

**:: IES JAUME I – ONTINYENT::**

-----

**CFGS AUTOMATITZACIÓ i ROBÒTICA  
INDUSTRIAL.**

**SISTEMES PROGRAMABLES AVANÇATS.  
CURS 2023-2024**

**Unitat de Treball 3.  
Analogía i encoders.**

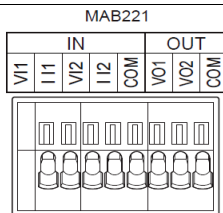
## Unidad 3: Analog I/O – Encoders.

### A).- Entradas y salidas analógicas.

#### 1.- Tarjetas opcionales I/O

El módulo analógico de entrada-salida puede ser cualquiera de los siguientes y se conecta al frontal del PLC NX1P2 de Omron. El módulo disponible en el IES Jaume I es el NX1W-MAB221 que dispone de 2 entradas y 2 salidas analógicas.

Los terminales de conexión son los siguientes:



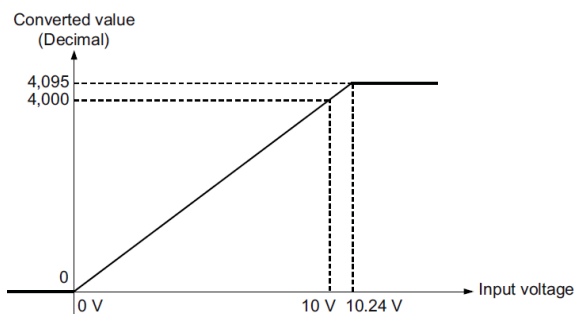
Item	NX1W-MAB221
Appearance	
Analog input	2 inputs
Input range	0 to 10 V, 0 to 20 mA
Resolution	1/4,000, 1/2,000
Analog output	2 outputs
Output range	0 to 10 V
Resolution	1/4,000
Conversion time	6 ms/Option Board
Isolation	No-isolation
External connection terminal	Screwless clamping terminal block

#### 2.- Rango de la señal de entrada.

La tarjeta opcional de E/S analógica NX1W-MAB221 admite dos rangos de entrada analógica en diferentes unidades: 0 a 10 V y 0 a 20 mA. No es necesario seleccionar el rango de entrada. Si la señal de entrada excede el rango de conversión de valor permitido, el valor convertido se fija en el límite superior o inferior.

##### **Entrada en tensión: 0 hasta 10 V**

Un voltaje de entrada de 0 a 10 V se convierte en un valor entero con signo (0 a 4.000). El rango de conversión de valor permitido es de 0 a 4095. Para conocer el voltaje en la entrada de la tarjeta analógica, la lectura de datos digitales (0 a 4000) se convierte a su equivalente analógico en voltios. Esta conversión es interesante debido a que es necesario conocer el valor analógico leído.



El dato leído en el PLC para una tensión en la entrada será:

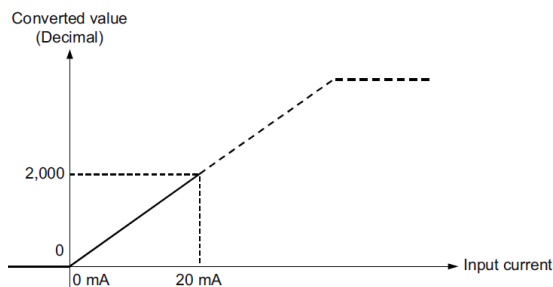
$$lectura_{digital} = \frac{4000 \cdot V_{in}}{10}$$

Al convertir el dato leído en el PLC a voltios será:

$$V_{leida}(V) = \frac{lectura_{digital} \cdot 10}{4000}$$

##### **Entrada en corriente: 0 a 20 mA**

La entrada en corriente se convierte a un dato entero de 0 a 2.000. El rango de conversión de valor permitido es de 0 a 4095. Sin embargo, la corriente de entrada no puede exceder la clasificación máxima absoluta, que es 30 mA.



El dato leído en el PLC para una corriente en la entrada será:

$$lectura_{digital} = \frac{2000 \cdot I_{in}}{20}$$

La intensidad leída en mA será:

$$I_{leida}(mA) = \frac{lectura_{digital} \cdot 20}{2000}$$

En numerosas ocasiones a la lectura digital del PLC (0-4000 o 0-2000) lo llamamos dato en crudo (**raw data**) ya que es necesario convertirlo a un formato más adecuado para saber que se está leyendo.

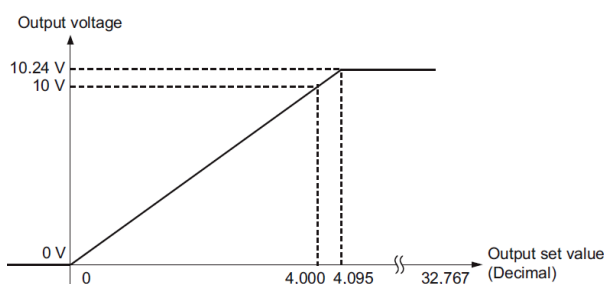
**Cuestiones:**

1. -Para medir una temperatura entre 0 y 100°C, se dispone de una sonda que proporciona 50 mV/°C. Determinar:
  - Valor máximo en voltios que proporciona el sensor para dicho rango de T<sup>a</sup>.
  - Lectura digital (dato en crudo o raw data) en el PLC si la temperatura es de 45°C y el rango de entrada del PLC es 0...10V.
- 2.- Determinar la lectura digital (dato en crudo o raw data) leída por el PLC cuando se mide las magnitudes siguientes:
  - a).- 2,94 V. Si la entrada está configurada en 0...10V
  - b).- 10,2 mA. Si la entrada está configurada en 4...20mA

**Rango de salida y valores establecidos de salida**

La tarjeta opcional de E/S analógica NX1W-MAB221 admite un solo rango de salida analógica: 0 a 10 V, que corresponderá un dato entero entre 0 y 4000.

Si el valor establecido de salida excede el rango de conversión de valor permitido, el valor analógico se fija en el límite superior o inferior. El valor establecido de salida del entero con signo (0 a 4095) se convierte en voltaje de 0 a 10 V y se emite. El rango de conversión del valor de ajuste de salida permitido es de 0 a 4095.



El dato a presentar en el canal de salida del módulo para una tensión para una determinada V<sub>out</sub> será:

$$dato_{entero} = \frac{4000}{V_{FE}} V_{out} = \frac{4000}{10} V_{out}$$

**3.- Conexión de las entradas y salidas analógicas.**

Para realizar una medida correcta de las señales es imprescindible realizar la conexión según se especifica a continuación:

Cableado de las entradas y salidas			Entradas no conectadas
Entrada en tensión	Entrada en corriente	Salida en tensión	
Se conecta directamente entre la entrada VI1 o VI2 y el COM de las entradas.	Se realiza un puente entre la entrada de tensión y la de corriente,	Se conecta directamente según el esquema:	Cortocircuitar las entradas V,I al COM
<p>MAB221</p> <p>VI1 I11 VI2 I12 COM VO1 VO2 COM</p> <p>Señal tensión 0-10V</p>	<p>MAB221</p> <p>VI1 I11 VI2 I12 COM VO1 VO2 COM</p> <p>Señal corriente 0 o 4- 20 mA</p>	<p>MAB221</p> <p>IN OUT VI1 I11 VI2 I12 COM VO1 VO2 COM</p> <p>Entrada tensión 0 -10V</p>	<p>IN VI1 I11 VI2 I12 COM</p>

## Conexión de los generadores de corriente 4-20 mA

Para realizar pruebas se utilizan los generadores de bucle de corriente, que pueden ser de 2 tipos, con alimentación o alimentados directamente en el bucle de corriente.

Tipo de generador de corriente 4-20mA	Esquema de cableado a la entrada de corriente del NX1P2, según el conector enchufable lateral de la maqueta.	Esquema visual
Con alimentación externa, 4 pines de conexión.		
Autoalimentado en el bucle, 2 pines de conexión.		Wiring diagram (Working Principle of Current Loop): 

### Cuestiones:

3.- ¿Cuál es la tensión de salida para el canal de salida 1, si los valores de las variables de salida son los que muestran?

- 1.- dato: 500
- 2.- dato: 3451
- 3.- dato: 1498

4.- De cuantos bits es el canal de salida de la tarjeta MAB221?

5.- ¿Cuál es la mínima variación que se podrá producir en la salida cuando varíe un dígito el valor escrito en la variable de salida?

## 4.- Procedimiento de configuración

Paso 1: Configurar la tarjeta opcional: En el sysmac studio habilitar la tarjeta.	Paso 2: Asignar variables de entrada y salida

**Paso 3.** Cablear las entradas analógicas, según sean de corriente o tensión teniendo en cuenta lo especificado en el punto 3 anterior.

**Paso 4:** Realizar el programa usando las variables creadas,

**Paso 5:** Verificar el funcionamiento del mismo.

Para este paso es muy conveniente tener una tabla de verificación con los valores decimales que se deben leer cuando se presenta en la entrada analógica una determinada señal de tensión o

corriente. Así como los valores de tensión en la salida cuando se aplican valores decimales al canal de salida.

