



ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

UNIVERSIDAD DEL VALLE

LABORATORIO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL

AREA DE AUTOMÁTICA

**MANUAL DE OPERACIÓN PARA CONTROL DE VELOCIDAD Y DE POSICIÓN DEL
SERVOMECANISMO UV UTILIZANDO STARTER**

ELABORADO POR:

RICARDO ANDRÉS PÉREZ GARCÍA

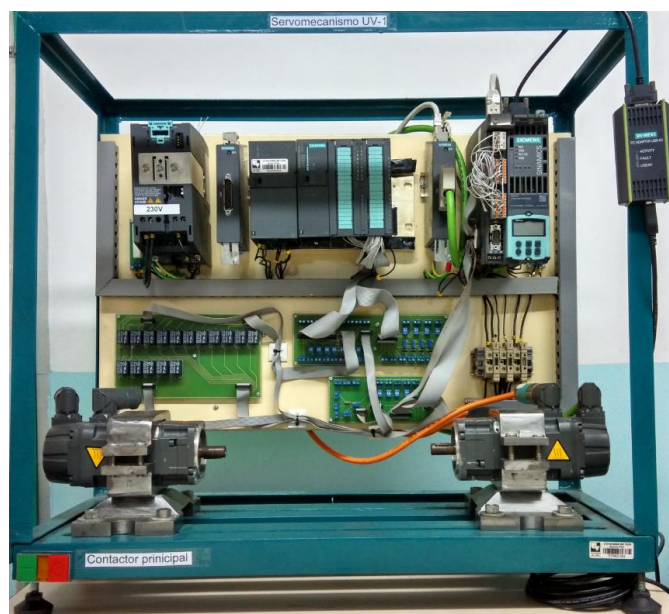


TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
1 CONTROL DE VELOCIDAD Y DE POSICIÓN DEL SINAMICS S110	4
2 CREACIÓN DE UN PROYECTO Y PUESTA EN MARCHA DEL SERVOMECANISMO UV UTILIZANDO STARTER	5
2.1 Creación de un proyecto.....	6
2.2 Guardar proyecto.....	17
2.3 Puesta en marcha para la regulación de velocidad.....	18
2.4 Puesta en marcha para el posicionador simple (regulación de posición)	22
2.4.1 Búsqueda del punto de referencia	22
2.4.2 Modo posicionar	25
3 MEDICIÓN Y EXPORTACIÓN DE DATOS.....	31
3.1 Medición	31
3.2 Exportación de datos	34
4 MODIFICAR LOS PARAMETROS DEL CONTROLADOR PI DE VELOCIDAD Y EL CONTROLADOR PI DE POSICIÓN	36
4.1 Regulador de velocidad PI 	37
4.1.1 Desactivar la acción integral Ti del regulador de velocidad  y modificar la ganancia de acción Kp.....	37
4.2 Regulador de posición PI 	39
4.2.1 Modificar la acción de ganancia Kv.....	39
5 DIAGRAMA DE BODE UTILIZANDO STARTER  PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD.....	41
BIBLIOGRAFIA.....	42

INTRODUCCIÓN

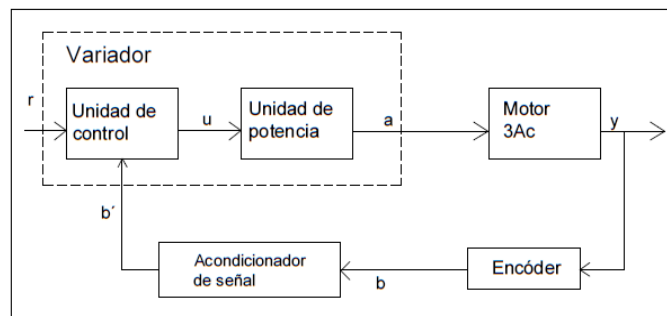
El servomecanismo UV es un banco marca Siemens que contiene componentes de características totalmente industriales, este banco permite desarrollar diferentes aplicaciones de carácter industrial con fines académicos. Un servomecanismo es un dispositivo (sistema) que se puede mover mecánicamente, al igual que los servosistemas involucra una serie de elementos de control y realimentación que busca controlar la salida del sistema, en este caso el movimiento que puede ser ejercido por lo general por motores de DC o de AC [1].

Este documento contiene el procedimiento básico para la puesta en marcha, medición y adquisición de datos para la regulación de velocidad con encóder y de regulación de posición del Servomecanismo UV, considerando los diferentes parámetros y características que se deben tener en cuenta para la correcta operación. La puesta en marcha utiliza como herramienta computacional o plataforma el programa STARTER, el cual permite configurar y parametrizar los diferentes componentes del servomecanismo en la unidad de control del accionamiento Sinamics S110.

1 CONTROL DE VELOCIDAD Y DE POSICIÓN DEL SINAMICS S110

El accionamiento Sinamics S110 permite controlar la variable de velocidad, la variable de posición y la variable de par en el motor síncrono 1KF7. La regulación de velocidad se puede configurar por dos etapas; la primera es la regulación de velocidad sin encóder la cual tiene una retroalimentación calculada por medio de un modelo interno del motor, y la segunda es la regulación de velocidad con encóder, la cual tiene una retroalimentación que utiliza los datos obtenidos por medio del encóder y el acondicionador de señal SMC20. La regulación de posición trabaja a partir de la regulación de velocidad con encóder, utilizando los datos obtenidos por el encóder y el acondicionador de señal como realimentación, esta regulación se activa por medio del módulo de función posicionador simple [1]–[3]. La figura 1 representa la bucla típica de realimentación del control de velocidad y de posición de este sistema empleando la regulación con encóder.

Figura 1. Bucla típica de realimentación del Servomecanismo UV utilizando el encóder



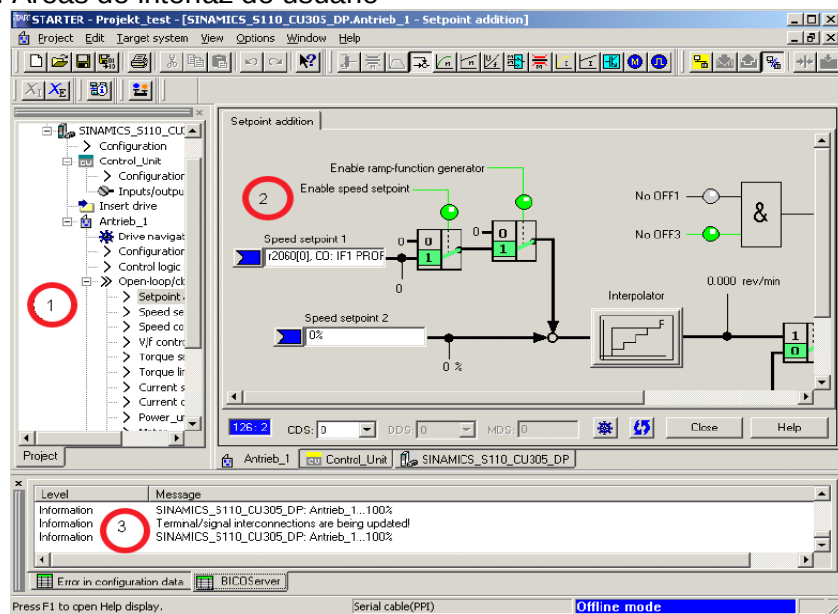
Una forma de configurar el servosistema, es por medio de un ordenador (PC) y el software STARTER de Siemens, dependiendo de la regulación que se tenga como objetivo, es posible modificar los parámetros establecidos en el software para cargarlos de manera pertinente en la unidad de control del accionamiento o variador. A continuación se presenta de forma detallada la creación de un proyecto online para la puesta en marcha del Servomecanismo UV utilizando la etapa de regulación de velocidad con encóder y regulación de posición (posicionador simple).

2 CREACIÓN DE UN PROYECTO Y PUESTA EN MARCHA DEL SERVOMECANISMO UV UTILIZANDO STARTER

La interfaz gráfica que tiene la plataforma STARTER (ver figura 2) está distribuida por lo general en tres áreas o zonas:

- Navegador de proyectos (área 1): En esta área se muestran los elementos y objetos que contiene el proyecto.
- Área de trabajo (área 2): En esta área se ejecuta la tarea para la creación del proyecto.
- Vista de detalles (área 3): En esta área se presenta la información detallada sobre fallos y alarmas.

Figura 2. Áreas de interfaz de usuario

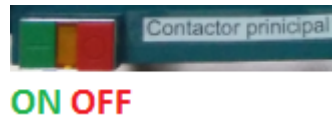


Antes de la configuración del accionamiento es necesario reconocer los componentes que conforman este servomecanismo y sus principales características técnicas, la referencia de los componentes empleados en este documento del servomecanismo UV, para la configuración del accionamiento Sinamics en la plataforma STARTER es:

- Unidad de control CU305 DP 6SL3 040-0JA00-0Axx.
- Unidad de potencia Module 340 6SL3210-1SB12-3Axx (240V AC).
- Motor síncrono 1KF7032-xAF2x-xxxx (3000 rev/min).
- Encóder 1K7xxx-xxxxx-xAxx (sen/cos incremental), 2048, 1Vpp.
- Acondicionador de señal SMC20
- Adaptador Simatic PC USB A2

Nota: Es necesario revisar las conexiones necesarias para su funcionamiento básico, como es la conexión a la red de energía, la conexión de comunicación del **adaptador Simatic PC USB** entre la unidad de control y el ordenador PC, además la conexión entre todos los componentes que conforman el sistema de regulación o servomecanismo como son los elementos de medición.

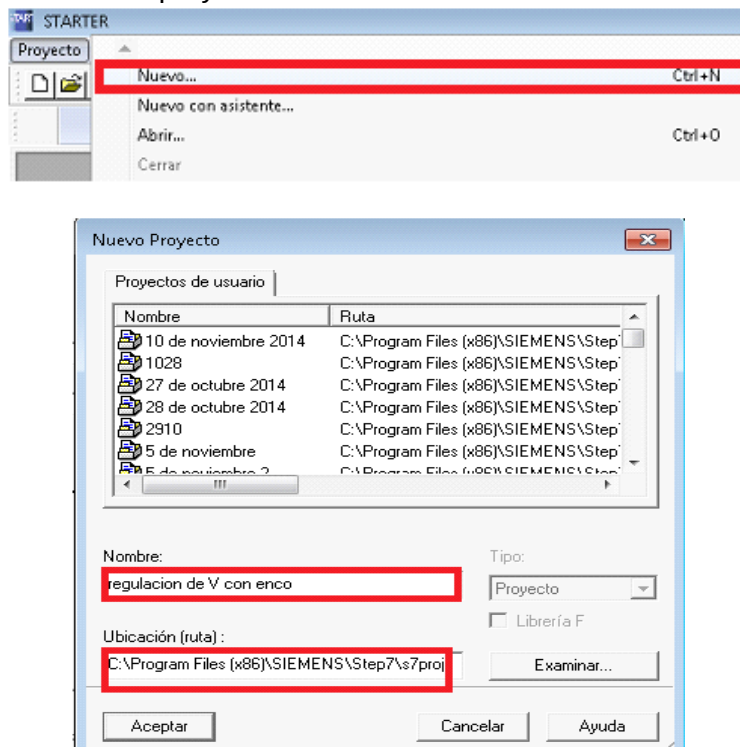
Una vez revisado las conexiones del sistema, para la configuración y puesta en marcha se debe encender el Servomecanismo UV del **contactor principal ON**, el sistema estará listo para su configuración cuando los **LEDs** que indican **RDY** de la unidad de control S110 y del acondicionador de señal SMC20 estén en verde.



2.1 Creación de un proyecto

Ejecutar el software STARTER y crear un nuevo proyecto, ingresando el nombre del proyecto y su ubicación (ver figura 3).

Figura 3. Creación de nuevo proyecto en STARTER

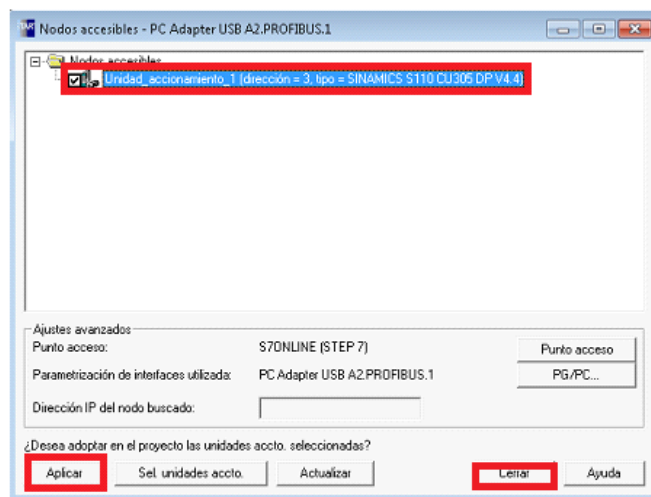


Una vez creado el proyecto se selecciona la opción nodos accesibles , donde se debe escoger el punto de conexión disponible para comunicar en línea el accionamiento, luego la opción aplicar y por ultimo cerrar, en este caso tenemos una conexión PROFIBUS entre la unidad de accionamiento y el ordenador por medio de un adaptador USB (ver figura 4a y 4b).

Figura 4a. Conexión PROFIBUS del accionamiento

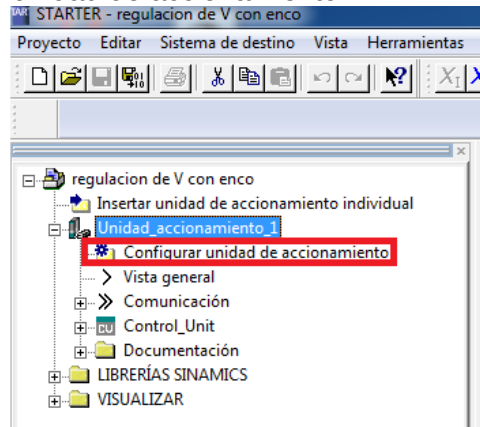


Figura 4b. Conexión PROFIBUS del accionamiento



Es necesario configurar la unidad de accionamiento S110 para especificar que funciones se desean regular y los elementos físicos que componen el accionamiento, para esto se debe ingresar a la opción configurar unidad de accionamiento (ver figura 5).

