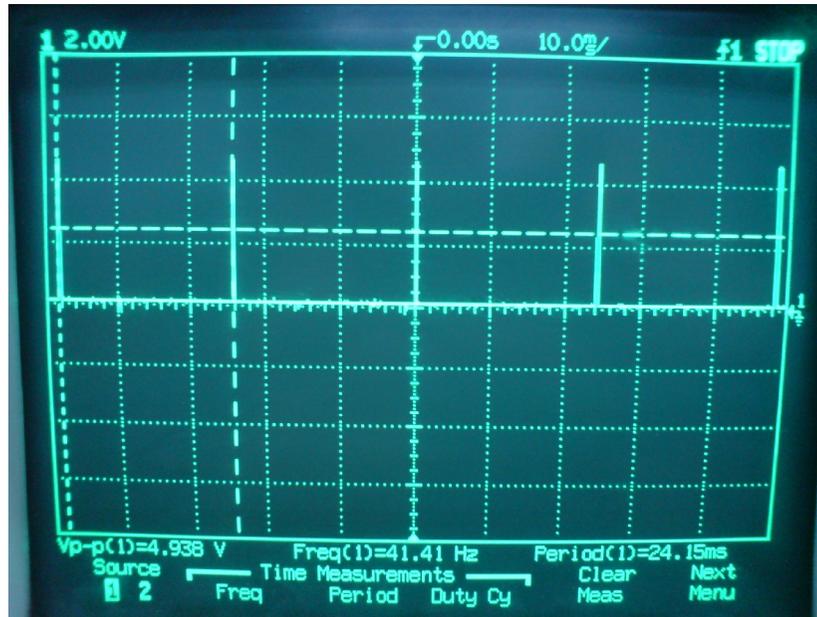


Figura 4.16 Medición de la señal con el osciloscopio con un PWM al 90%.

A continuación se muestran las características del sistema con los diferentes valores de *PWM*.

PWM %	Frecuencia del DAQ Hertz (Hz)	Periodo de tiempo del DAQ (seg.)	Frecuencia Osciloscopio Hertz (Hz)	Periodo de Osciloscopio tiempo real (mseg.)	Velocidad angular (RPM)
20	12.04	0.083	11.98	83.50	750
60	28.57	0.035	28.41	35.20	1700
90	41.66	0.024	41.41	24.15	2500

Tabla 4.1. Resultados para la Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ) y el Osciloscopio.

Al comparar los valores de la frecuencia del pulso alrededor de la de los diferentes ciclos de trabajo, se puede observar que la frecuencia con distinto *PWM* para la tarjeta de adquisición de datos es aproximadamente igual a la frecuencia que muestra el osciloscopio. Debido a que el DAQ tiene un muestreo de señal casi a la misma velocidad a la que detecta el osciloscopio. El motor al ser alimentado con el 90% del ciclo de trabajo *PWM*, trabaja

con la potencia máxima que puede demandar. Es imposible demandar más porcentaje de ciclo de trabajo por que el PWM se satura, por lo que la conmutación desaparecería y entraría en forma directa. En este sistema no se cuenta con error por que el control de velocidad depende directamente del usuario, que quiera aumentar o disminuir velocidad que así lo desee. El sentido del disco que gira a favor o en contra de la manecillas del reloj esta predeterminado por medio de hardware, esto se hace por la polarización a la que este el puente H, ya sea que este en 5 Volts o a 0 Volts. No es posible hacer que el motor gire en sentido contrario inmediatamente, se tiene que cambiar la polarización del puente H y así el motor invierta su giro.

4.3 Acción de Control con Distintas Entradas.

En esta parte hablaremos del comportamiento de la señal de salida procesada y normalizada para diferentes tipos de entrada a la que es sometida la planta. A continuación se observa que al escoger otro tipo de entrada a procesar, el control manual es desactivado, por lo que la señal de entra es seleccionada en el selector de “*Tipo de Set Point*”, que en este caso fue el de *SQUARE* que significa una señal cuadrada. La variable procesada no tiene constantes de derivación e integración, por lo que la señal tiene segmentos en que es inestable y trata de ser lo mas cuadrada posible a dicha señal. Si en el caso que tuvieran las constantes con la misma unidad que la de proporción, trataría de ser cuadrada la variable procesada. Esto no podría ser exactamente cuadrada por que a pesar de constates, excite una cierta inestabilidad, por que ningún sistema puede ser del todo estable. Estos resultados en la salida de la variable procesada, se manifestaran de igual forma para cualquier señal de entrada que se le ponga, ya sea senoidal, triangula, diente de sierra, etc., que veremos más adelante.