### Cuestión 6:

Crea un programa para el NX1P2 que permita leer una entrada analógica 4...20mA que representará una lectura de un sensor de temperatura de 20 a 1000°C mostrar el dato en el HMI. El programa convertirá el dato proporcionado en su correspondiente valor en °C, se realizará utilizando una sección de conversión en **lenguaje ST** con la función ScaleTrans

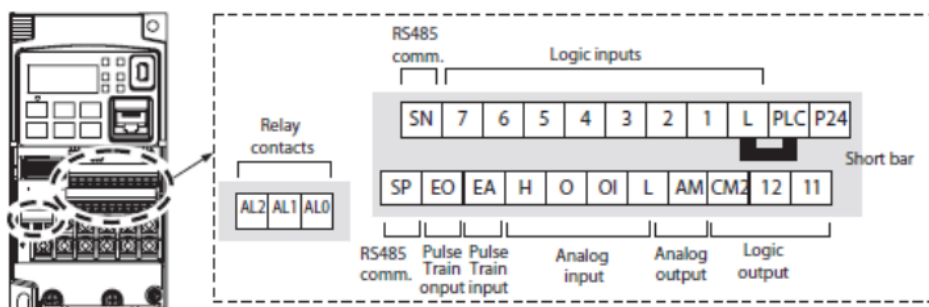
Amplia el programa anterior de forma que, la salida analógica del PLC aplique una tensión a una entrada de un variador de frecuencia, mediante una señal 0...10V, teniendo en cuenta la entrada anterior, pero con una acción de control inversa. (Visualizar en un polímetro).

## 5.- CONTROL DEL VARIADOR DE FRECUENCIA POR ANALOGÍA.

### 5.1.-REFERENCIA DE FRECUENCIA ANALÓGICA.

La referencia de frecuencia se puede controlar mediante una entrada analógica ya sea de tensión o de corriente o a partir de un potenciómetro externo.

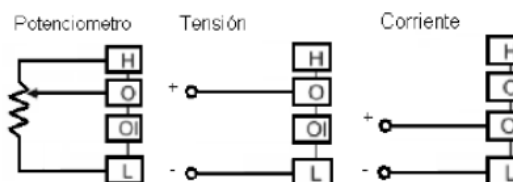
Esquema del bloque de terminales:



Señales y cableado:

P24 = +24Vdc para entradas digitales  
PLC = Común entradas digitales  
L = GND para entradas digitales

Entrada[1] = FW marcha directa  
Entrada[2] = RV marcha inversa



Entrada analógica	H	Alimentación de referencia de frecuencia	10 Vc.c. 10 mA máx.
	O	Señal de referencia de frecuencia de tensión	De 0 a 10 Vc.c. (10 kΩ)
	OI	Señal de referencia de frecuencia de corriente	De 4 a 20 mA (250 Ω)
	L	Referencia de frecuencia común (en la fila inferior)	--

Nota: Para el empleo de un potenciómetro emplee una resistencia de 1 a 2kΩ – 2W.

### Cuestión 7:

Monta un generador de corriente de bucle según la configuración anterior y modifica la frecuencia máxima para que el rango de frecuencias varíe entre 0 y 50Hz.

- Configuración marcha y paro a través de consola. Referencia de frecuencia a través de señal externa:

Param	Descripción	Ajuste
A001	Configuración de origen de frecuencia	1: Bloque Terminales
A002	Configuración de la señal de Run	2: Operador Digital
A004	Configuración de máxima frecuencia	50

## 5.2.- CONFIGURACIÓN DE LA MULTIVELOCIDAD.

El variador MX2 tiene la capacidad de almacenar hasta 16 frecuencias predefinidas en los parámetros A020 hasta A035. Estas frecuencias predefinidas se seleccionan mediante las entradas digitales del variador (1 a 7).

Existen dos formas para seleccionar la velocidad la operación binaria y la operación de bits:

- **Operación binaria:** Para la operación binaria A019=00, se pueden seleccionar hasta dieciséis velocidades mediante la combinación de cuatro entradas digitales.

### Operación binaria ("1"=ON)

Velocidad	Parámetro	CF4	CF3	CF2	CF1
Velocidad 0	A020	0	0	0	0
Velocidad 1	A021	0	0	0	1
Velocidad 2	A022	0	0	1	0
Velocidad 3	A023	0	0	1	1
Velocidad 4	A024	0	1	0	0
Velocidad 5	A025	0	1	0	1
Velocidad 6	A026	0	1	1	0
Velocidad 7	A027	0	1	1	1
Velocidad 8	A028	1	0	0	0
Velocidad 9	A029	1	0	0	1
Velocidad 10	A030	1	0	1	0
Velocidad 11	A031	1	0	1	1
Velocidad 12	A032	1	1	0	0
Velocidad 13	A033	1	1	0	1
Velocidad 14	A034	1	1	1	0
Velocidad 15	A035	1	1	1	1

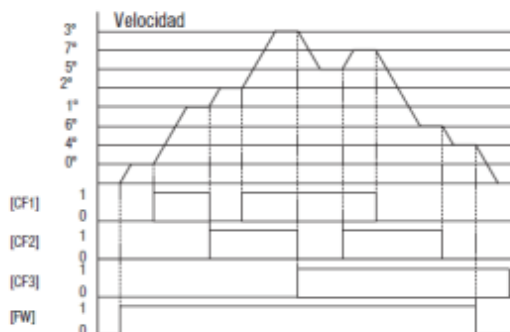
Para elegir un funcionamiento con un subconjunto de velocidad, empiece siempre por los bits menos significativos: CF1,CF2,..

CF1: Velocidad 0 .. 1

CF2 – CF1: Velocidad 0 .. 3

CF3 - CF2 – CF1: Velocidad 0 .. 7


CF4 – CF3 - CF2 – CF1: Velocidad 0 .. 15



Nota: La velocidad 0 depende del valor de A001

Para realizar la operación binaria la configuración se establece como sigue:

- Operación binaria:

Código de opción	Símbolo de terminal	Nombre de función	Estado	Descripción
02	CF1	Selección multivelocidad, bit 0 (LSB)	ON	Selección de velocidad codificada binaria, bit 0, lógica 1
			OFF	Selección de velocidad codificada binaria, bit 0, lógica 0
03	CF2	Selección multivelocidad, bit 1	ON	Selección de velocidad codificada binaria, bit 1, lógica 1
			OFF	Selección de velocidad codificada binaria, bit 1, lógica 0
04	CF3	Selección multivelocidad, bit 2	ON	Selección de velocidad codificada binaria, bit 2, lógica 1
			OFF	Selección de velocidad codificada binaria, bit 2, lógica 0
05	CF4	Selección multivelocidad, bit 3 (MSB)	ON	Selección de velocidad codificada binaria, bit 3, lógica 1
			OFF	Selección de velocidad codificada binaria, bit 3, lógica 0
Válido para las entradas		C00 I-C007		Ejemplo (algunas entradas CF requieren la configuración de entrada; algunas son entradas predeterminadas):
Configuración necesaria:		F00 I, R00 I=02, R020 a R035		
<ul style="list-style-type: none"><li>Al programar la configuración de multivelocidad, asegúrese de pulsar la tecla  cada vez y, a continuación, establecer la siguiente configuración de multivelocidad. Tenga en cuenta que si no se pulsa la tecla no se establecerán los datos.</li><li>Cuando es necesario establecer una configuración de multivelocidad mayor que 50 Hz (60 Hz), se debe programar la frecuencia máxima R004 lo suficientemente alta como para permitir dicha velocidad.</li></ul>				

CF4CF3CF2CF1





Los parámetros a modificar:

Param	Descripción	Ajuste
A001	Configuración de origen de frecuencia	02 : Operador digital 01: Terminales del circuito de control (la velocidad 0 equivale a la referencia suministrada por los terminales O/OI)
A019	Selecc. operación de multivelocidad	0 : Binaria // 1: Bits
A020 - A035	Referencias de multivelocidades	xx: Según necesidad de aplicación
C001 - C007	Configuración de máxima frecuencia	02 -05 Configuración binaria CF1-CF4 32 - 38 Configuración de bits SF1 – SF7

### Cuestión 8:

Con las entradas digitales del variador 3,4 y 5 programa 8 velocidades para el motor desde 10 a 80Hz, que variará según la combinación de las entradas anteriores, la aceleración y la deceleración serán de 0.5 segundos. La marcha será a 2 hilos con los terminales de entrada 1 y 2.

La selección de cada velocidad se realizará en el HMI.

Comprueba el funcionamiento.

### Cuestión 9:

Amplia el programa de control anterior de forma que la velocidad del variador se controle mediante una señal analógica 0 a 10V para que frecuencia sea de 80Hz a  $V_{\max}=10V$  y 10 Hz a  $V_{\min}=0V$ . Para lograrlo deberás estudiar el funcionamiento de los parámetros A12-A15 (pag 22 de la guía rápida (ver Aules)).

La consigna de velocidad se ajustará desde el HMI.

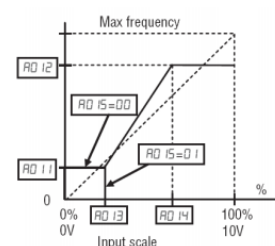
La operación de marcha-paro se realizará en configuración 2 hilos.

Ten en cuenta que la actualización de la velocidad no debe ser inmediatamente posterior a su actualización en el control deslizante, sino que debe hacerse a través de un botón de “Actualizar” y se actualizará después de realizado un ciclo de operación.

#### Parámetros A012 – A015

#### Escalados de entrada analógica de tensión [O]

Estos parámetros permiten realizar el escalado de la entrada analógica de tensión [O] de acuerdo a las necesidades del usuario.