Figura 5. Configuración de unidad de accionamiento



Al ingresar a esta opción aparece una ventana emergente que permite configurar este accionamiento de manera sencilla y práctica, para esta configuración se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

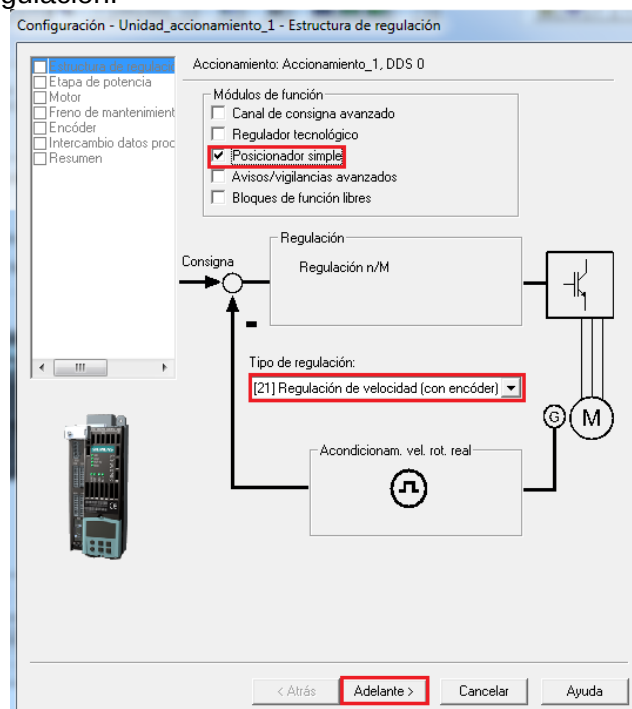
- Primero no es necesario modificar algún parámetro de la ventana de manera que se escoge la opción adelante (ver figura 6).

Figura 6. Propiedades del accionamiento



- Segundo seleccionar la estructura o regulación deseada, para este caso se selecciona la opción regulación de velocidad con (encóder) y habilitamos el módulo de función posicionador simple (ver figura 7).

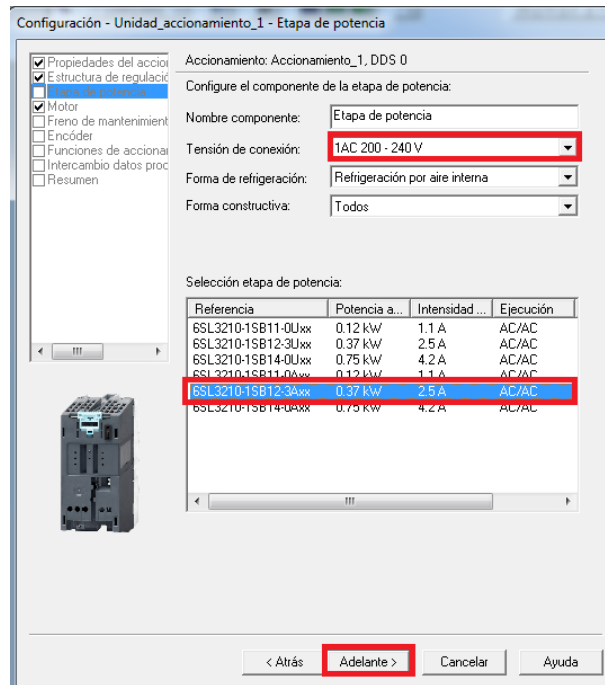
Figura 7. Estructura de regulación.



- Tercero escoger la alimentación y la referencia pertinente del módulo de potencia

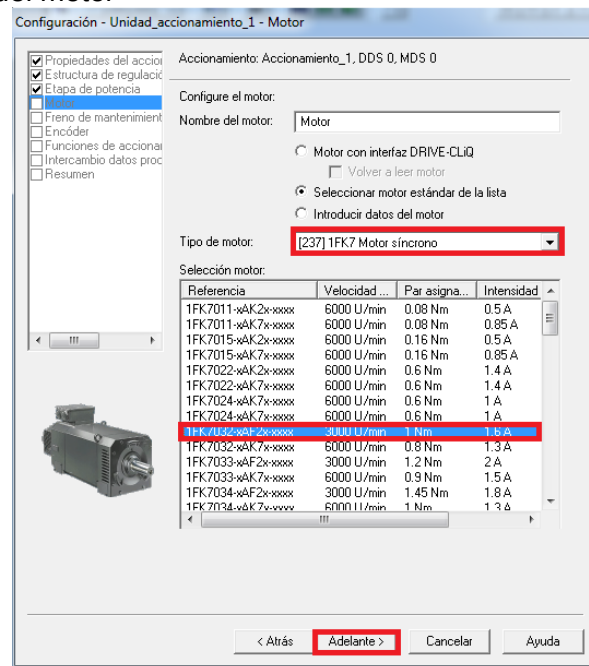
PM 340, el cual está conectado a 240 V, la referencia es 6SL3210-1SB12-3Axx (ver figura 8).

Figura 8. Etapa de potencia



- Cuarto escoger la referencia del motor de acuerdo a lista estándar de motores que se encuentran en el software, en este caso se selecciona el motor 1FK7 Síncrono y la referencia 1FK7032-xAF2x-xxxx, 3000 U/min a 1.6 A (ver figura 9).

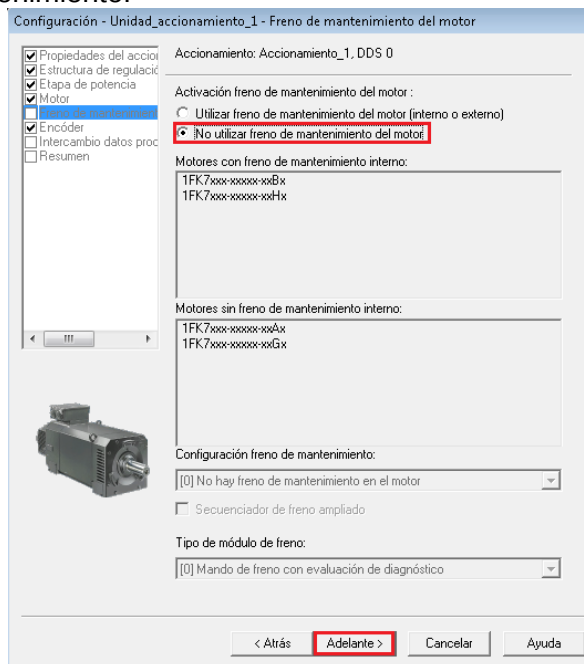
Figura 9. Referencia del motor



- Quinto seleccionar el freno de mantenimiento del motor, de modo que se escoge la

opción no utilizar freno y adelante (ver figura 10).

Figura 10. Freno de mantenimiento.



- Sexto seleccionar el encóder a partir de la referencia del motor, en este caso se selecciona un tipo de encóder Sen/cos incremental C/D de 2048.1 Vpp, aceptar y adelante (ver figura 11a y 11b).

Figura 11a. Tipo de encóder

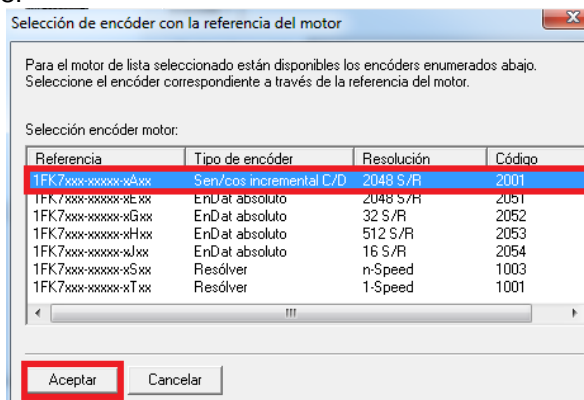
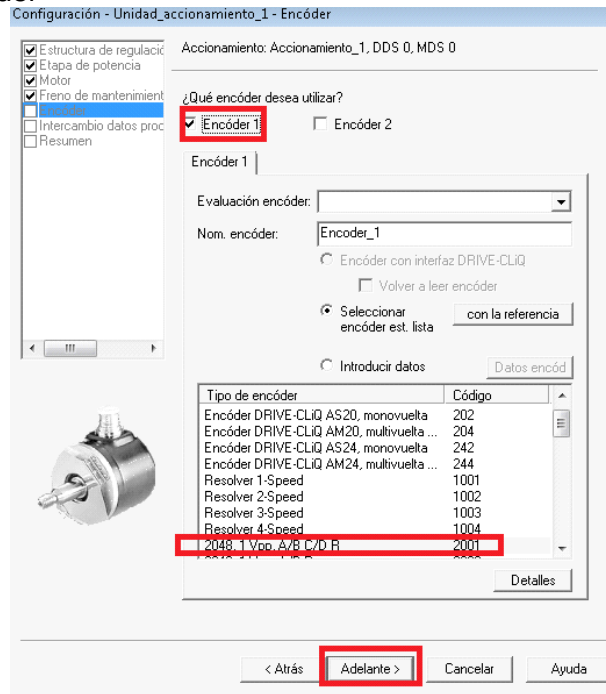
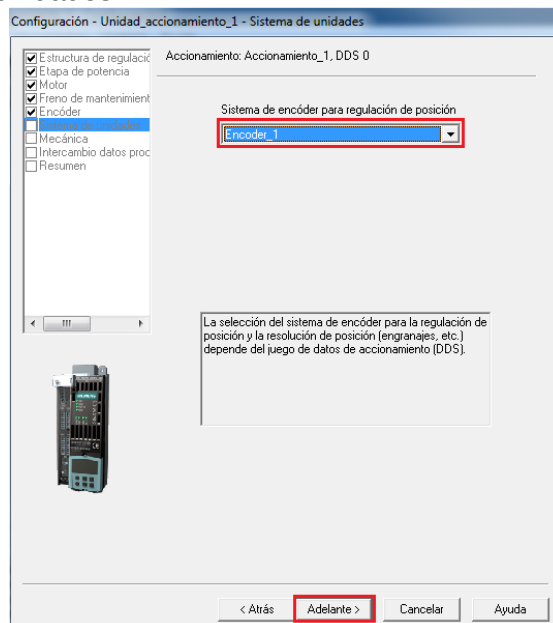


Figura 11b. Tipo de encóder



- Séptimo configurar el sistema de unidades, en donde se selecciona encóder 1 y adelante ver figura 12.

Figura 12. Sistema de unidades



La unidad neutra de longitud LU (unidad por vuelta de carga) se utiliza para especificar la relación de engranajes cuando se acopla una carga, para el paso octavo, se especifica una relación de 1rev=1000LU, esto quiere decir que cuando se aplique una señal de referencia de posición de 1000 LU en la puesta en marcha del accionamiento, el motor realizará una vuelta o revolución.

- Octavo ingresar la relación de engranajes mencionada anteriormente, las demás casillas se dejan por defecto y finalmente adelante (ver figura 13).

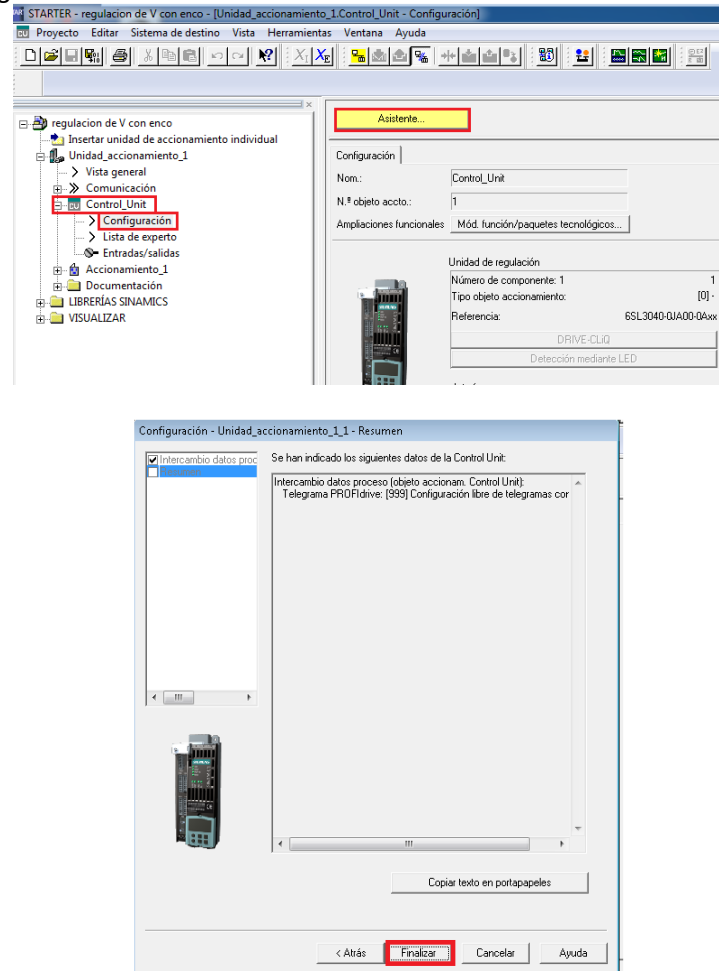
Figura 13. Mecánica

- En los siguientes pasos (ventanas), no es necesario modificar los parámetros establecidos por el software por lo tanto, en estas se selecciona la opción adelante y por último la opción finalizar (ver figura 14).

Figura 14. Parámetros predeterminados y finalizar.

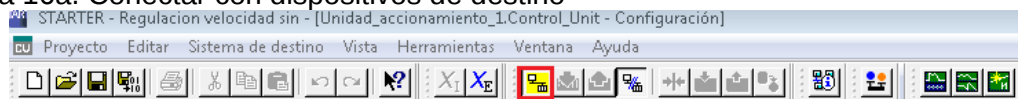
Una vez configurada la unidad de accionamiento se debe configurar la unidad de control, para esto se busca en la zona izquierda de la interfaz la opción unidad de control, y la opción configuración, en donde se ejecuta el asistente, una vez ejecutado el asistente se abre una ventana emergente que permite configurar la unidad de control, para configurar esta unidad solo es necesario escoger la opción adelante en todos los pasos y por último la opción finalizar (Ver figura 15).

Figura 15. Configuración de la unidad de control.



Una vez configurado el proyecto, se debe conectar en línea la unidad de accionamiento, para esto es necesario ir a la opción conectar con dispositivos de destino seleccionado  (ver figura 16a).

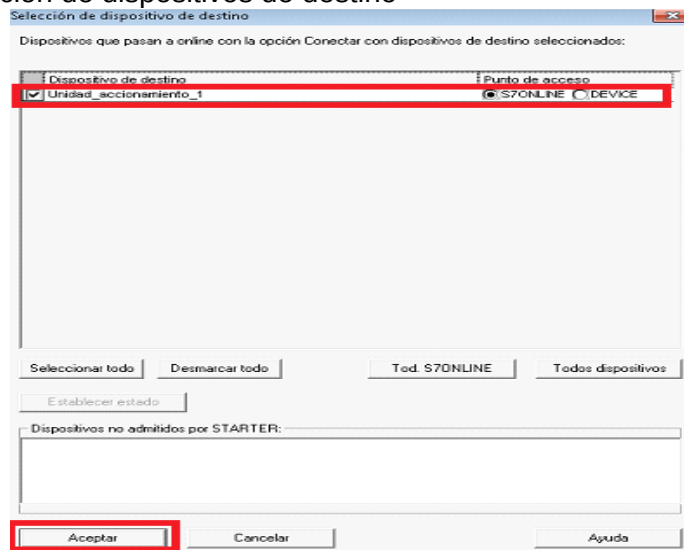
Figura 16a. Conectar con dispositivos de destino



Nota: Si el dispositivo de destino aún no tiene el punto de acceso o comunicación configurado, se abre una ventana emergente donde se debe seleccionar la unidad de accionamiento y el punto de acceso como se muestra en la siguiente figura (ver figura 16b), si el dispositivo ya está configurado esta ventana emergente no aparece y se omite esta

nota y la figura 16.