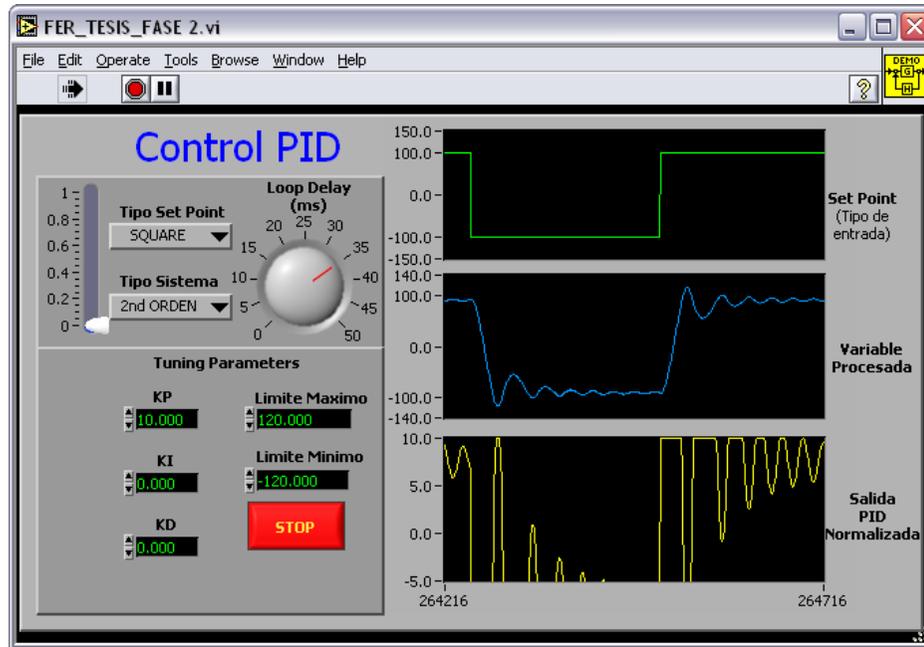


Figura 4.17 Movimiento del motor sometido con una entrada cuadra.

A continuación se muestra la figura con la parte en donde se le aplica una señal diente de sierra en la entrada del sistema, como podemos observar es el mismo caso para la señal cuadrada, el programa si percibe la inestabilidad, aunque no tenga un impulso como tal, el programa trata de logra la estabilidad del sistema.

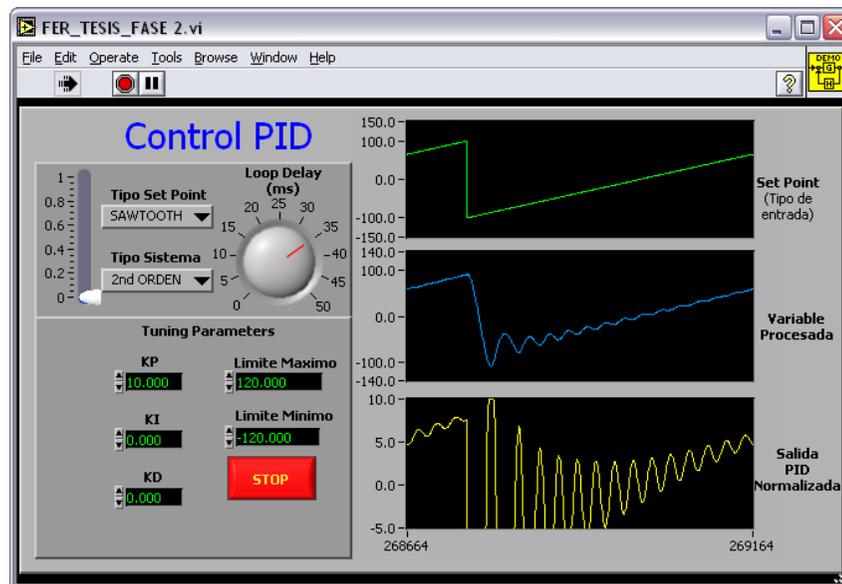


Figura 4.18 Movimiento del motor sometido con una entrada diente de sierra.

La siguiente figura se muestra en donde se le aplica una señal triangular en la entrada del sistema, como podemos observar es un caso muy similar a los anteriores, el programa si percibe la inestabilidad, pero de forma menor, por lo que se observa la señal procesada es casi igual a la señal de entra, solo por mínúsculas variaciones, pero para la señal de salida normalizada esta variaciones si son notables.