Ejemplo de configuración:

- ✓ Señal externa con rango de entrada 0V --- 7.5V
- ✓ Rango frec. deseado: 2.5Hz --- fmax (A004=60Hz)

A011 = 2.5 Hz

A012 = 60.0 Hz

A013 = 0 %

A014 = 75 % (  $10V + 0.75 = 7.5V$  )

Parámetro	Nombre	Explicación	Valor inicial	Unidad
A011	Frecuencia inicial [O]	Frecuencia de salida correspondiente al valor mínimo de entrada analógica de tensión [O]	0.00	Hz
A012	Frecuencia final [O]	Frecuencia de salida correspondiente al valor máximo de entrada analógica de tensión [O]	0.00	Hz
A013	Tensión inicial [O]	Valor inicial de tensión de entrada [O] en correspondencia con la frecuencia inicial definida en A011.	0	%
A014	Tensión final [O]	Valor final de tensión de entrada [O] en correspondencia con la frecuencia final definida en A012.	100	%
A015	Selección de valor inicial de frecuencia de entrada [O]	Selección entre: 00: Utilizar offset (A011) 01: Empezar	1	--

**Cuestión 10 EVALUABLE:**

En una planta industrial, se dispone de 2 tanques de almacenamiento de líquidos (acetona y ácido nítrico) tal y como se indica en la tabla adjunta. Para el control del proceso, se debe saber el volumen del tanque en metros cúbicos a partir de la medida obtenida en un sensor analógico que indica el peso del líquido en cada tanque:

Número de tanque (alumno)	Reactivo	Densidad	Altura máxima del tanque	Diámetro del tanque
1	Acetona	784 kg/m <sup>3</sup>	12 m	5 m
2	Ácido nítrico	1513 kg/m <sup>3</sup>	8 m	4 m

a.- Utilizar 2 generadores de corriente de bucle como sensores analógicos de peso, indica la conexión realizada (cada alumno configurará un sensor).

b.- Comprueba el funcionamiento del sistema comprobando la lectura que se tiene en el Sysmac Studio con la intensidad que proporcionan los sensores. Los sensores tienen una escala de 0 a 200.000 kg para el rango de salida de 4 a 20mA.

Anexa una tabla de comprobación, la configuración del módulo y de las variables.

c.- Desarrolla una sección programada en ST que calcule tanto el **volumen en m<sup>3</sup> de producto almacenado en el tanque como la altura alcanzada**, a partir del dato proveniente del sensor analógico anterior, que nos proporciona el peso del líquido. Tener en cuenta los límites del tanque y el rango de salida de los sensores.

d.- Amplia el apartado anterior para visualizar el dato de nivel en la pantalla **kinco**, de forma numérica y gráfica, se utilizará algún objeto tipo tanque.

e.- Diseñar el **control del proceso** como sigue, especificando Grafcet y pantalla. Considerar que cada tanque tiene una bomba y una EV y unos pulsadores (que serán compartidos en vuestro caso).

El tanque se llena a partir de una bomba de impulsión, el sistema funciona como sigue, al arrancar el sistema los actuadores en OFF. **Se considera que el proceso arranca con los tanques vacíos.**

Al pulsar el botón de marcha (**PM**) se conectarán las bombas de impulsión en velocidad alta (**80Hz**) hasta que la lectura en m<sup>3</sup> sea del 70% del volumen, momento en que se abrirá la válvula de evacuación al proceso de producción y se bajará la velocidad de las bombas a velocidad baja (30Hz). Cuando se llegue al 90% de la capacidad del tanque, parará la bomba de impulsión. Si el volumen baja por debajo del 30% se activará la bomba de nuevo y se cortará el suministro de acetona por la válvula de evacuación al proceso productivo, reanudándose el ciclo automático, sin necesidad de volver a pulsar el **PM**. En caso de pulsación del pulsador de paro (**PP**) el sistema desactivará todos los actuadores y esperará la pulsación de Marcha para reanudar el ciclo automático.

Valora la posibilidad de añadir variables booleanas a la sección programada que indiquen si el tanque está por encima o debajo del 30%, 70% o 90%.

Dibuja un esquemático y el Grafcet, debe ser comandado desde botonera y/o desde pantalla.

Redacta un **manual de usuario** de la máquina a través de las pantallas del HMI.

El control de las bombas se realizará con el variador de frecuencia sobre un motor de eje libre, utilizando 2 técnicas:

- Alumno 1: Velocidades escalonadas (multivelocidad).
- Alumno 2: Control de la velocidad por tensión analógica fija.

**Mejoras:**

- Tener la capacidad de variar los umbrales de control (30, 70 y 90%) mediante una pantalla de control de producción.
- Poder intercambiar los líquidos que contiene cada tanque.
- Poder usar otros líquidos con otras densidades en los tanques.



## Unitat 4B: Encoders ópticos incrementales

Los Encoders son sensores que generan señales digitales en respuesta al movimiento. Están disponibles en dos tipos, uno que responde a la rotación, y el otro al movimiento lineal. Cuando son usados en conjunto con dispositivos mecánicos tales como engranes, ruedas de medición o flechas de motores, estos pueden ser utilizados para medir movimientos lineales, velocidad y posición. Los encoders están disponibles con diferentes tipos de salidas:

- ➔ **Encoder incrementales**, que generan pulsos mientras se mueven, se utilizan para medir la velocidad, o la trayectoria de posición.
- ➔ **Encoders absolutos** que generan multibits digitales, que indican directamente su posición actual.



Los encoders pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones. Actúan como transductores de retroalimentación para el control de la velocidad en motores, como sensores para medición, de corte y de posición. También como entrada para velocidad y controles de rango.

A continuación, se lista algunos ejemplos:

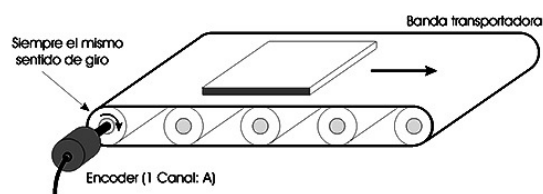
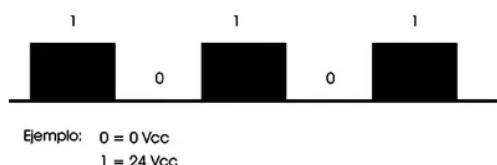
- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● Dispositivo de control de puertas</li> <li>● Robótica</li> <li>● Plotter</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Maquinas de ensamblaje</li> <li>● Maquinas etiquetadoras</li> <li>● Indicación x/y</li> </ul> |
|--|--|

### 2.- Tipos de encoders rotativos:

**A.- Monocanal:** cuando el Encoder solo va a girar en un sentido.

Cuando el receptor de los pulsos del Encoder solo va a sumar los pulsos (no necesita restar pulsos), ó cuando solo se va a controlar la velocidad del desplazamiento (se mide la frecuencia del tren de impulsos).

Por ejemplo, en el control de una banda transportadora, el Encoder siempre gira en el mismo sentido y se puede controlar la velocidad de dicha banda y se puede saber si está en movimiento ó no. El diagrama del tren de impulsos es el siguiente:

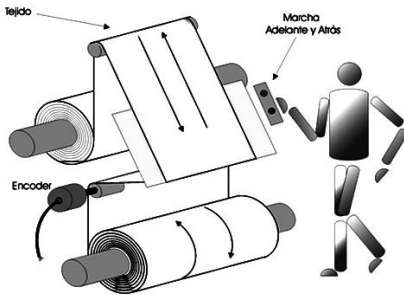


- Se necesita 2 Canales cuando: el Encoder puede girar en ambos sentidos y el receptor de los pulsos tiene que sumarlos si gira en un sentido y debe restarlos si gira en sentido contrario.

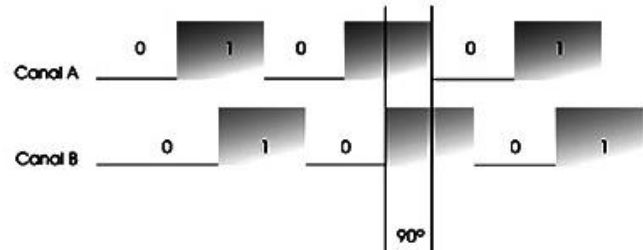
El receptor de los pulsos del Encoder dispone de un circuito electrónico llamado discriminador de Fase que detecta cuál de los dos Canales llega antes. De esta forma sabe en qué sentido está girando el encoder y suma ó resta los pulsos.

Por ejemplo, en una máquina de repasado visual de tejidos. En esta máquina, el operador, hace pasar la tela por un pupitre y va comprobando si tiene algún defecto. Si es así, para el rodillo que mueve la tela, y retrocede para poner una marca en el punto donde está el defecto. Por lo tanto, el Encoder

girará en sentido contrario y el receptor debe restar los centímetros que haya retrocedido la tela. Al final del proceso, se tiene acumulado la longitud total de tela que ha pasado por la máquina. Veamos un croquis explicativo:

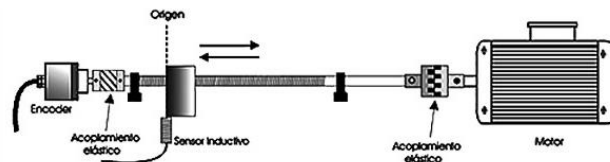


El diagrama de los trenes de impulsos es:



- **Se necesita 2 Canales más Canal de Cero:** cuando se está controlando un posicionamiento de una parte móvil con puesta a «cero» en el origen. El Encoder gira en los dos sentidos para posicionar la pieza móvil en un punto determinado. De vez en cuando hay que posicionar la pieza en el origen y poner a cero el valor acumulado del contador de pulsos para evitar acumulación de errores.