Figura 16b. Selección de dispositivos de destino



Después de conectar en línea el accionamiento , se procede a cargar el proyecto en el sistema de destino (unidad de control Sinamics S110), si el proyecto que está cargado en la unidad de control tiene una diferente topología al proyecto que se desea cargar, aparece la siguiente ventana emergente (ver figura 17a y 17b) donde se debe seleccionar la opción cargar en dispositivos de destino e iniciar proceso.

Figura 17a. Cargar en proyecto de destino

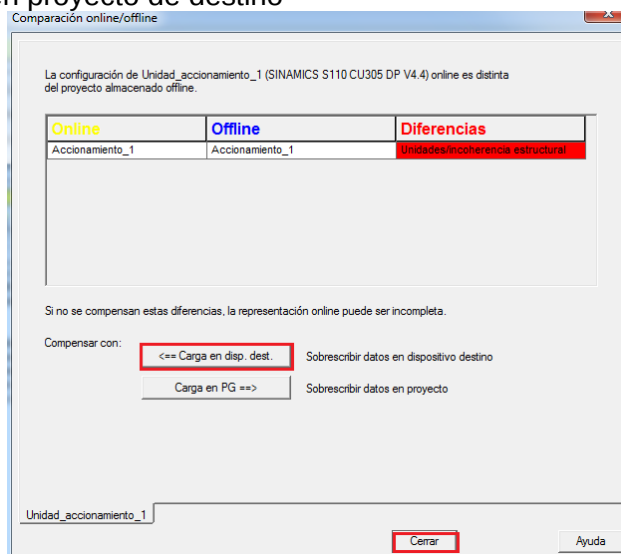
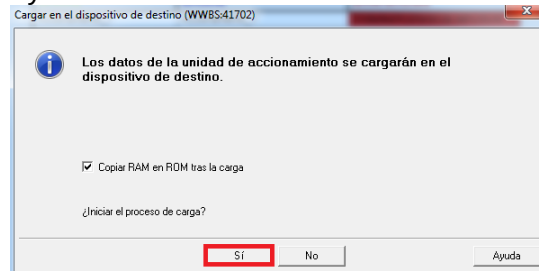
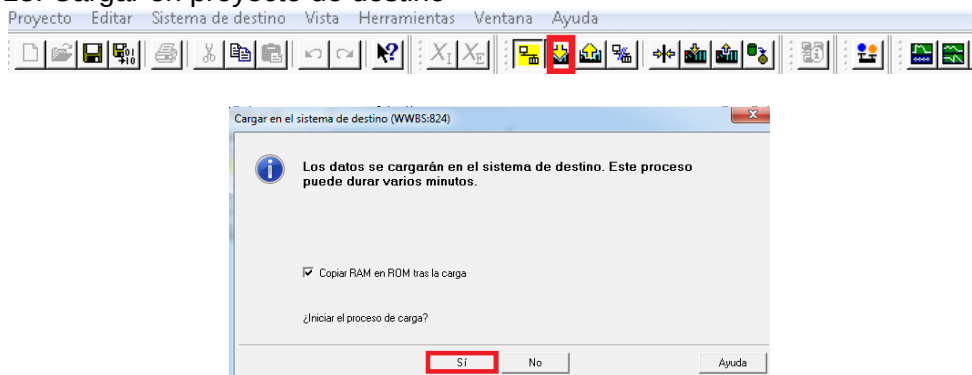


Figura 17b. Cargar en proyecto de destino



Para cargar manualmente el proyecto en la unidad de control, se ingresa a la opción cargar proyecto en sistema de destino  e iniciar proceso (ver figura 18).

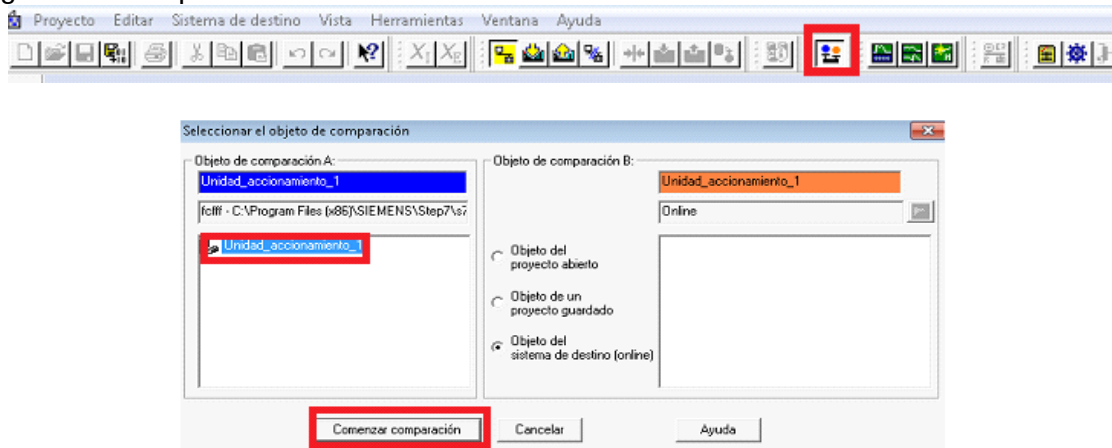
Figura 18. Cargar en proyecto de destino



Una vez cargado el proyecto en el sistema de destino (unidad de control), se procede a la comparación de las configuraciones y parámetros de la unidad de accionamiento que está en línea y la que se está configurando en el software, para lograr esta comparación se debe ir a la opción iniciar comparación de objetos , seleccionar la unidad de accionamiento a comparar e iniciar a la comparación (ver figura 19).

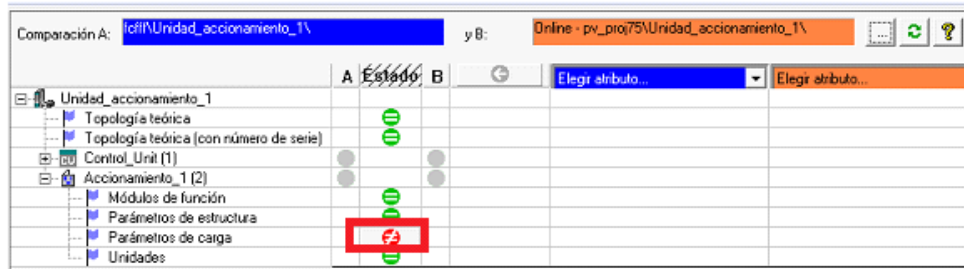
Nota: Si la comparación de unidades de accionamiento ya se ha hecho anteriormente en el proyecto no es necesario repetir la comparación.

Figura 19. Comparación de unidades de accionamiento



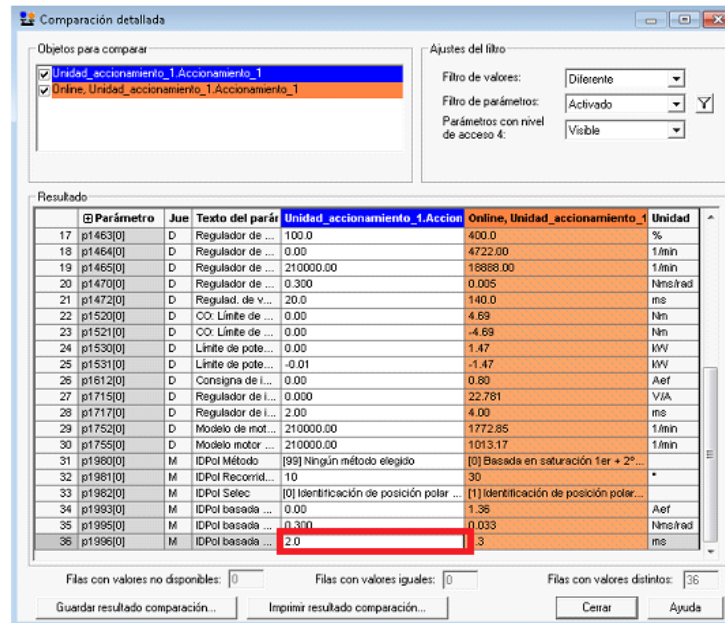
Al realizar la comparación de los dispositivos, el resultado muestra los parámetros distintos entre los dispositivos (configurado y el que está en línea), es necesario que estos valores sean iguales para lograr una sincronización de datos, para ver la diferencia entre estos parámetros se da click sobre la casilla con el símbolo diferente  (ver figura 20).

Figura 20. Comparación de objetos



Al seleccionar esta casilla se abre una ventana emergente con los parámetros que son incoherentes entre las dos unidades, para cambiar estos valores se debe ingresar en cada casilla blanca el valor correspondiente a la casilla naranja, hasta tener todos los parámetros de igual valor (ver figura 21).

Figura 21. Sincronización de datos

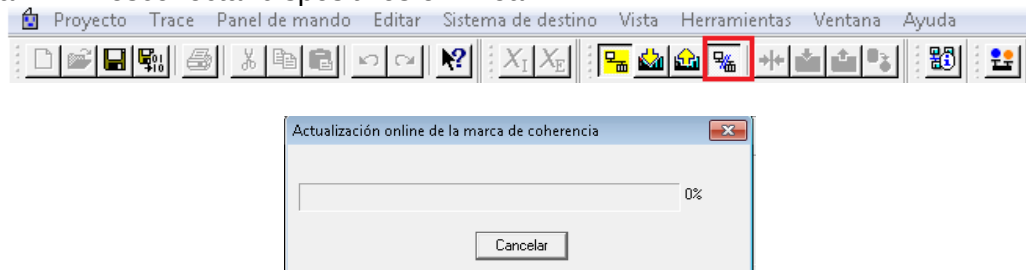


Completado toda la sección 2.1 de este manual, el proyecto estará listo para la puesta en marcha para regulación de velocidad y de posición, se recomienda guardar el proyecto (ver sección 2.2) antes de poner en marcha el accionamiento.

2.2 Guardar proyecto

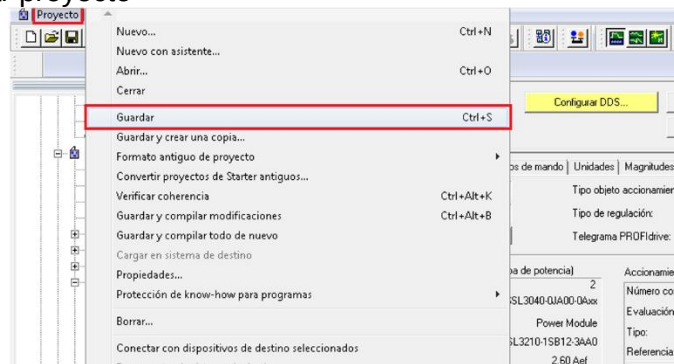
Para guardar los cambios hechos en el proyecto primero se debe desconectar el dispositivo en línea  (ver figura 22).

Figura 22. Desconectar dispositivos en línea



Segundo se ingresa al menú y se escoge la opción proyecto y guardar, este proyecto queda almacenado en la ubicación asignada en la creación de él (ver figura 23), si desea guardar el proyecto en otra ubicación, se debe escoger la opción guardar como o guardar y crear una copia.

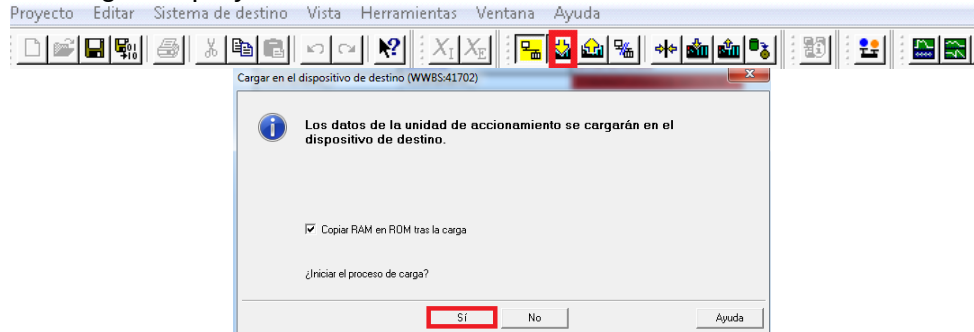
Figura 23. Guardar proyecto



2.3 Puesta en marcha para la regulación de velocidad

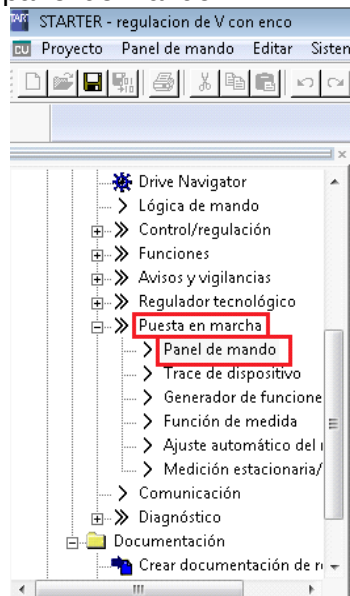
Para la puesta en marcha de regulación de velocidad del accionamiento se debe abrir el archivo creado anteriormente, y se selecciona la opción conectar con dispositivo de destino , y la opción cargar en dispositivos de destino e iniciar proceso  ver figura 24.

Figura 24. Cargar en proyecto de destino



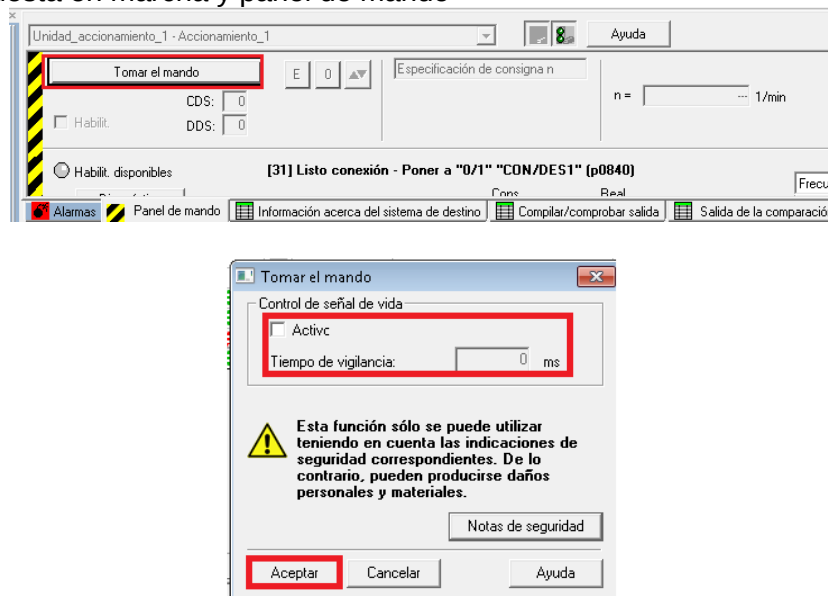
Una vez cargados los datos del proyecto en el accionamiento se selecciona la opción puesta en marcha y panel de mando ver figura 25.