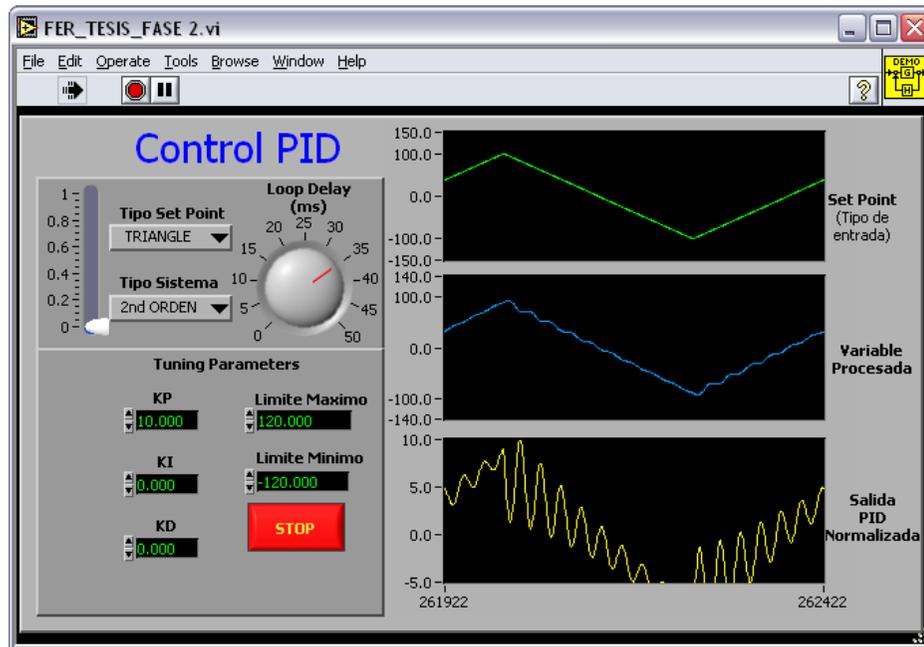


Figura 4.19 Movimiento del motor sometido con una entrada triangular.

Ahora se muestra la figura con la parte en donde se le aplica una señal senoidal en la entrada del sistema, como podemos observar el programa no le da tiempo de verse la inestabilidad, por que no tiene un impulso y eso hace que sea variable.

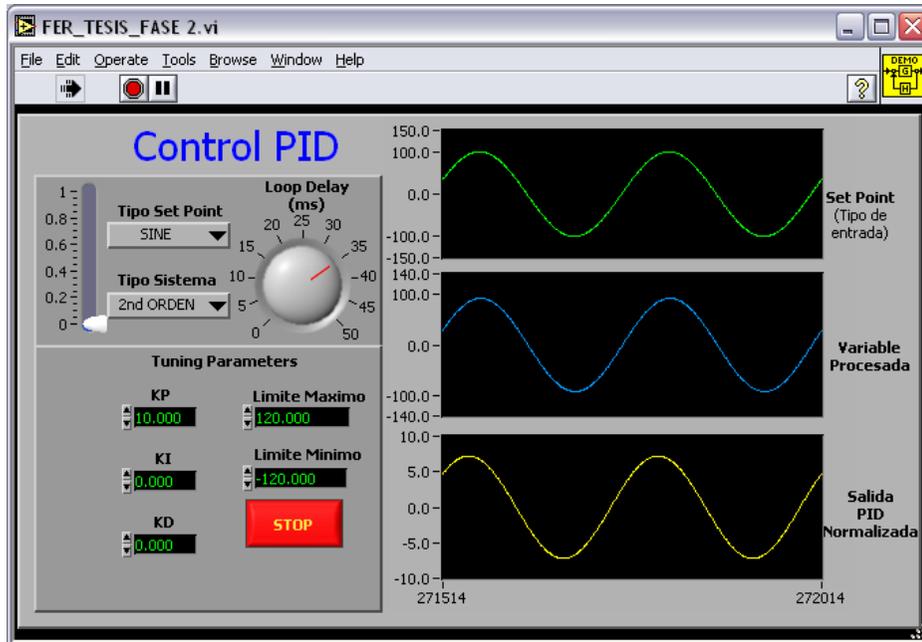


Figura 4.20 Movimiento del motor sometido con una entrada senoidal.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.