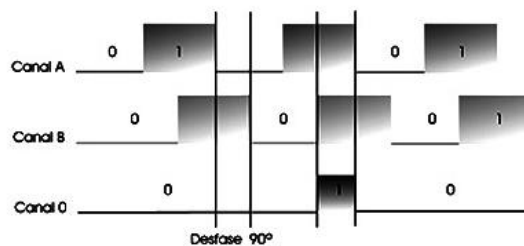
Veamos un croquis:



El motor hace girar el eje y se mueve la pieza móvil. El Encoder está acoplado al eje y gira con él. El discriminador de Fase del receptor de pulsos suma o resta dependiendo del sentido de giro y así se sabe en todo momento donde está la pieza móvil. Cuando dicha pieza llega al origen se produce la puesta a cero del valor acumulado del contador de pulsos (eliminándose posibles errores acumulados por holguras o por deslizamientos, etc.).

La puesta a cero automática se produce cuando coincide la señal del Sensor Inductivo con el Flanco de Subida del Canal de cero del Encoder. De esta forma se consigue una puesta a cero muy precisa en el origen.

Veamos el diagrama de los trenes de impulsos:



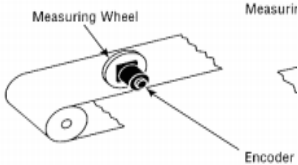
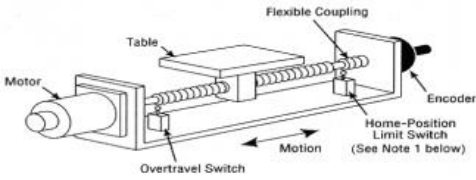
### 3.- Cálculos mecánicos.

Uno de los conceptos más importantes que se deben tener en cuenta de los encoders es la función de conversión mecánica entre los pulsos proporcionados y la magnitud que está midiendo, las magnitudes que normalmente se leen son la posición y la velocidad.

**3.1.- Lectura de la posición:** Mediante el conteo de los pulsos que se han producido, se llega a determinar la posición de un elemento solidario al eje del Encoder. La forma en que el Encoder está acoplado al elemento a medir es determinante para dicho cálculo.

Considerando:

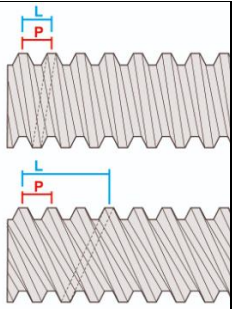
- R: Resolución del Encoder (número de pulsos por revolución PPR)
- D: Diámetro en **mm** de la rueda de fricción (si existe).
- P: Pulsos que proporciona el encoder en el desplazamiento.
- L: Avance en mm del husillo, mm que se desplaza linealmente un objeto solidario al husillo, cuando este da una vuelta, se corresponde con el paso en husillos de entrada simple (1 sola espiral), si existe.
- e: mm de desplazamiento.

Acoplamiento	Ejemplo	Pulsos necesarios para desplazarse a una distancia “e”	mm desplazados a partir de los pulsos
Rueda de fricción		$P = \frac{R \cdot e}{\pi \cdot D}$ (1): ver nota	$e = \frac{P \cdot \pi \cdot D}{R}$ (2): ver nota
En husillo (ver el apartado inferior)		$P = \frac{R \cdot e}{L}$ (1): ver nota	$e = \frac{P \cdot L}{R}$ (2): ver nota

Nota (1): En caso de señal en cuadratura multiplicar P por 4

Nota (2): En caso de señal en cuadratura dividir e entre 4

#### Paso de un husillo:

	<p>El paso es la distancia entre los surcos de los husillos y se usa, por lo general, con productos de tamaño en pulgadas y se especifica como roscas por pulgada. El avance es el recorrido lineal que hace la tuerca con una revolución del husillo y es el modo en que se suelen especificar los husillos de bolas. El paso y el avance son iguales en los husillos de entrada simple. En los husillos de entrada múltiple, el avance es el paso dividido por la cantidad de entradas.</p> <p><a href="http://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/training/difference_between_screw_pitch_and_lead.php">http://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/training/difference_between_screw_pitch_and_lead.php</a></p>
---	--

#### 3.2.- Lectura de la velocidad:

Para determinar la velocidad de desplazamiento de un elemento mediante un encoder, tan solo se debe dividir el número de pulsos recibidos por el tiempo en que se han recibido, de esta forma y aplicando las expresiones anteriores se puede determinar la velocidad exacta del elemento móvil que se está midiendo.

La tarjeta NX-EC0212 puede calcular la frecuencia activando dicha opción.

### 3.- EL ENCODER DE OMRON:

Rotary Encoder


E6B2-C

$2000 \times 0,5\text{mm} = 1000 \text{ mm}$

$\pi \times 80 / 50 =$

**New General-purpose Incremental Rotary Encoder**

- A wide operating voltage range of 5 to 24 VDC (Open-collector Models).
- Resolution of 2,000 pulses/revolution in 40-mm housing.
- Phase Z can be adjusted with ease using the origin indicating function.
- A large load of 30 N in the radial direction and 20 N in the thrust direction is permitted.
- The load short-circuit and reversed connection protecting circuit assures highly reliable operation (except for line-driver outputs).



#### <READ AND UNDERSTAND THIS CATALOG>

Please read and understand this catalog before purchasing the products. Please consult your OMRON representative if you have any questions or comments.

## Ordering Information

Power supply voltage	Output configuration	Resolution (P/R)	Model
5 to 24 VDC	NPN open-collector output	10/20/30/40/50/60/100/200/300/360/400/500/600/720/800/1,000/1,024/1,200/1,500/1,800/2,000	E6B2-CWZ6C
12 to 24 VDC	PNP open-collector output	100/200/360/500/600/1,000/2,000	E6B2-CWZ5B
5 to 12 VDC	Voltage output	10/20/30/40/50/60/100/200/300/360/400/500/600/1,000/1,200/1,500/1,800/2,000	E6B2-CWZ3E
5 VDC	Line driver output	10/20/30/40/50/60/100/200/300/360/400/500/600/1,000/1,024/1,200/1,500/1,800/2,000	E6B2-CWZ1X

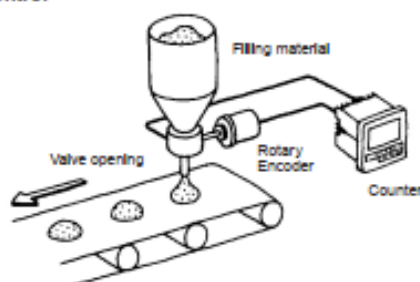
Note: When ordering, specify the resolution in addition to the model number (example: E6B2-CWZ6C 100P/R).

### Accessories (Order Separately)

Name	Model	Remarks
Coupling	E69-C06B	Provided with the product.
	E69-C08B	Different end diameter
	E69-C010B	Different end diameter
	E69-C06M	Metal construction
Flange	E69-FBA	—
	E69-FBA02	E69-2 Servo Mounting Bracket provided.
Servo Mounting Bracket	E69-2	—

## Application Example

Filling Control

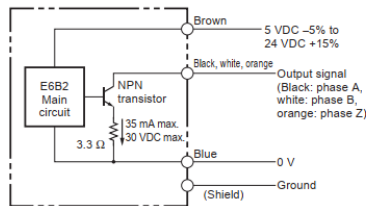


**FACTORY CONTROLS**

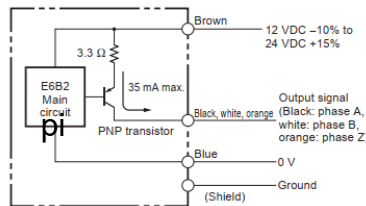
Ph: 03 5278 8222 Fax: 03 5278 9761  
65 Douro Street, North Geelong VIC 3215  
[www.factorycontrols.com.au](http://www.factorycontrols.com.au)

## Output Circuits

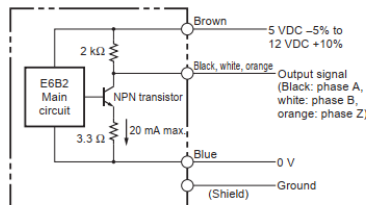
E6B2-CWZ6C



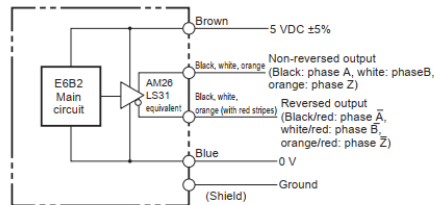
E6B2-CWZ5B



E6B2-CWZ3E



E6B2-CWZ1X



## Connection

Be sure to connect the external terminals correctly or the E6B2-C Rotary Encoder may be damaged.

E6B2-CWZ6C/-CWZ5B/-CWZ3E

Color	Terminal
Brown	Power supply (+V <sub>CC</sub> )
Black	Output phase A
White	Output phase B
Orange	Output phase Z
Blue	0 V (common)

E6B2-CWZ1X

Color	Terminal
Brown	Power supply (+V <sub>CC</sub> )
Black	Output phase A
White	Output phase B
Orange	Output phase Z
Black/red stripes	Output phase $\bar{A}$
White/red stripes	Output phase $\bar{B}$
Orange/red stripes	Output phase $\bar{Z}$
Blue	0 V (common)

Note: Receiver: AM26LS32 equivalent

- Note 1.** The shielded cable outer core is not connected to the inner area or the case.  
**Note 2.** The phase-A, phase-B, and phase-Z circuits are all identical.  
**Note 3.** Normally, connect GND to 0 V or to an external ground.