Figura 25. Puesta en marcha y panel de mando



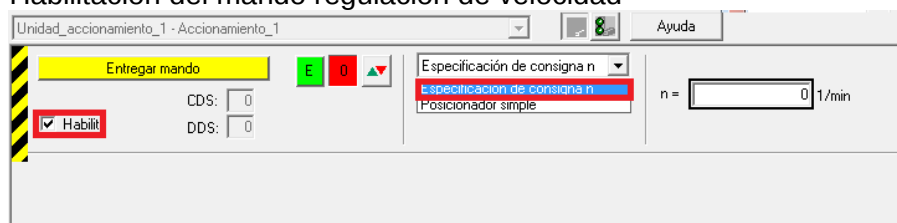
El panel de mando permite tomar el control del accionamiento con el fin de poner en marcha el sistema, para esto se selecciona la opción tomar el mando y se deshabilita la opción tiempo de vigilancia (ver figura 26).

Figura 26. Puesta en marcha y panel de mando



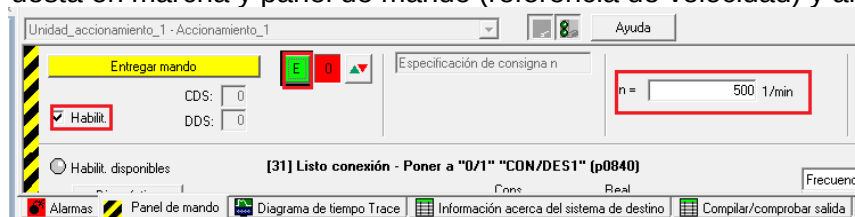
Una vez tomado el mando se debe habilitar la regulación de velocidad ver figura 27.

Figura 27. Habilitación del mando regulación de velocidad



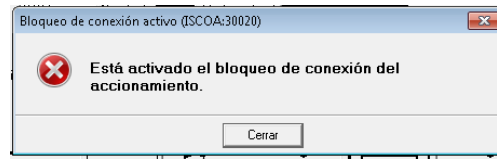
Una vez seleccionada esta regulación se ingresa la velocidad de referencia del motor (considerar que con valores positivos el motor gira en sentido de las manecillas del reloj y para valores negativos el motor gira en sentido contrario) y por ultimo seleccionar la opción **E** (accionamiento conectado) ver figura 28.

Figura 28. Puesta en marcha y panel de mando (referencia de velocidad) y arranque.



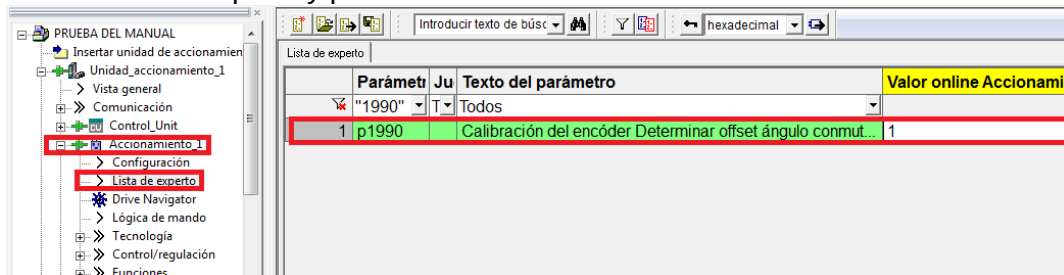
NOTA: Si el encóder no está bien calibrado, Una vez ejecutado el accionamiento se presentará un error al inicio, debido a que no existe una correcta identificación polar (ver figura 29).

Figura 29. Fallo y bloqueo de conexión



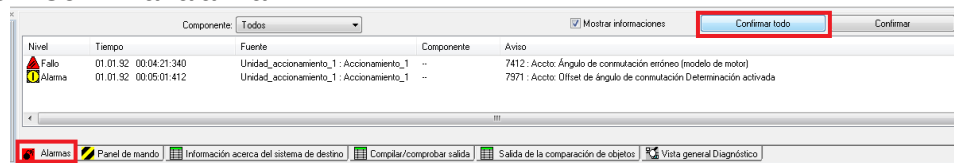
Para corregir esta identificación se debe ingresar en la lista de experto (navegador de proyectos) y modificar el parámetro P1990=1 para activar la calibración del encóder (ver figura 30).

Figura 30. Lista de experto y parámetro P1990



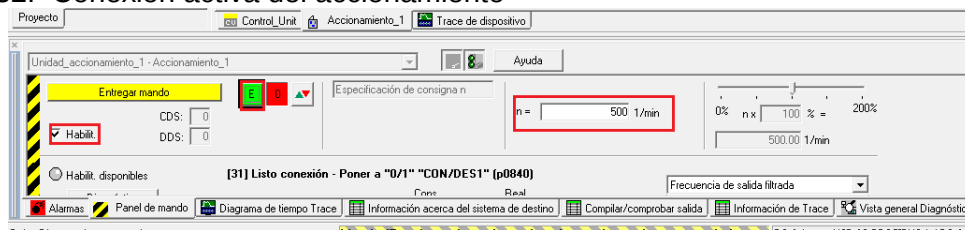
Una vez modificado este parámetro se debe ingresar a la opción alarmas y seleccionar confirmar todo para permitir iniciar otra vez la marcha (ver figura 31).

Figura 31. Confirmar alarma



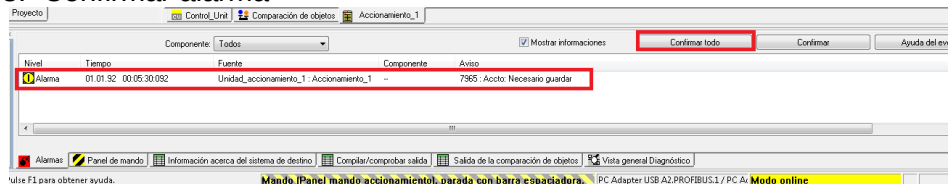
Volver a poner en marcha el accionamiento **E** hasta que la calibración del encóder sea exitosa (ver figura 32), se recomienda consignar una velocidad de referencia pequeña (500 rpm) para la calibración.

Figura 32. Conexión activa del accionamiento



Cuando la calibración del encóder es exitosa el parámetro P1990 vuelve a su valor inicial (P1990=0), emitiendo una alarma debido a que es necesario guardar los cambios, para omitir esta alarma solo basta con elegir la opción confirmar todo (ver figura 33).

Figura 33. Confirmar alarma

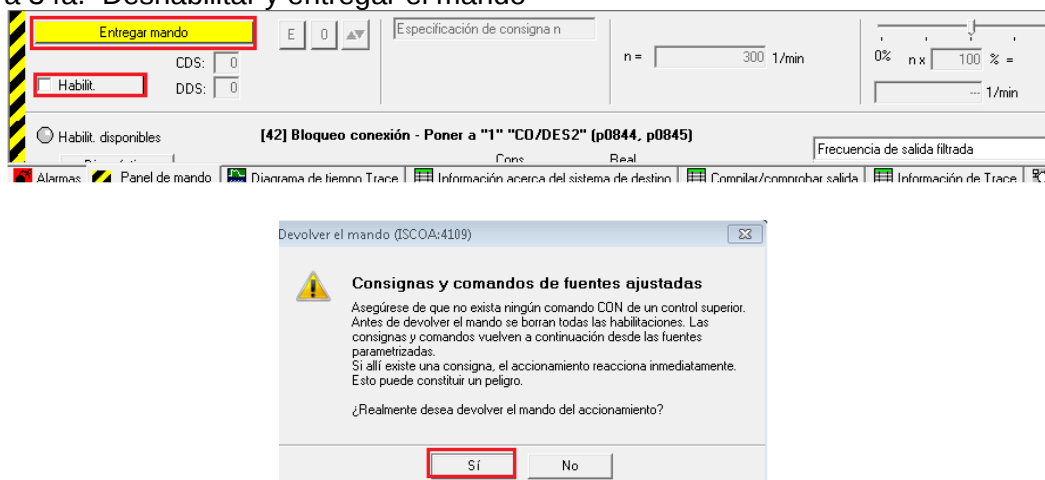


Finalizada la corrección de ángulo y confirmación de alarmas el accionamiento está listo para una conexión exitosa, permitiendo la puesta en marcha.

Nota: En algunas ocasiones es necesario más de un intento de calibración del encóder para su correcta identificación polar, de modo que es necesario ejecutar estos pasos de calibración las veces que sean necesarias hasta lograr una puesta marcha exitosa (conmutar el parámetro P1990 entre 0 y 1 hasta que el accionamiento inicie).

Para desconectar el mando se selecciona la opción accionamiento desconectado **0** y para finalizar la puesta en marcha del accionamiento se deshabilita el mando y selecciona entregar el mando (ver figura 34a).

Figura 34a. Deshabilitar y entregar el mando



Una vez entregado el mando del accionamiento, se deben guardar los cambios hechos en el proyecto en línea, para guardar estos cambios se selecciona la opción cargar en la PG  (ver figura 35).

Figura 35. Cargar en la PG.



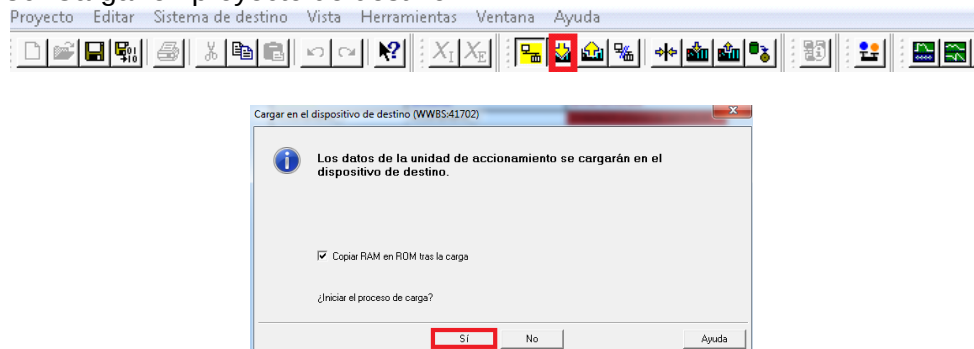
Finalmente guardar los cambios realizados en el proyecto (ver sección 2.2).

2.4 Puesta en marcha para el posicionador simple (regulación de posición)

La puesta en marcha del posicionador simple funciona de tres modos de servicios distintos, modo JOG , modo posicionar , y modo búsqueda del punto de referencia . En este manual se describe la operación y configuración del posicionador simple para el modo búsqueda del punto de referencia y el modo posicionar, la posición del eje es positiva con respecto a las manecillas del reloj.

Para la puesta en marcha de regulación de posición del accionamiento se debe abrir el archivo creado anteriormente ver sección 2.1 y 2.2, y seleccionar la opción conectar con dispositivo de destino , y la opción cargar en dispositivos de destino e iniciar proceso  ver figura 36.

Figura 36. Cargar en proyecto de destino

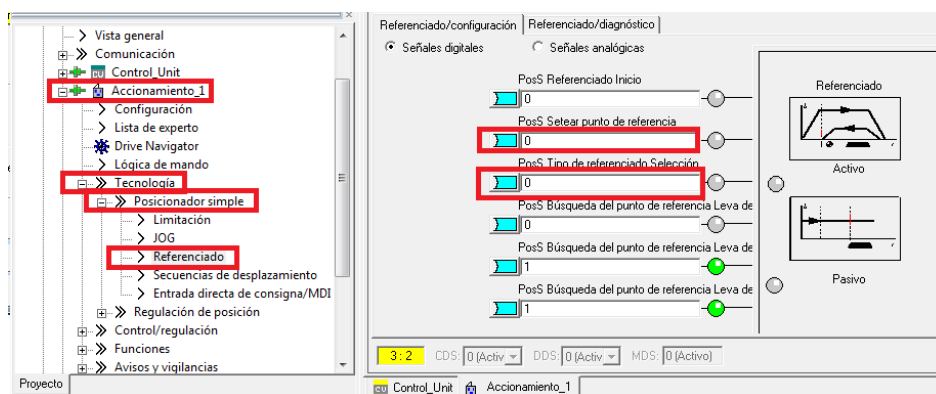


NOTA: Es posible que al trabajar en modo de regulación de posición, se presente un error en la calibración del encóder si no se ha trabajado previamente con la regulación de velocidad, de modo que se recomienda primero poner en marcha el accionamiento para la regulación de velocidad ver sección 2.3 y corregir el fallo de identificación polar del accionamiento (figura 29), para corregir este error se repite los pasos de la figura 30, 31, 32 y 33 (estos pasos se pueden hacer mediante la activación del mando en regulación de posición).

2.4.1 Búsqueda del punto de referencia

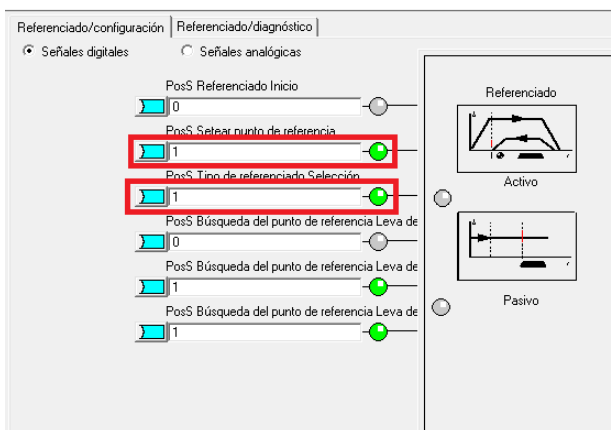
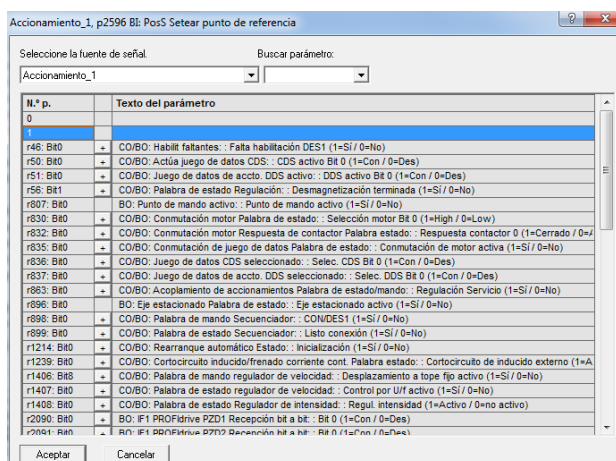
Una vez cargados los datos del proyecto en la unidad de control, es necesario referenciar la posición del eje del motor, para esto se ingresa la opción accionamiento, tecnología, posicionador simple y referenciado (ver figura 37).