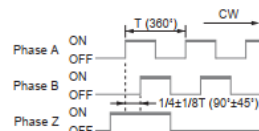
## Timing Charts

### Open-collector Output

E6B2-CWZ6C

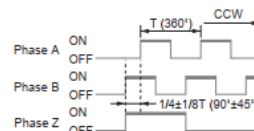
E6B2-CWZ5B

Direction or resolution: CW  
 (As viewed from the end of the shaft)



**Note:** Phase A is  $1/4 \pm 1/8 T$  faster than phase B.  
 (The ONs in the above timing chart mean that the output transistor is ON and the OFFs mean that the output transistor OFF.)

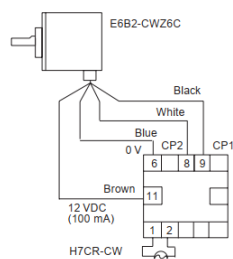
Direction or resolution: CCW  
 (As viewed from the end of the shaft)



**Note:** Phase A is  $1/4 \pm 1/8 T$  slower than phase B.

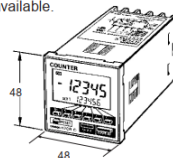
## Connection Examples

### Connection to H7CR-CW Counter



#### Features of H7CR

DIN-sized (DIN 48) counter incorporating a prescale function converting the measured value to the actual value.  
 Synchronized output and  $\pm$  indication are available ( $\pm$  area models).  
 Models with a general-purpose six-digit display and four-digit display are available.



### Connection to K3NR-NB/K3NP-NB Rotary Intelligent Signal Processor

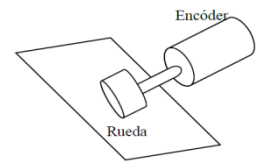
#### Features of K3NR/K3NP

Each model incorporates a prescale function with an input range of 50 kHz and the measurement accuracy is 0.006%.  
 A variety of outputs, including relay, transistor, BCD, linear, and communications outputs, are available.

**Actividades:**

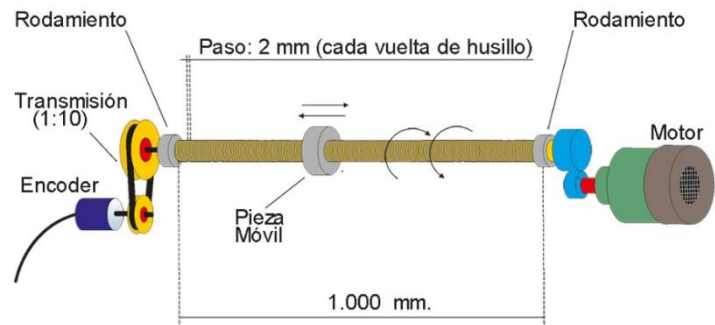
9.- Un encoder incremental de 500 pulsos por vuelta se utiliza junto a una rueda de fricción de 8 cm de diámetro para medir desplazamientos lineales:

- a).- Determinar el desplazamiento lineal por pulso  $\pi * 80 / 500 = 0,5\text{mm}$   
 b).- Determinar el desplazamiento realizado si se han contado 2000 pulsos.  $2000 * 0,5\text{mm} = 1000 \text{ pulsos}$



10.- Se tiene el siguiente montaje en una máquina, siendo el motor síncrono que está girando a 5000 rpm, la relación de transmisión de los engranajes de  $i=0.5$ . Indicar:

- a.- Velocidad de rotación del husillo.  
 b.- Velocidad de traslación de la pieza móvil en cm/s.  
 c.- Velocidad de rotación del encoder.  
 d.- Si el encoder es de 1000 PPR, indicar el número de pulsos que se tendrá por cada cm de desplazamiento del husillo.  
 e.- Determina el mínimo movimiento de la pieza móvil que es detectada por el encoder.



11.- A partir de la placa de características del motor que tienes en la maqueta del husillo:

- Determina el paso del husillo que lleva la maqueta.
- Determina el número de pulsos que proporcionará el encoder por cada vuelta del eje del reductor.
- Determina el número de pulsos del encoder por cada cm de desplazamiento lineal del encoder.
- Teniendo en cuenta el deslizamiento nominal del motor al 100% de la carga, ¿cuántos pulsos por segundo proporcionará el encoder?



#### 4.- Tarjeta de posicionamiento para encoders.

Al PLC NX1 se le pueden añadir muchos tipos de tarjetas de expansión al bus, la tarjeta de expansión disponible es la EC0212, que soporta 2 encoders NPN, la información de instalación, configuración y funcionamiento se describe a continuación.

#### TARJETA NX1 - EC0212.

#### Part Names and Functions

This section describes the names and functions of the parts of the Incremental Encoder Input Uni

Symbol	Name	Function
(A)	Marker attachment locations	This is where the markers are attached. OMRON markers are pre-installed at the factory. You can also install commercially available markers.
(B)	NX bus connector	This connector is used to connect to another Unit.
(C)	Unit hookup guides	These guides are used to connect two Units to each other.
(D)	DIN Track mounting hooks	These hooks are used to mount the NX Unit to a DIN Track.
(E)	Protrusions for removing the Unit	These protrusions are to hold onto when you need to pull out the Unit.
(F)	Indicators	The indicators show the current operating status of the Unit.
(G)	Terminal block	The terminal block is used to connect to external devices. The number of terminals depends on the Unit.
(H)	Unit specifications	The specifications of the Unit are given here.

**EC0212**  

■ CH1
■ A1 ■ B1 ■ Z1

■ CH2
■ A2 ■ B2 ■ Z2

**EC0222**  

■ CH1
■ A1 ■ B1 ■ Z1

■ CH2
■ A2 ■ B2 ■ Z2

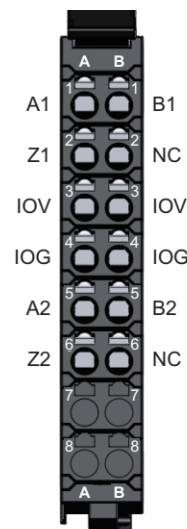
Indicator	Name	Color	Status	Description
CH1	Counter operation status indicator	Green	Lit	The CH1 counter is enabled.
			Not lit	The CH1 counter is disabled.
CH2	Counter operation status indicator	Green	Lit	The CH2 counter is enabled.
			Not lit	The CH2 counter is disabled.
A1, B1, and Z1	Counter input status indicator	Yellow	Lit	The phase-A, phase-B, or phase-Z input for CH1 is active.
			Not lit	The phase-A, phase-B, or phase-Z input for CH1 is not active.
A2, B2, and Z2	Counter input status indicator	Yellow	Lit	The phase-A, phase-B, or phase-Z input for CH2 is active.
			Not lit	The phase-A, phase-B, or phase-Z input for CH2 is not active.

#### Terminal Block Arrangement

Terminal No.	Symbol	I/O	Name
A1	A1	I	Counter 1 input A
A2	Z1	I	Counter 1 input Z
A3	IOV	O	Encoder power supply output, 24 V
A4	IOG	O	Encoder power supply output, 0 V
A5	A2	I	Counter 2 input A
A6	Z2	I	Counter 2 input Z
A7	---	---	---
A8	---	---	---

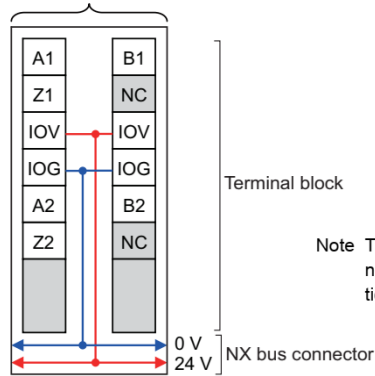
Terminal No.	Symbol	I/O	Name
B1	B1	I	Counter 1 input B
B2	NC	---	Not used.
B3	IOV	O	Encoder power supply output, 24 V
B4	IOG	O	Encoder power supply output, 0 V
B5	B2	I	Counter 2 input B
B6	NC	---	Not used.
B7	---	---	---
B8	---	---	---



Note The encoder power supply output (24 V and 0 V) is provided power from the I/O power supply connected to the Communications Coupler Unit or an Additional I/O Power Supply Unit.

#### Internal Power Supply Wiring Diagram

Incremental Encoder Input Unit

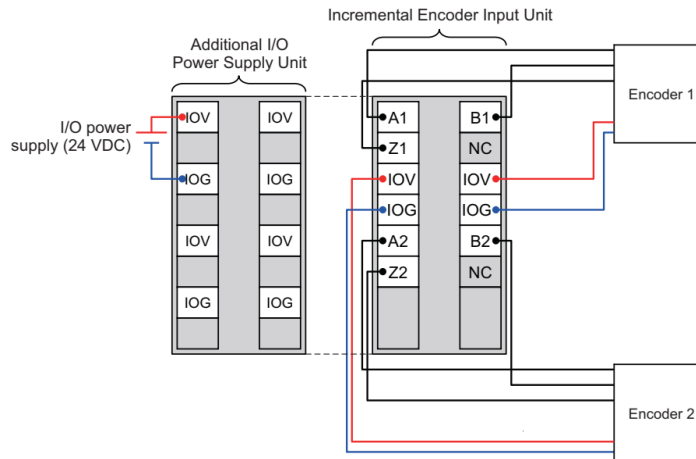


Escriba el texto aquí

Note The I/O power is supplied from the I/O power supply connected to the I/O power supply terminals on the Communications Coupler Unit or an Additional I/O Power Supply Unit.

## Wiring Example

**Nota: Hay que alimentar a 24V los terminales IOV (24V) e IOG (0V).**

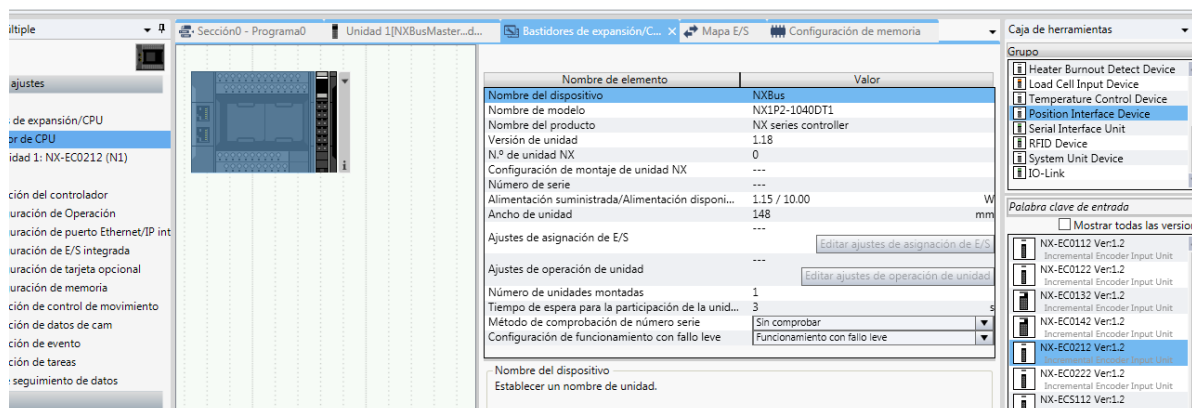


- Note 1. The encoder inputs on Units with voltage inputs are NPN connections.  
 2. To supply power to connected external devices, connect an 24-VDC I/O power supply to the Communications Coupler Unit or an Additional I/O Power Supply Unit to supply power to the Incremental Encoder Input Unit.

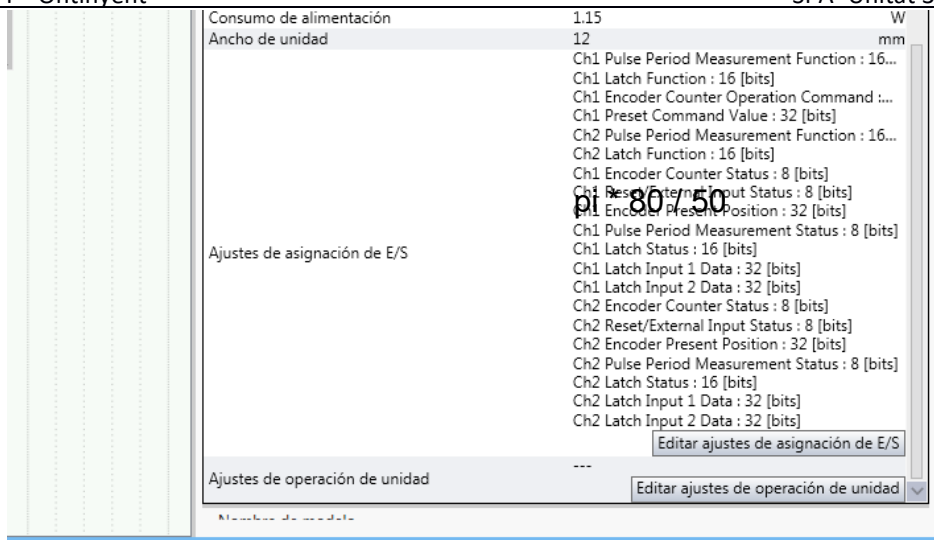
## 4.1.- Instalación del módulo EC212 en Sysmac studio

Cuando se instala el módulo de posicionamiento EC212, se debe agregar al bastidor de la CPU de la siguiente forma:

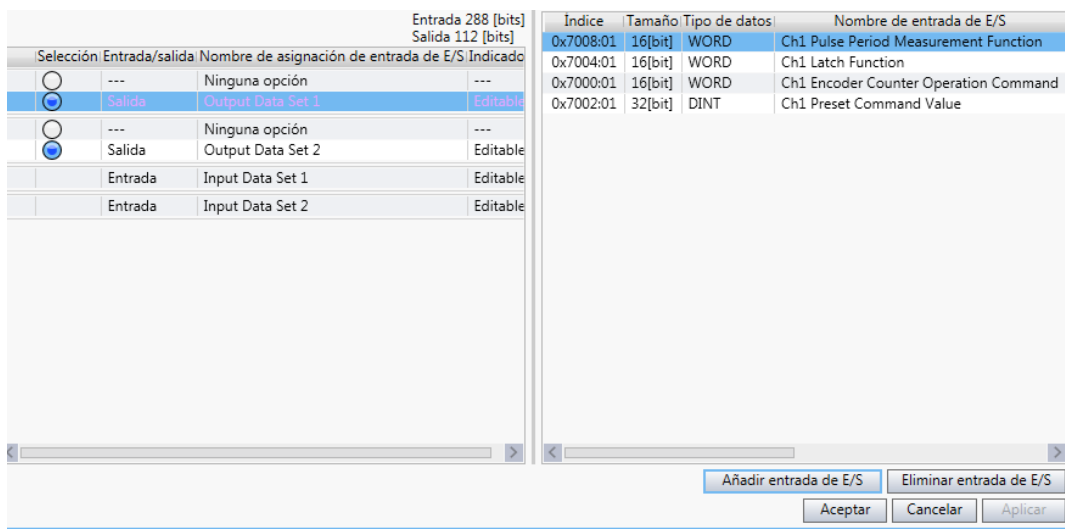
- Buscar el módulo en la caja de herramientas y arrastarlo a bus del NX.



- En el bastidor de expansión, editar los ajustes de asignación de E/S

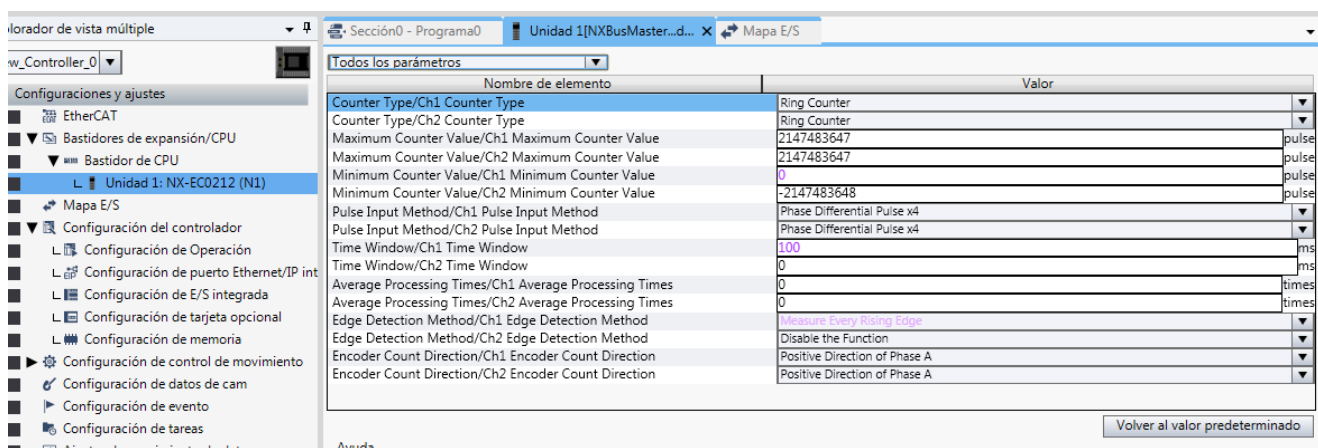


Acceder a “Añadir E/S” y añadir “Ch1 Encoder counter operation” y “Ch1 Preset Command Value”.



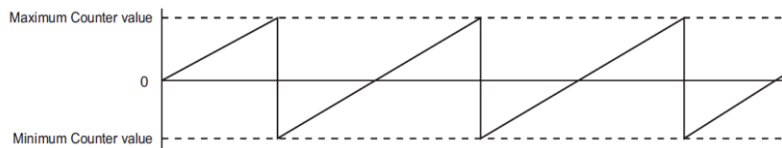
## 4.2.- Configuración del módulo EC0212

La configuración del módulo se realiza



**a.- Tipos de contador:**

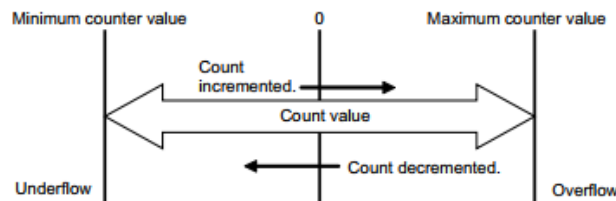
**Contador circular (Ring counter):** El contador se incrementa o decrementa entre los valores máximo y mínimo, si el contador llega al valor máximo de cuenta, continua por el valor mínimo de cuenta.



Parameter name	Setting	Default	Remarks
Maximum Counter Value	1 to 2,147,483,647 (00000001 to 7FFFFFFF hex)	2,147,483,647 (7FFFFFFF hex)	Changes are applied when the power supply to the NX Unit is turned ON or the NX Unit is restarted.  The unit is pulsed.
Minimum Counter Value	-2,147,483,648 to 0 (80000000 to 00000000 hex)	-2,147,483,648 (80000000 hex)	

**Contador Lineal:**

El contador se incrementa o decrementa entre los valores máximo y mínimo, pero cuando llega a los valores extremos genera un bit de overflow o underflow.