Figura 37. Posicionador simple y referenciado



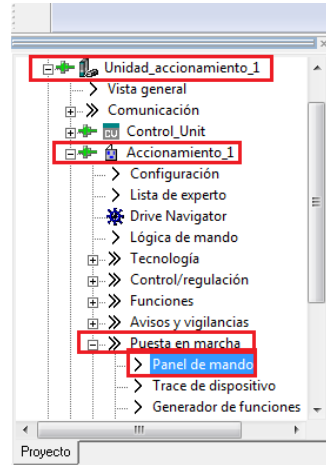
Para configurar el referenciado, dar click en la opción en la opción PosS Setear el punto de referencia y en la opción PosS Tipo de referenciado y seleccionar el valor de 1 (ver figura 38a y 38b).

Figura 38. Setear el punto de referencia y el tipo de referenciado



Una vez realizada la configuración del referenciado, se procede a buscar el punto de referencia, para esto se pone en marcha el accionamiento, seleccionando la opción puesta en marcha y panel de mando (ver figura 39)

Figura 39. Puesta en marcha y panel de mando



Tomar el mando y deshabilitar la opción tiempo de vigilancia (ver figura 40a y 40b).

Figura 40a. Tomar el mando

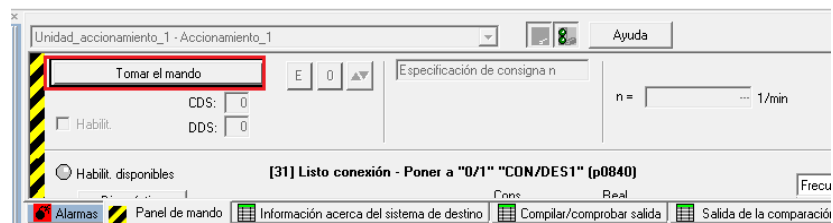
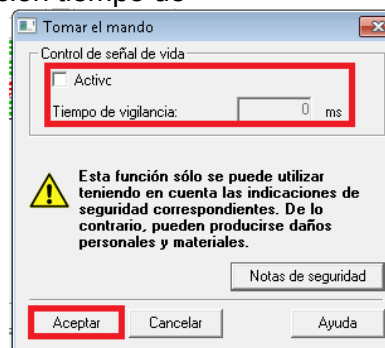
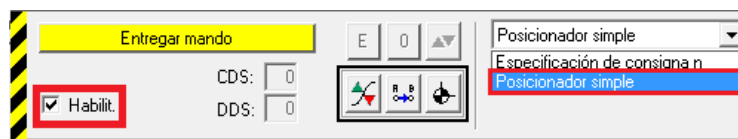


Figura 40b. Deshabilitar la opción tiempo de



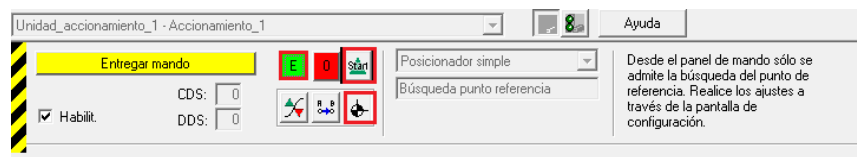
Una vez tomado el mando se debe habilitar la regulación de posición, para esto se escoge la opción posicionador simple (ver figura 41).

Figura 41. Habilitar el mando para el posicionador simple



Una vez habilitado el mando para el posicionado simple, se escoge la opción modo de búsqueda del punto de referencia , se acomoda el eje en la posición que se desea referenciar (colocar en 0° la referencia de posición del disco del motor), se conecta el accionamiento  y por último la opción iniciar secuencia de desplazamiento  (ver figura 42).

Figura 42. Búsqueda del punto de referencia



2.4.2 Modo posicionar

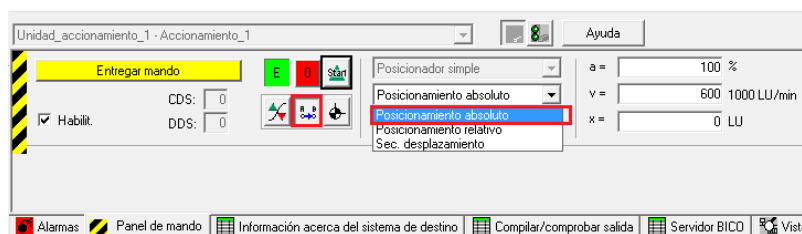
El modo posicionar  permite realizar tres diferentes tipos de posicionamiento, posicionamiento absoluto, posicionamiento relativo y secuencias de desplazamiento, para habilitar este modo se debe tomar el mando para el posicionador simple de igual forma que en los pasos mencionados anteriormente (figura 39, 40a, 40b y 41).

2.4.2.1 Posicionamiento absoluto

El tipo de posicionamiento absoluto permite posicionar el eje con respecto a la posición absoluta del eje, es decir que si el eje se encuentra en una posición absoluta de 2000LU y se aplica una referencia de posición absoluta de 3000 LU, el eje del motor avanzará solo 1000LU.

Para habilitar esta función se selecciona el modo posicionar , la opción posicionamiento absoluto (ver figura 43).

Figura 43. Habilitar el mando para posicionamiento absoluto

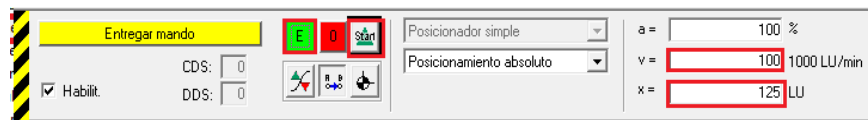


Una vez habilitado el mando, para poner en marcha el accionamiento, se ingresa la velocidad de referencia del motor, la posición absoluta a la cual se desea desplazar, se conecta el accionamiento  y por último la opción iniciar secuencia de desplazamiento .

Ejemplo: Posicionar el eje del motor una posición absoluta de 45° con una velocidad de 100 rpm.

Como 1000 LU es una vuelta (rev) del eje de motor (1rev=360°) entonces 45° son (125LU), y 100 rpm son 100.000 LU/min, de modo que se ingresan estos datos al panel de mando, se conecta el accionamiento  y se inicia la secuencia  (ver figura 44).

Figura 44. Posicionamiento absoluto a 45° y una velocidad de 100 rpm



Para desconectar el accionamiento se selecciona la opción accionamiento desconectado

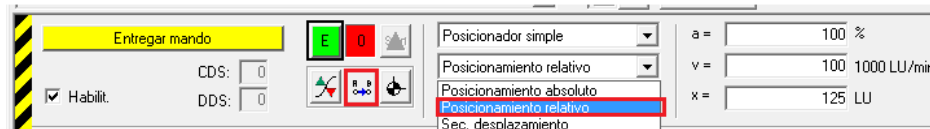


2.4.2.2 Posicionamiento relativo

El tipo de posicionamiento relativo permite posicionar el eje con respecto a su posición relativa, es decir que si el eje se encuentra en una posición absoluta de 1000 LU y se ordena desplazarse a una posición relativa de 2000 LU, el eje finalmente avanzará hasta una posición absoluta de 3000 LU, y por el contrario si se ordena desplazarse a una posición relativa de -2000 LU el eje finalmente se desplazará hasta una posición absoluta de -1000 LU.

Para habilitar esta función se selecciona el modo posicionar , la opción posicionamiento relativo (ver figura 45).

Figura 45. Posicionamiento relativo

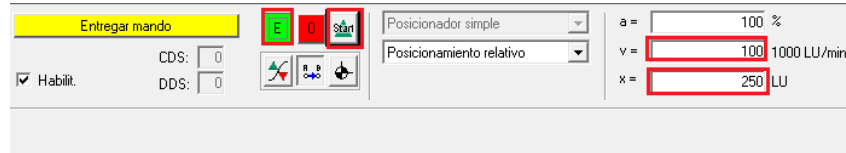


Una vez habilitado el mando, para poner en marcha el accionamiento, se ingresa la velocidad de referencia del motor, la posición relativa a la cual se desea desplazar, se conecta el accionamiento  y por último la opción iniciar secuencia de desplazamiento .

Ejemplo: Desplazar el eje del motor una posición relativa de 90° con una velocidad de 100 rpm.

Como 1000 LU es una vuelta (rev) del eje de motor (1rev=360°), entonces 90° son (250 LU) y 100 rpm son 100.000 LU/min, de modo que se ingresan estos datos al panel de mando, se conecta el accionamiento  y se inicia la secuencia  (ver figura 46).

Figura 46. Posicionamiento relativo



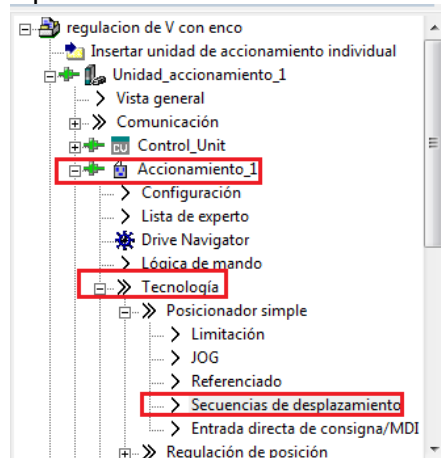
Para desconectar el accionamiento se selecciona la opción accionamiento desconectado



2.4.2.3 Secuencias de desplazamiento

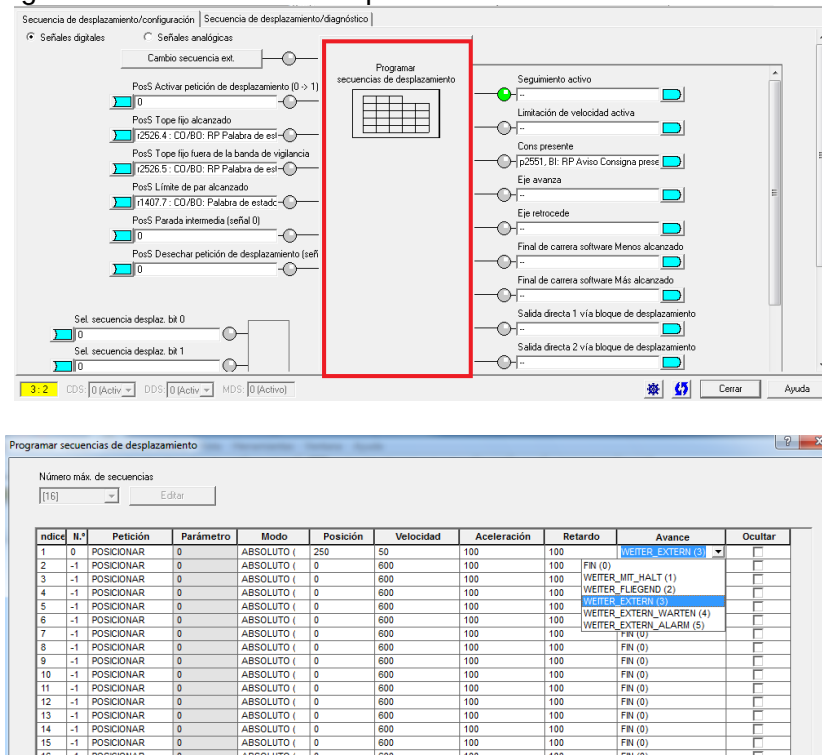
Es posible programar una secuencia de posicionamiento sobre el accionamiento con el fin de que el eje de motor cumpla una función programada específica, estas secuencias permiten programar la posición de forma absoluta o relativa de del eje por un determinado tiempo. Para programar estas secuencias se debe ingresar a la opción accionamiento, tecnología, posicionador simple y secuencias de desplazamiento ver (figura 47).

Figura 47. Secuencias de desplazamiento



Luego ingresar a la opción programar secuencias de desplazamiento ver figura 48.

Figura 48. Programar secuencias de desplazamientos



El accionamiento permite configurar 16 secuencias distintas, en las cuales se les debe ingresar por orden el número de secuencia, el parámetro, el modo, la velocidad, aceleración, retardo y el avance.

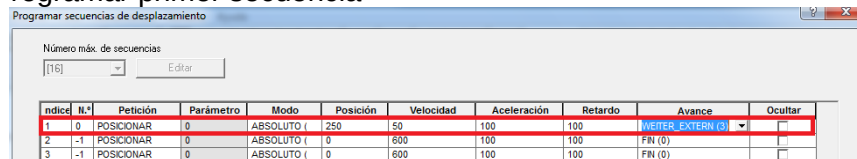
Ejemplo: Realizar la siguiente secuencia para el accionamiento a una velocidad de 50 rpm

- Desplazar el eje a una posición absoluta de 90°
- Esperar 5 segundos
- Desplazar a una posición relativa de 180°
- Esperar 5 segundos
- Desplazar el eje a una posición relativa de -90°
- Esperar 5 segundos
- Desplazar el eje a una posición relativa de 180°
- Esperar 5 segundos
- Desplazar el eje a una posición relativa de -90°
- Esperar 5 segundos
- Desplazar el eje a una posición absoluta de 0° y finalizar la secuencia

Solución:

Para la primera secuencia se debe desplazar el eje a una posición absoluta de 90°, de modo que se le asigna el número de la secuencia inicial (0), la petición posicionar, el modo de posición (absoluto), la posición de referencia (90° = 250 LU), la velocidad de desplazamiento (50 rpm), y en el avance se selecciona la opción (WEITER EXTERN (3) para seguir con la segunda secuencia (ver figura 49).

Figura 49. Programar primer secuencia



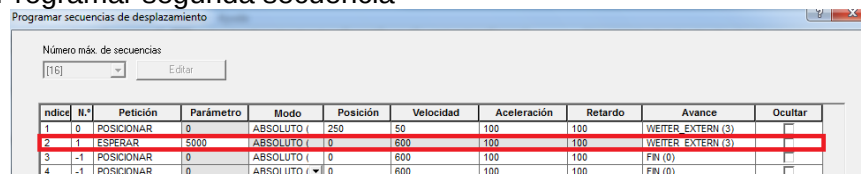
Programar secuencias de desplazamiento

Número máx. de secuencias: [16] Editar

Índice	N.º	Petición	Parámetro	Modo	Posición	Velocidad	Aceleración	Retardo	Avance	Ocultar
1	0	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	250	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
2	-1	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	0	600	100	100	FIN (0)	☐
3	-1	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	0	600	100	100	FIN (0)	☐

Para la segunda secuencia se pide esperar 5 segundos, de modo que se asigna el valor de la secuencia (1), la petición esperar, el parámetro 5000 (para indicar 5 segundos) y en el avance se selecciona la opción WEITER_EXTERN (3) para seguir con la tercer secuencia (ver figura 50).