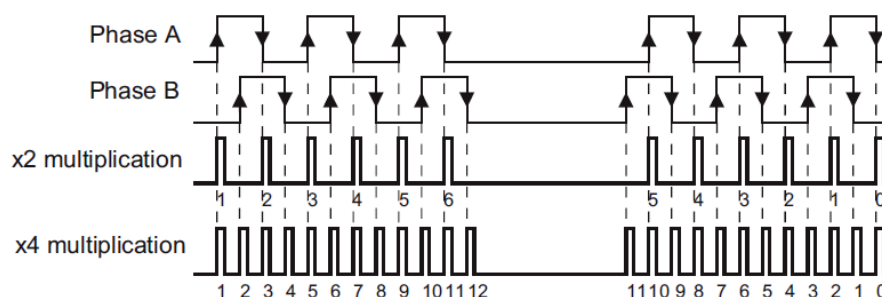
**b.- Tipos de entrada de pulsos:**

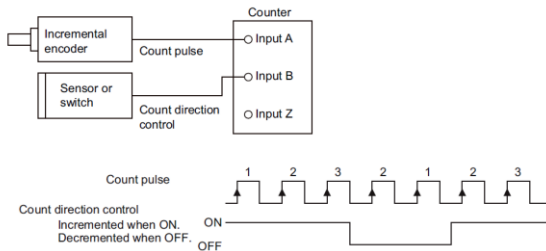
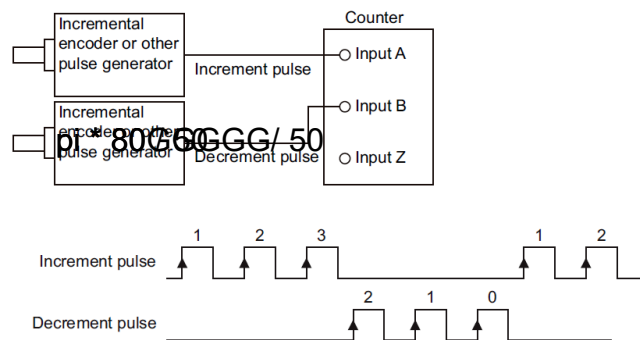
La tarjeta soporta diversos tipos de entrada de pulsos:

- Fase diferencial x2 o Fase diferencial x4
- Pulso y dirección.
- Pulsos arriba-abajo

**b1: Fase diferencial x2 o x4**

Se utilizan los flancos de las señales A y B para incrementar los pulsos contados por el encoder. De esta forma un encoder de 100 PPR, puede detectar hasta 400 pulsos en una vuelta. (100PPRx4).



**b2.- Pulso y dirección.****b3.- Pulsos arriba-abajo.****c.- Dirección de contaje.**

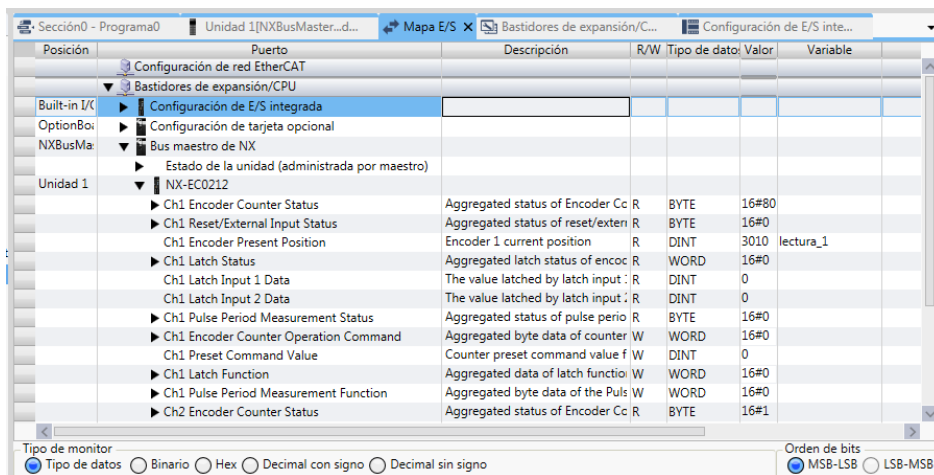
Se puede especificar la dirección de contaje mediante la opción Encoder Count Direction.

Edge Detection Method/Ch2 Edge Detection Method	Disable the Function	▼
Encoder Count Direction/Ch1 Encoder Count Direction	Positive Direction of Phase A	▼
Encoder Count Direction/Ch2 Encoder Count Direction	Positive Direction of Phase A	▼

**4.3.- Área de memoria de la tarjeta de posicionamiento.**

Como otros dispositivos externos, la tarjeta de posicionamiento tiene asignado un espacio de memoria para trabajar con ella. Se debe asignar un nombre a las variables para poder trabajar con ellas en el programa del Sysmac Studio.

Se debe acceder al área de memoria:



Los registros más importantes son:

- **Encoder present position:** Nos indica la cuenta actual del encoder. (32 bits)
- **Encoder counter status:** Indica el estado del canal 1 de la tarjeta. Es direccionable bit a bit.
- **Encoder counter operation command:** Registro mediante el cual podemos habilitar el canal de lectura, resetear la lectura del encoder, precargar un valor en la lectura del encoder, etc.
- **Preset command Value:** Valor a cargar en la lectura del encoder cuando se ejecuta el bit que precargar un valor.
- **Pulse Period Measured Value:** Número de pulsos transcurridos en el tiempo establecido en la configuración.

**Actividades:**

12.- Cablea el encoder al canal 0 de la tarjeta de tu PLC, describe las características del mismo y realiza un programa que lea la cuenta del encoder. Se debe poder:

- Activar/desactivar la lectura del encoder.
- Resetar el encoder software y por Fase Z.
- Precargar la lectura del encoder con el valor 1000.

13.- Se tiene un proceso industrial con las entradas y salidas que se muestran en el cuadro inferior, el proceso se inicia con la pulsación del pulsador PM, la cual provocará la marcha rápida del motor (80Hz). Cuando el encoder (elemento de medida) alcance los 3000 pulsos, se baja la velocidad a 30Hz, velocidad lenta.

Cuando se alcancen los 4000 pulsos debe parar el motor. Si presionamos PV se verificará la medida, si esta es inferior a 4050 pulsos, se activará una salida indicando parada OK, en caso contrario lo hará otra indicando parada\_NO\_OK, ambas estarán activas durante 10 segundos, volviendo a empezar el ciclo.

PM	In 0	NO	Pulsador de marcha
PV	In 1	NO	Pulsador verificación
Indicador_stop_OK	Out 2	24 V	Relé de indicación de parada OK
Indicador_stop_NO_OK	Out 3	24 V	Relé de indicación de parada errónea

Realizar el Grafcet comentado, lista de entradas-salidas, programa del PLC.

En la configuración del contador utilizaremos el modo “diferencial” y con ella observaremos que en el avance cuenta y en el retroceso descuenta, lo cual supone una ventaja.

La manipulación del encoder será manual.

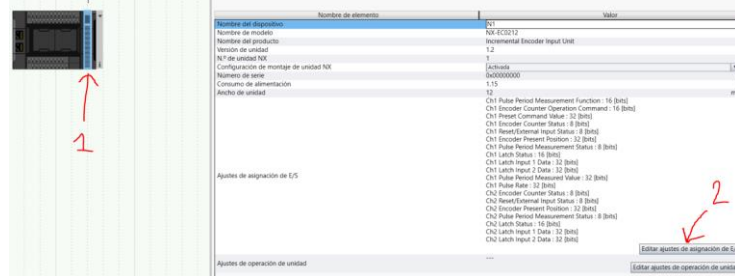


#### 4.4.- Medida de RPM con encoder.

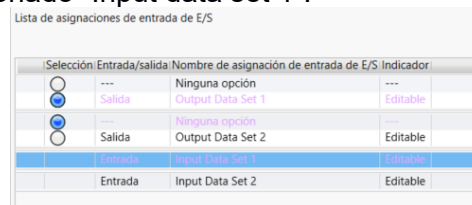
Es posible medir la velocidad de rotación de un encoder mediante la siguiente configuración:

1º: Añadir en la E/S la variable **Pulse Rate**

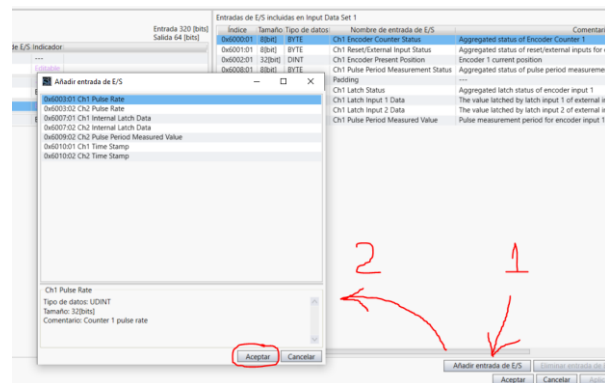
- Entrar en Bastidor de CPU/Expansion, seleccionar el módulo de encoder (1) y seguidamente Editar ajustes de asignación E/S (2):



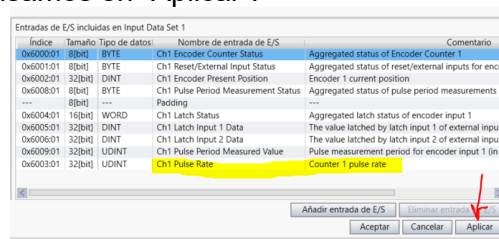
- Teniendo seleccionado “Input data set 1”:



- Añadimos la variable necesaria “Pulse Rate”:



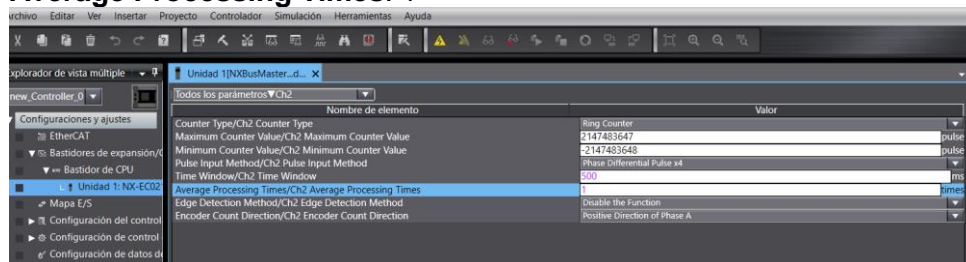
- Para finalizar pulsamos en “Aplicar”.



2º: Configuramos la lectura del encoder:

**Time Window: 500 ms.**

**Average Processing Times: 1**



**Configuración tarjeta:**

**Cálculo de la frecuencia:**

Si se desea calcular la frecuencia de los pulsos recibidos por la tarjeta de encoder, se ha de implementar el siguiente cálculo:

	$\text{Frequency (kHz)} = \frac{\text{Pulse rate value}}{\text{Time window (ms)}}$
<b>Cálculo de las RPM del motor:</b>	<p>Para determinar las RPM del motor o del eje considerado, se debe implementar la función:</p> $\text{Rotation rate (r/min)} = \frac{\text{Pulse rate value}}{\text{Encoder resolution (pulses/rotation)}} \times \frac{60,000}{\text{Time window (ms)}}$

#### Cuestión 14. Evaluativa junto con la 16.

Se desea realizar un banco de pruebas de una máquina que utiliza un husillo, en este banco de pruebas se desea determinar la velocidad real de avance del husillo según unas frecuencias aplicadas al motor, para ello se debe implementar un programa que mida la velocidad en RPM del husillo cuando se aplican las frecuencias indicadas en la tabla.

Frecuencia aplicada	Velocidad giro del husillo (RPM)	mm/s medidos
30 Hz		
50 Hz		

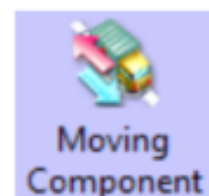
Se debe tener en cuenta que se debe posicionar en el origen (detector inductivo) para iniciar el test de RPM y mm/s. Existirá un pulsador de marcha, uno de parada y otro de rearme, según el procedimiento habitual, no se podrá sobrepasar los 25 mm de desplazamiento en la prueba, si se llega a esta cota, la prueba finaliza y espera una nueva pulsación.

La selección de la velocidad de prueba se realizará desde el HMI.

**No se admitirá código escrito en Ladder, tan solo se podrá realizar el programa en lenguaje estructurado (ST).**

#### 5.- Movimiento de objetos en la pantalla kinco.

En los procesos en que intervienen encoders parametrizados mediante pantallas HMI, resulta interesante poder animar los objetos para mostrar en el HMI con mayor realidad lo que está pasando en el proceso industrial. Para poder animar los objetos en la pantalla se debe utilizar el elemento "Moving component" presente en "PLC parts" del software Kinco HMIWare.

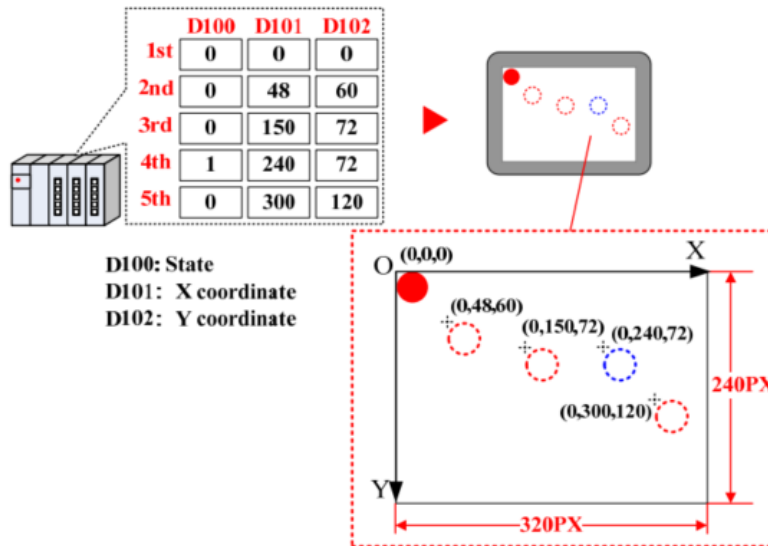


En la configuración del elemento se tiene que indicar el registro DM que servirá de base para transmitir la información necesaria para situar al objeto a mover a través de la pantalla. Este registro estará en el PLC y se modificará a lo largo del programa.

Son necesarios 3 DM's correlativos:

Ejemplo DM	Significado
D0	Estado del objeto, es decir, gráfico a mostrar en cada momento. Hasta 256 estados o gráficos.
D1 (D0+1)	píxel X de la pantalla para situar el objeto
D2 (D0+2)	píxel Y de la pantalla para situar el objeto

Un ejemplo se muestra en la siguiente figura:



Como se puede observar, la localización del objeto en la pantalla depende de la cantidad de píxeles que tenga, por tanto, se deben conocer los píxeles y como se trabaja con ellos.

**Tener en cuenta que la coordenada 0,0 involucrada en el movimiento del objeto, es la del objeto y no la de la pantalla, es decir se moverá a partir de la posición en que coloquemos el objeto.**

### Tipos de movimiento:

Los movimientos de un objeto por la pantalla pueden ser de los siguientes tipos:

Type	X Axis Only	Y Axis Only	X&Y Axis
Specified Address	Component State 256 states at most	Component State 256 states at most	Component State 256 states at most
Specified Address +1	X axis displacement (pixel point)	Y axis displacement (pixel point)	X axis displacement (pixel point)
Specified Address +2	Reserved	Reserved	Y axis displacement (pixel point)

Para configurar el objeto a mover, seguiremos los siguientes pasos:

En la configuración se indica el DM inicial, que debe coincidir con el DM que se tenga en el Sysmac Studio.

Cabe recordar que la localización del pixel X será DM+1 y la del pixel Y DM+2.

Moving Component Attribute

Basic Attributes | Moving Component | Tag | Graphics | Display Setting

Priority: Normal

Read Address: HMI (HMI0) PLC No. 0

Port: Net

Change Station Num: 1

Addr. Type: D

Address: 0 System Register

Code Type: BIN Word Length: 3

Write Address: HMI (HMI0)

Port: Net

Change Station Num: 1

Addr. Type: LW

Address: 0

Code Type: BIN Word Length: 4

Para indicar como se debe mover el objeto por la pantalla, se utilizará la función **Type** de la pestaña **Moving Component**. Podemos ver los diferentes tipos de movimiento, los principales son:

- Movimiento X basado en píxeles.
- Movimiento Y basado en píxeles.
- Movimiento X escalado.
- Movimiento Y escalado.

Moving Component Attribute

Basic Attributes | Moving Component | Tag | Graphics | Display Setting

Type: X Scaling

Status Number: X Axis Only

Maximum of X: X Scaling

Minimum of X: X Reverse Scaling

Proportional Limit of X: X Scaling Y Reverse Scaling

Proportional Lower Limit of X: 0

Maximum of Y: 1

Address: 1

Code Type: BIN Word Length: 4

Use Address Tag: ☐

En los dos primeros tipos de movimiento, se debe directamente escribir en el DM+1 el pixel donde se va a dibujar el objeto, hay que tener en cuenta que el pixel inicial es la posición donde se ha ubicado el objeto.

Cuestión 15.

Diseña un programa en el PLC que disponga de 3 DM's (D0, D1 y D2) en el cual se modifiquen variables UINT que contendrán el estado del objeto, la posición X y la posición Y de un objeto en la pantalla kinco. El objeto puede ser un rectángulo.

Movimientos escalados.

Se puede indicar que para un rango determinado de valores del DM+1 (posición X) o del DM+2 (posición Y), se mueva solo un número determinado de píxeles en pantalla. Para ello seleccionaremos la opción “scaling” y determinaremos la variación de valores en el DM respecto al movimiento del objeto en la pantalla.

En el ejemplo se aprecia como valores entre 0 y 1000 en el DM pasan a ser de 0 a 200 píxeles.

Moving Component Attribute

Basic Attributes | **Moving Component** | Tag | Graphics | Display Setting

Type X Scaling

Status Number	2	<input type="checkbox"/>	Variable Min/Max
Maximum of X	1000	HMI	HMI0 PLC No. 0
Minimum of X	0	Port	Net
Proportional Upper Limit of X	200	<input type="checkbox"/>	Change Station Num 1
Proportional Lower Limit of X	0	Address Type	LW
Maximum of Y	1	Address	1
		Code Type	BIN Word Length 4
		<input type="checkbox"/>	Use Address Tag

Cuestión 16 Evaluable. (Continuación de la cuestión 14).

Modifica el programa de la cuestión 14 para que se pueda monitorizar el movimiento del husillo mientras está desplazándose a través del tornillo sin fin.

Esta cuestión evaluable se entregará junto con la 14.