Figura 50. Programar segunda secuencia



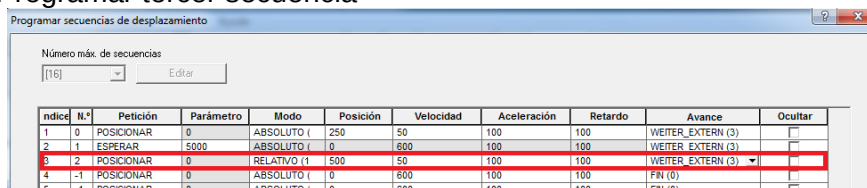
Programar secuencias de desplazamiento

Número máx. de secuencias: [16] Editar

Índice	N.º	Petición	Parámetro	Modo	Posición	Velocidad	Aceleración	Retardo	Avance	Ocultar
1	0	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	250	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
2	1	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
3	-1	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	0	600	100	100	FIN (0)	☐
4	-1	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	0	600	100	100	FIN (0)	☐

Para la tercera secuencia se pide desplazar el eje del motor a una posición relativa de 180° , de modo que se le asigna el número de la secuencia (2), la petición posicionar, el modo de posición (relativo), la posición de referencia ($180^\circ = 500$ LU), la velocidad de desplazamiento (50 rpm), y en el avance se selecciona la opción (WEITER_EXTERN (3) para seguir con la tercer secuencia (ver figura 51)

Figura 51. Programar tercer secuencia



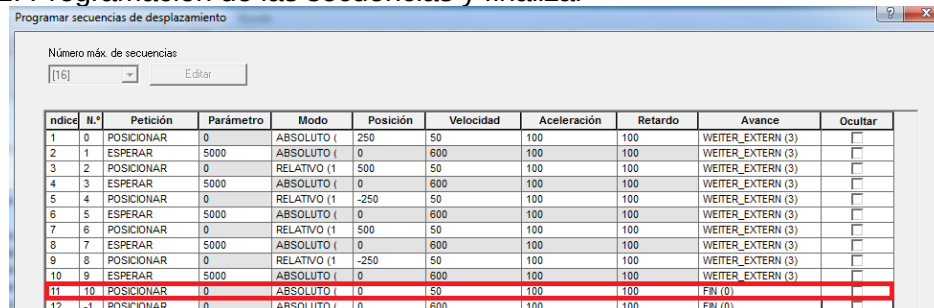
Programar secuencias de desplazamiento

Número máx. de secuencias: [16] Editar

Índice	N.º	Petición	Parámetro	Modo	Posición	Velocidad	Aceleración	Retardo	Avance	Ocultar
1	0	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	250	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
2	1	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
3	2	POSICIONAR	0	RELATIVO (1	500	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
4	-1	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	0	600	100	100	FIN (0)	☐
5	-1	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	0	600	100	100	FIN (0)	☐

Llenar las siguientes secuencias de igual forma que en las anteriores dependiendo de la especificación, y para finalizar las secuencias, se selecciona en la última secuencia el avance la opción FIN (0) (ver figura 52).

Figura 52. Programación de las secuencias y finalizar



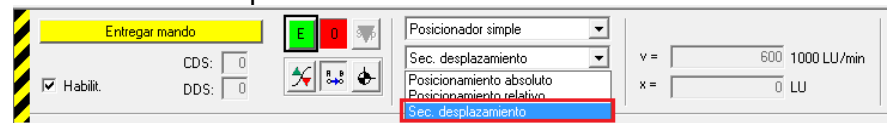
Programar secuencias de desplazamiento

Número máx. de secuencias: [16] Editar

Índice	N.º	Petición	Parámetro	Modo	Posición	Velocidad	Aceleración	Retardo	Avance	Ocultar
1	0	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	250	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
2	1	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
3	2	POSICIONAR	0	RELATIVO (1	500	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
4	3	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
5	4	POSICIONAR	0	RELATIVO (1	-250	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
6	5	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
7	6	POSICIONAR	0	RELATIVO (1	500	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
8	7	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
9	8	POSICIONAR	0	RELATIVO (1	-250	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
10	9	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
11	10	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	0	50	100	100	FIN (0)	☐
12	-1	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	0	600	100	100	FIN (0)	☐

Para habilitar esta función se selecciona el modo posicionar , la opción secuencias de desplazamiento (ver figura 53).

Figura 53. Secuencias de desplazamiento



Una vez habilitada la función, para poner en marcha la secuencia programada, se conecta el accionamiento  y por último la opción iniciar secuencia de desplazamiento .

Para desconectar el accionamiento se selecciona la opción accionamiento desconectado .

Nota: Si se desea para el ejemplo mencionado anteriormente, que una vez finalizada la última secuencia, el motor espere 5 segundos más e inicie de nuevo con la primera secuencia, se debe emplear la petición GOTO y seleccionar en el parámetro el número de secuencia al que se desea ir en este caso la inicial (0) (ver figura 54).

Figura 54. Programar secuencias de forma cíclica

Programar secuencias de desplazamiento

Número máx. de secuencias: [16]

Índice	N.º	Petición	Parámetro	Modo	Posición	Velocidad	Aceleración	Retardo	Avance	Ocultar
1	0	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	250	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
2	1	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
3	2	POSICIONAR	0	RELATIVO (1	500	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
4	3	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
5	4	POSICIONAR	0	RELATIVO (1	-250	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
6	5	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
7	6	POSICIONAR	0	RELATIVO (1	500	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
8	7	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
9	8	POSICIONAR	0	RELATIVO (1	-250	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
10	9	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
11	10	POSICIONAR	0	ABSOLUTO (	0	50	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
12	11	ESPERAR	5000	ABSOLUTO (	0	600	100	100	WEITER_EXTERN (3)	☐
13	12	GOTO	0	ABSOLUTO (	0	600	100	100		☐

3 MEDICIÓN Y EXPORTACIÓN DE DATOS

Existen diversos parámetros y variables que se pueden medir en el Servomecanismo UV, como la velocidad, par o posición, esta medición es posible a través de una herramienta que tiene STARTER llamada FUNCION TRACE, la cual permite hacer mediciones en línea de la variable deseada, y extraer los datos de medición a un formato de Excel o bloc de notas.

Los parámetros utilizados en la medición del sistema de control de velocidad y de posición con encóder para el accionamiento son definidos como:

Velocidad de referencia (1/min): r60 Consigna de velocidad antes del filtro

Velocidad real (1/min): r63 Velocidad real filtrada

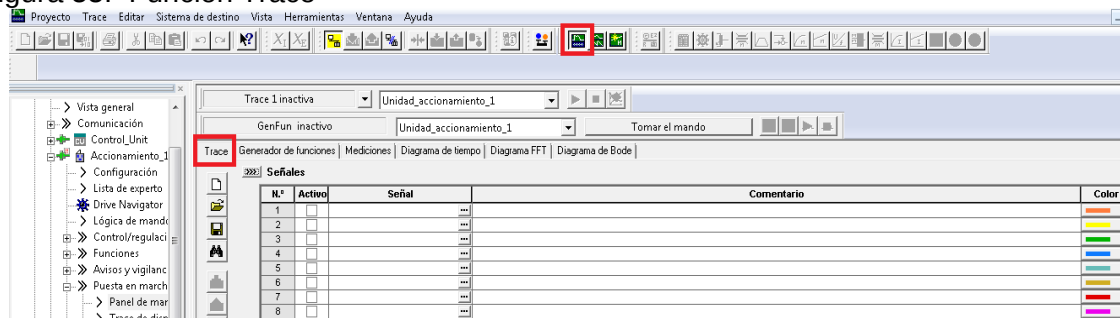
Posición de referencia (LU): r2665 PosS consigna de posición actual

Posición real (LU): r2521 Posición real, Regulación de posición

3.1 Medición

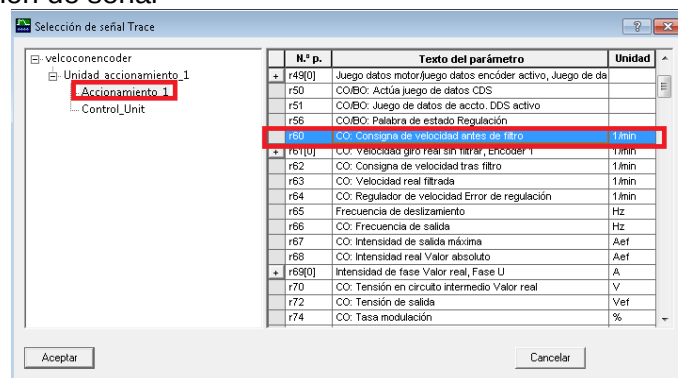
Ingresa a la opción trace  (ver figura 55).

Figura 55. Función Trace



Para escoger la señal a medir se selecciona la lista de parámetros  y se busca en el accionamiento el parámetro correspondiente, en este ejemplo se escoge la velocidad de referencia r60 (ver figura 56).

Figura 56. Selección de señal

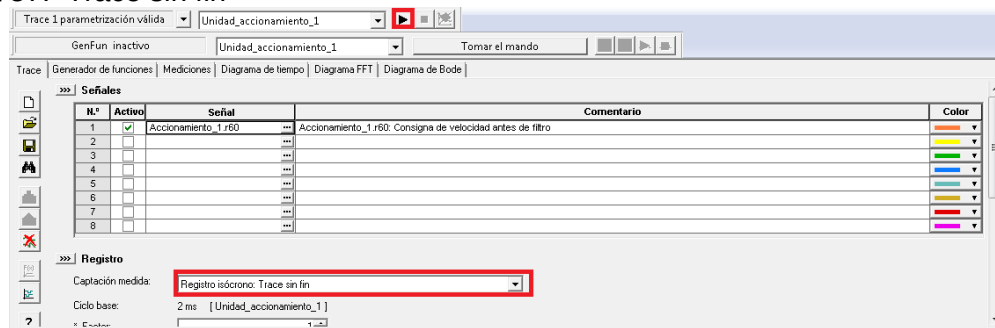


Existen dos tipos de registro de datos para la función TRACE, el primer registro es sin límite de tiempo permitiendo evaluar la señal, el tiempo que sea deseado a un mayor periodo de muestreo, el segundo registro es con límite de tiempo permitiendo solo hacer la medición en rangos definidos de tiempo pero con un menor periodo de muestreo, a continuación se describirá la medición para los dos tipos de registro:

Registro sin fin:

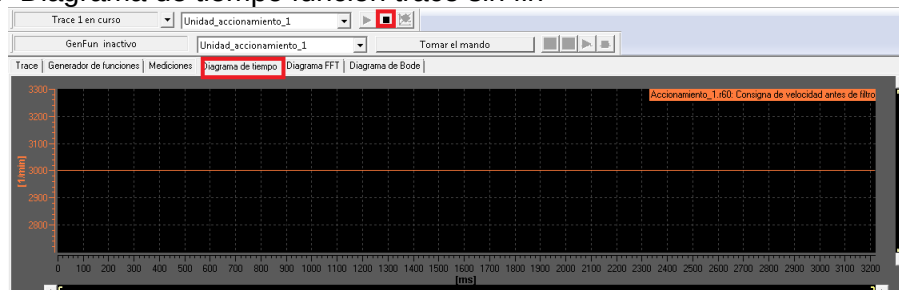
El registro sin fin o trace sin fin, permite evaluar la señal sin limitación de tiempo siendo una ventaja para hacer mediciones en línea de las señales, pero tiene una desventaja debido al mínimo periodo de muestreo (2ms), para realizar la medición de la señal seleccionada, se escoge opción trace sin fin, y se inicia la medición con el botón  y se finaliza con el botón  (ver figura 57).

Figura 57. Trace sin fin



Para observar la medición gráficamente se selecciona la opción diagrama de tiempo, en este ejemplo se realizó la medición para una velocidad de referencia de 3000 rpm (ver figura 58).

Figura 58. Diagrama de tiempo función trace sin fin



Registro con limitación de tiempo:

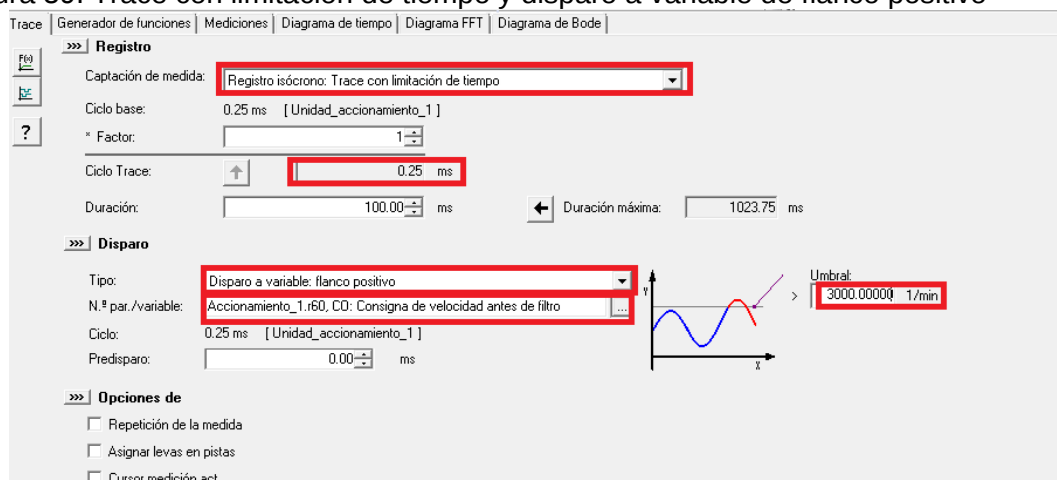
El registro con limitación de tiempo permite evaluar la señal en un rango específico de tiempo con un periodo de muestreo de 0.25 ms siendo una gran ventaja para mediciones que requieran una resolución considerable.

Para poner en marcha la medición una vez seleccionada la señal, se escoge opción trace con limitación de tiempo, esta medición se hace a partir de un disparo de la señal, es decir que es posible configurar el momento de inicio de la medición, existen diversos tipos de disparo de señal, entre ellos se encuentran el disparo inmediato, de flanco positivo o negativo entre otros, el disparo de flanco positivo permite empezar la medición a partir de un valor especificado de una señal, este disparo es muy útil cuando se requiere encontrar respuestas de la señal ante un escalón aplicado para dinámicas y tiempos muertos muy

pequeños.

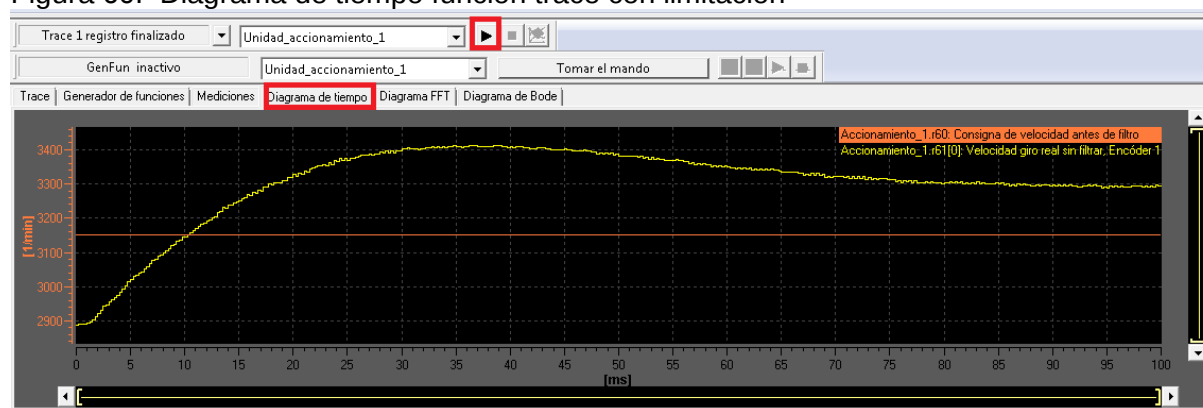
Para este ejemplo se escoge un disparo de flanco positivo y se selecciona para la medición la velocidad de referencia y la velocidad real del sistema, especificando iniciar la medición a partir de 3000rpm para la señal de referencia de velocidad r60, de modo que al iniciar la medición la toma de señal no se realiza hasta que la señal de referencia no pase por encima del umbral de 3000rpm (Ver figura 59).

Figura 59. Trace con limitación de tiempo y disparo a variable de flanco positivo



Una vez especificada la señal de disparo, el umbral de disparo y el tipo de disparo, se procede a iniciar la medición, la medición finaliza automáticamente una vez cruzado el umbral y el tiempo de medición, para ver esta medición se selecciona la opción diagrama de tiempo (ver figura 60).

Figura 60. Diagrama de tiempo función trace con limitación

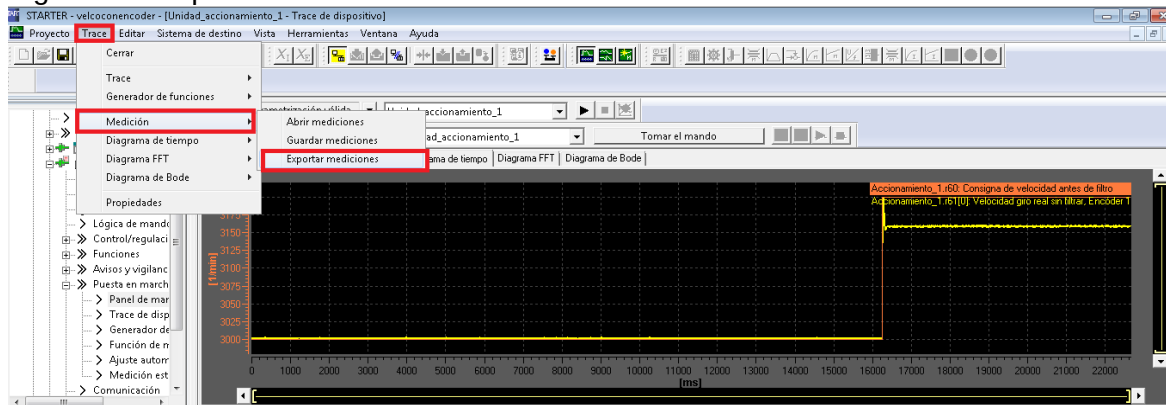


Nota: Se puede configurar un disparo de flanco negativo de igual forma.

3.2 Exportación de datos

A partir de las mediciones hechas con la función TRACE es posible extraer los datos de la medición a una hoja de datos de diferentes formatos como Excel o bloc de notas, para extraer estos datos se debe seleccionar en el menú de tareas la opción: Trace – Medición - Exportar mediciones (ver figura 61).

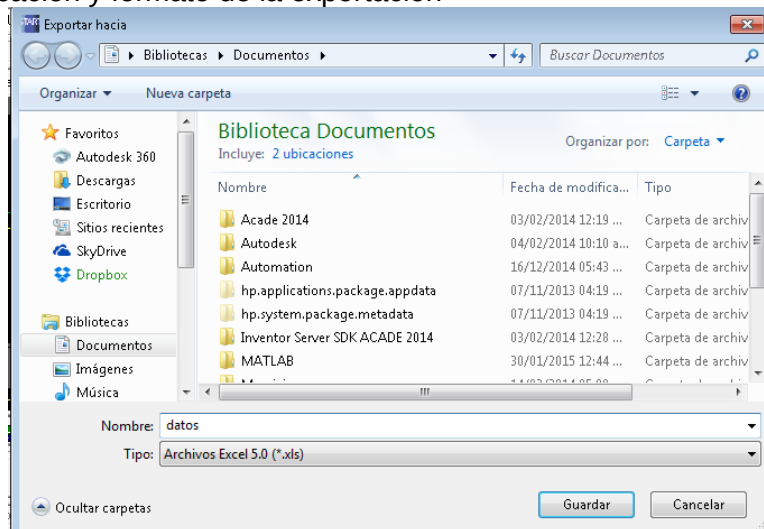
Figura 61. Exportación de medición



Si esta opción no está habilitada se debe dar click en la ventana de la medición para habilitarla.

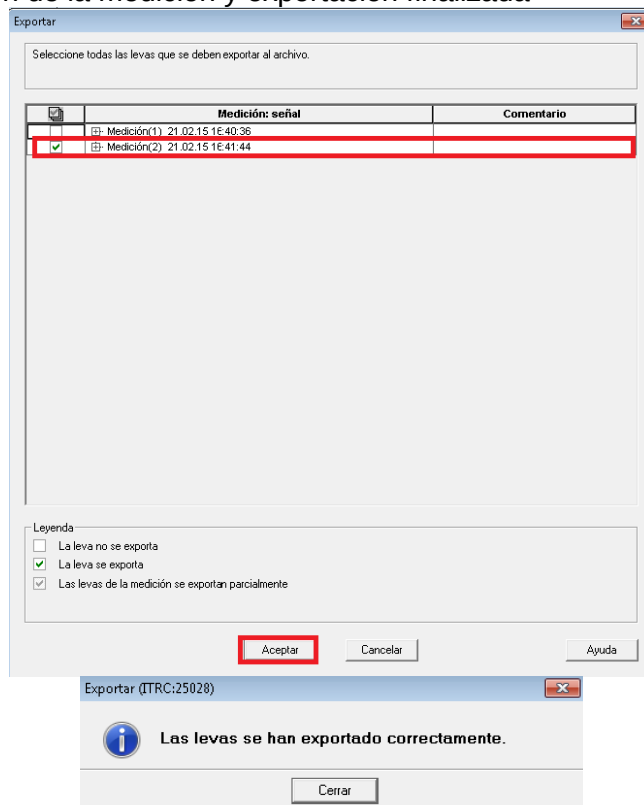
Cuando se selecciona la opción exportar mediciones se debe especificar en qué dirección o ubicación se desea guardar el archivo y el tipo formato, con el fin de importar los datos en un programa matemático como MATLAB o SCILAB, es conveniente guardar los archivos con formato de Excel o txt (ver figura 62).

Figura 62. Ubicación y formato de la exportación



Por último se selecciona la medición que se desea exportar, por lo general es la última medición hecha (ver figura 63).

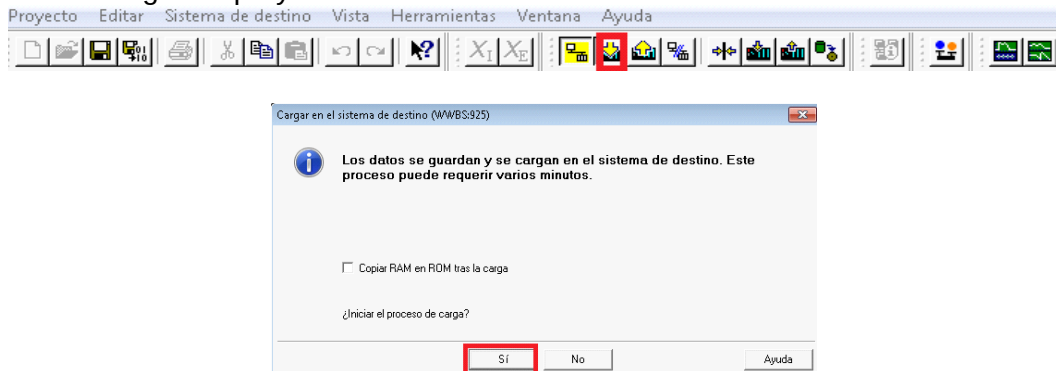
Figura 63. Selección de la medición y exportación finalizada



4 MODIFICAR LOS PARAMETROS DEL CONTROLADOR PI DE VELOCIDAD Y EL CONTROLADOR PI DE POSICIÓN

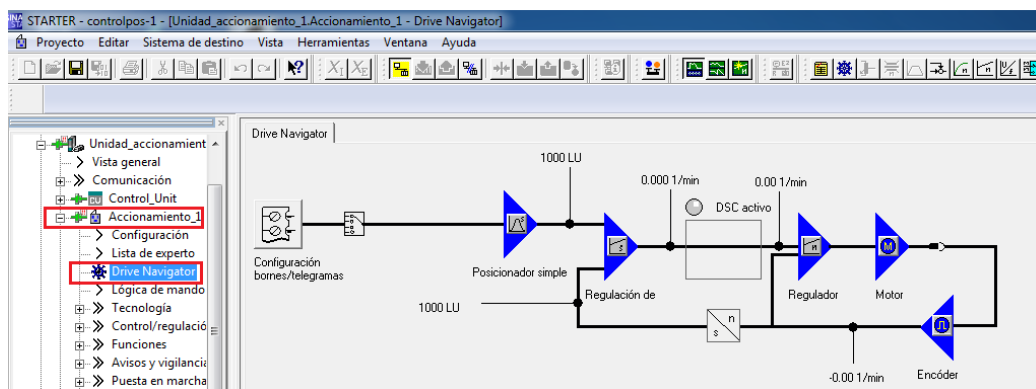
Abrir el archivo de STARTER para el control de velocidad con encóder creado en la sección 2.2 y 2.3, conectar en línea el accionamiento  y cargar los datos del proyecto en el sistema de destino  ver figura 64.

Figura 64. Cargar en proyecto de destino



La opción Drive Navigator  es una interfaz visual que permite navegar en el proyecto, permitiendo ingresar a las diferentes opciones de configuración y visualización del sistema, entre las que se encuentran el sistema de regulación de velocidad, el sistema de regulación de posición, la función del posicionador simple, la interfaz del encóder y del motor ver figura 65.

Figura 65. Drive Navigator



4.1 Regulador de velocidad PI

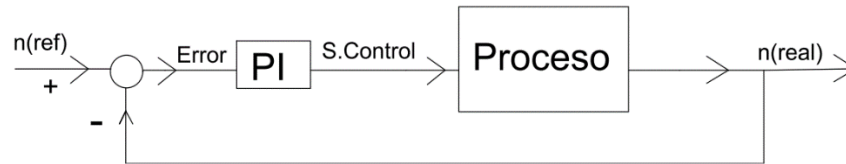
El sistema de control de velocidad del accionamiento Sinamics S110, emplea una estrategia de control PI, los parámetros de controlador PI que se ingresan en este controlador son la ganancia de acción proporcional K_p y el tiempo de acción integral T_i donde, se tiene la siguiente función de transferencia para el controlador:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_p}{s} \left(1 + \frac{1}{T_i * s} \right)$$

Nota: La ganancia K_p se puede variar entre 0 y 0.09 para el motor sin carga y el tiempo de acción integral entre 0 y 100000ms (100s).

El sistema de control que describe la regulación de velocidad empleada con acción de control PI del sistema se describe en la figura 66.

Figura 66. Sistema de control de velocidad con acción PI

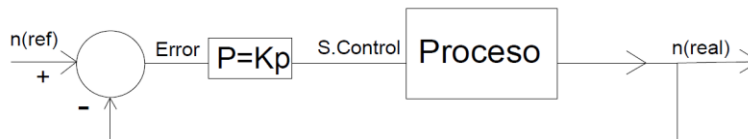


Donde $n(\text{ref})$ es la señal de referencia de velocidad, $n(\text{real})$ la señal de salida de velocidad y el proceso es el sistema de lazo abierto de velocidad.

4.1.1 Desactivar la acción integral T_i del regulador de velocidad y modificar la ganancia de acción K_p .

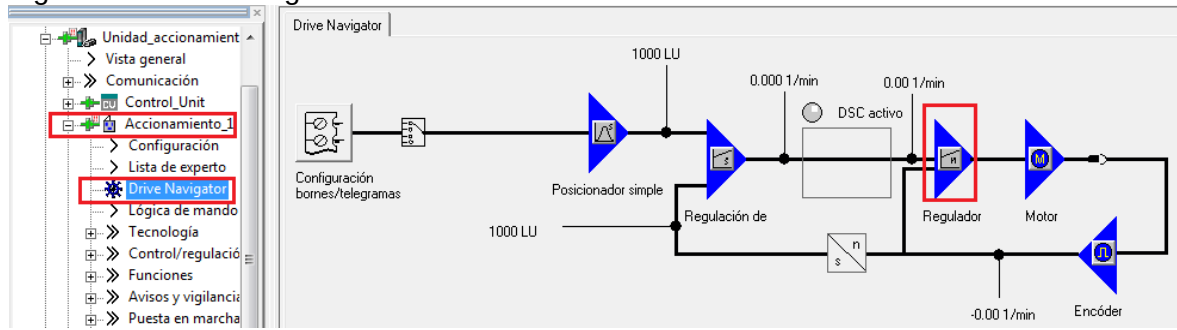
Es posible desactivar la acción integral del controlador con el fin de trabajar con el lazo de control de Velocidad empleando un controlador proporcional de ganancia K_p (lazo de realimentación unitaria con control Proporcional) ver figura 67.

Figura 67. Sistema de control de velocidad con acción P

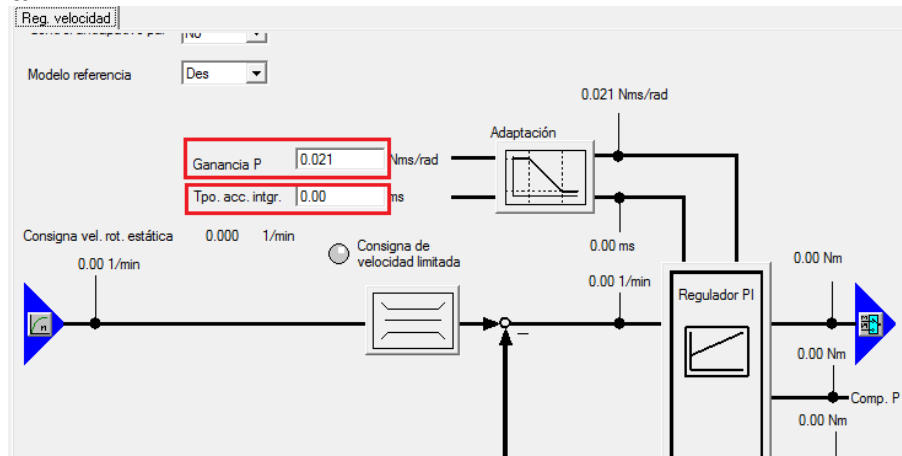


Para desactivar esta acción integral se Ingresar a la opción opción Drive Navigator , y se ingresa al regulador de velocidad  ver figura 68.

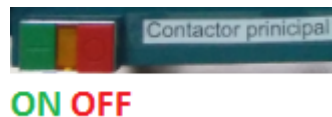
Figura 68. Drive Navigator



En el regulador de velocidad  se puede observar y modificar directamente los parámetros del controlador PI utilizado en la regulación, para desactivar la acción integral se le asigna un valor de ($T_i = 0$) y para modificar la ganancia K_p se ingresa un valor entre 0 y 0.09 (ejemplo $K_p=0.021$) ver figura 69.

Figura 69. Desactivar la acción $T_i = 0$ del regulador de velocidad y modificar la ganancia proporcional

Nota: Si al modificar la ganancia proporcional K_p del controlador de velocidad, se excede su valor crítico o límite y se conecta el accionamiento , el sistema entrará en inestabilidad, por lo que se debe desconectar el sistema del contactor principal **OFF** para que el sistema no se exponga a esfuerzos indeseados.



4.2 Regulador de posición PI

El sistema de control de posición del accionamiento Sinamics S110, emplea una estrategia de control PI, los parámetros de controlador PI que se ingresan en este controlador son la ganancia de acción proporcional K_v y el tiempo de acción integral T_i donde, se tiene la siguiente función de transferencia para el controlador:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_v}{s} \left(1 + \frac{1}{T_i * s} \right)$$

Nota: Solo se recomienda variar la ganancia K_v solo se debe variar entre cero y diez mil revoluciones por minuto $0.000 \left(\frac{1000}{\text{min}} \right)$ y $10.000 \left(\frac{1000}{\text{min}} \right)$, el tiempo de acción integral se puede variar entre 0 y 100000ms (100s).

El sistema de control que describe la regulación de posición empleada con acción de control PI del sistema se describe en la figura 70.

Figura 70. Sistema de control de velocidad con acción PI



Donde $x(\text{ref})$ es la señal de referencia de posición, $x(\text{real})$ la señal de salida de posición y Gx_{ol} el sistema en lazo abierto de posición.

4.2.1 Modificar la acción de ganancia K_v

Para modificar los parámetros del regulador de posición PI del sistema se debe ingresar a la opción Drive Navigator , luego ingresar a las consignas de posición  y finalmente ingresar al regulador de posición  (ver figura 71a y 71b).

Figura 71a. Drive Navigator y consignas de regulación de posición

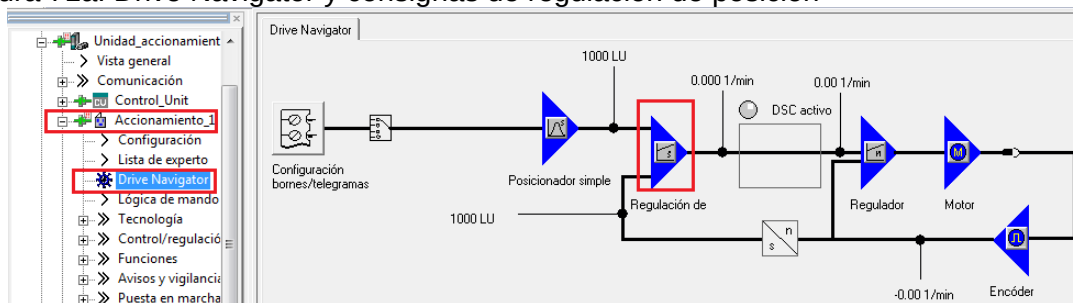
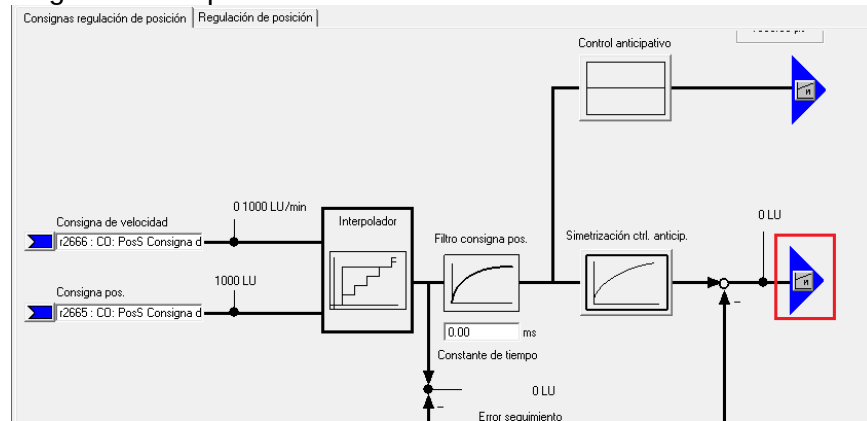
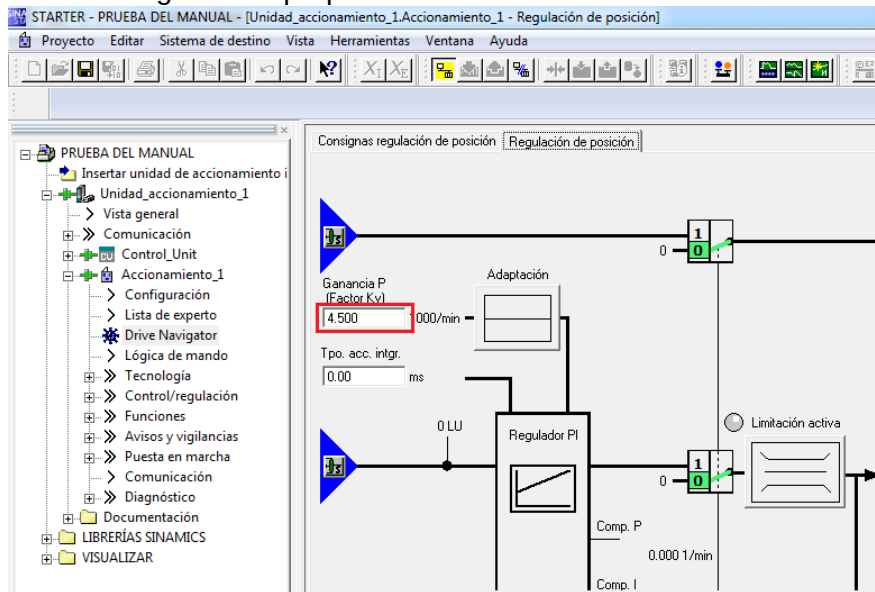


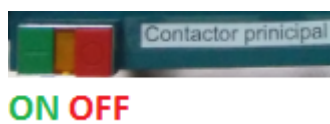
Figura 71b. Regulación de posición



En el regulador de posición , se puede observar y modificar directamente los parámetros del controlador PI utilizado en la regulación, este controlador utiliza por defecto solo una acción proporcional de ganancia K_v deshabilitando la acción integral $T_i = 0$, para modificar esta ganancia se debe ingresar un valor entre $0.000 \left(\frac{1000}{\text{min}}\right)$ y $10.000 \left(\frac{1000}{\text{min}}\right)$, para el ejemplo de la figura 72 se especifica una constante de $K_v=4500 \text{ rev/min}$.

Figura 72. Modificar la ganancia proporcional $K_v=4500 \text{ rev/min}$ 

Nota: Si al modificar la ganancia proporcional K_v del controlador de posición , se excede su valor crítico o límite y se conecta el accionamiento , el sistema entrará en inestabilidad, por lo que se debe desconectar el sistema del contactor principal **OFF** para que el sistema no se exponga a esfuerzos indeseados.

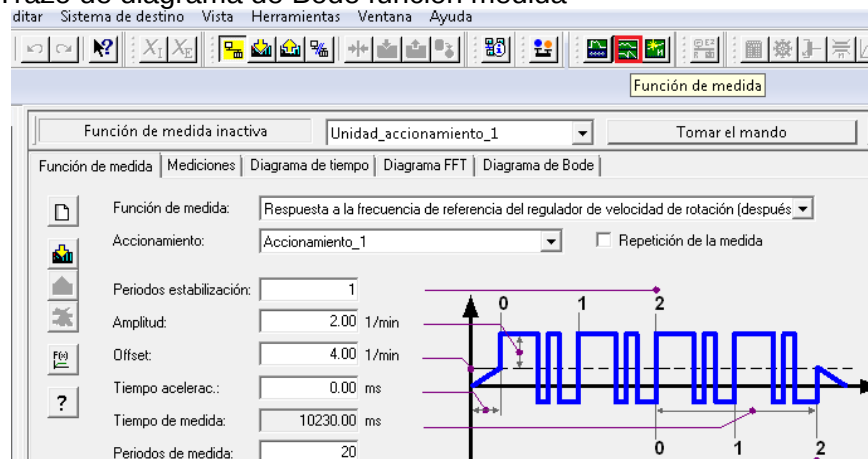


5 DIAGRAMA DE BODE UTILIZANDO STARTER PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD

Es posible trazar el diagrama de Bode a partir de utilizar la función medida del software STARTER el cual permite trazar el diagrama para el sistema de control de velocidad del sistema y de corriente, cabe considerar que la respuesta en frecuencia puede ocasionar daños u operaciones no deseadas en el sistema por lo que se recomienda emplear una pequeña ganancia en el controlador de acción proporcional del sistema de control de velocidad para la respuesta en frecuencia, de modo que se debe repetir el procedimiento 4.1.1 de desactivación de la acción integral ($T_i = 0$) y asignar un valor de ganancia proporcional cercano al valor mínimo (no exceder de $k_p = 0.07 \text{ Nms/rad.}$).

Para obtener el diagrama de Bode del Sistema de Control de velocidad se emplea la función medida  (ver figura 73)

Figura 73. Trazo de diagrama de Bode función medida



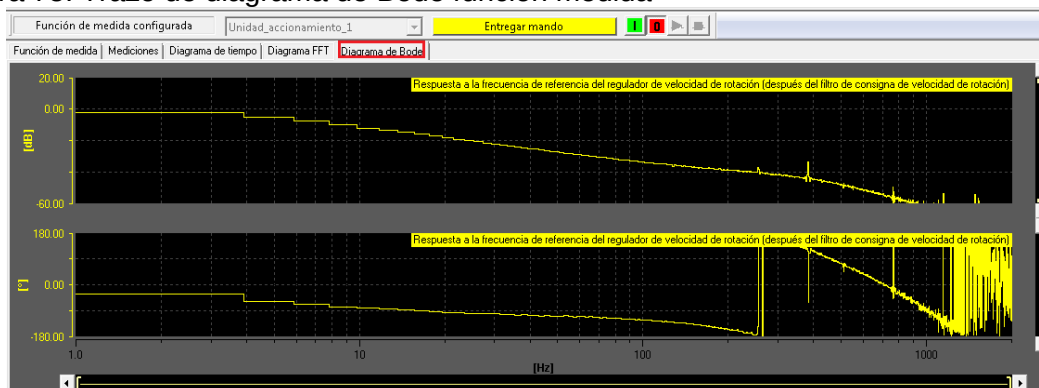
Esta función permite obtener la respuesta en frecuencia del sistema para diferentes variables, en este caso para trazar el diagrama de Bode del sistema estudiado se selecciona la respuesta en frecuencia del regulador de velocidad de referencia, se asigna un escalón de amplitud de 150 rpm, un punto de operación de 3000 rpm y se toma el mando de la función medida **Tomar el mando**, ver figura 74.

Figura 74. Tomar el mando Función medida



Finalmente se procede a empezar la medición conectando el accionamiento **1** e iniciando las funciones de medida , obteniendo el diagrama de Bode deseado ver figura 75.

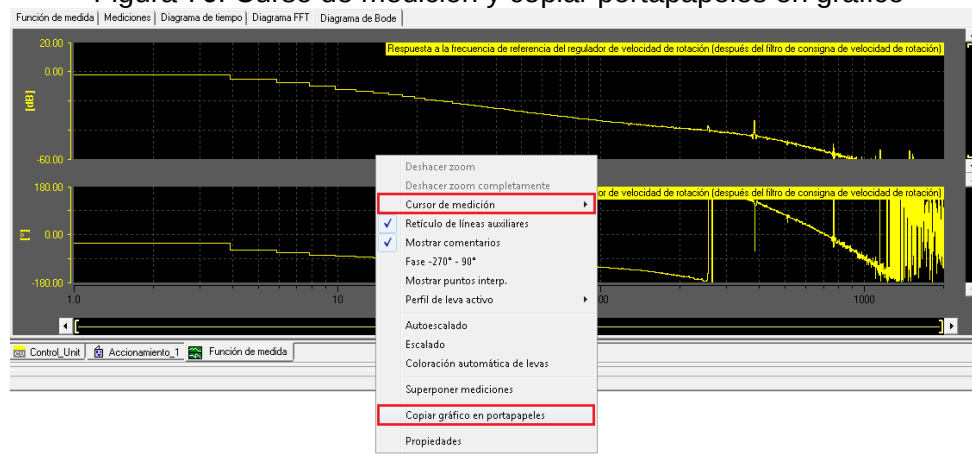
Figura 75. Trazo de diagrama de Bode función medida



Nota: No es posible extraer el diagrama de Bode directamente de la medición por lo que en esta práctica los valores se miden directamente en el software, para medir estos valores se emplean los cursores de medición, para activar estos cursores se da clic derecho sobre el diagrama (ver figura 76).

Existe la posibilidad de copiar los gráficos o diagramas, seleccionando la opción copiar en portapapeles la cual se activa dando clic derecho sobre el diagrama (ver figura 76).

Figura 76. Curso de medición y copiar portapapeles en gráfico



BIBLIOGRAFIA

- [1] Siemens, "Sinamics s110 Manual de funciones," 2010.
- [2] Siemens, "Sinamics s110 Manual de Listas," 2012.
- [3] SINAMICS S110, "Manual de producto." 2011.