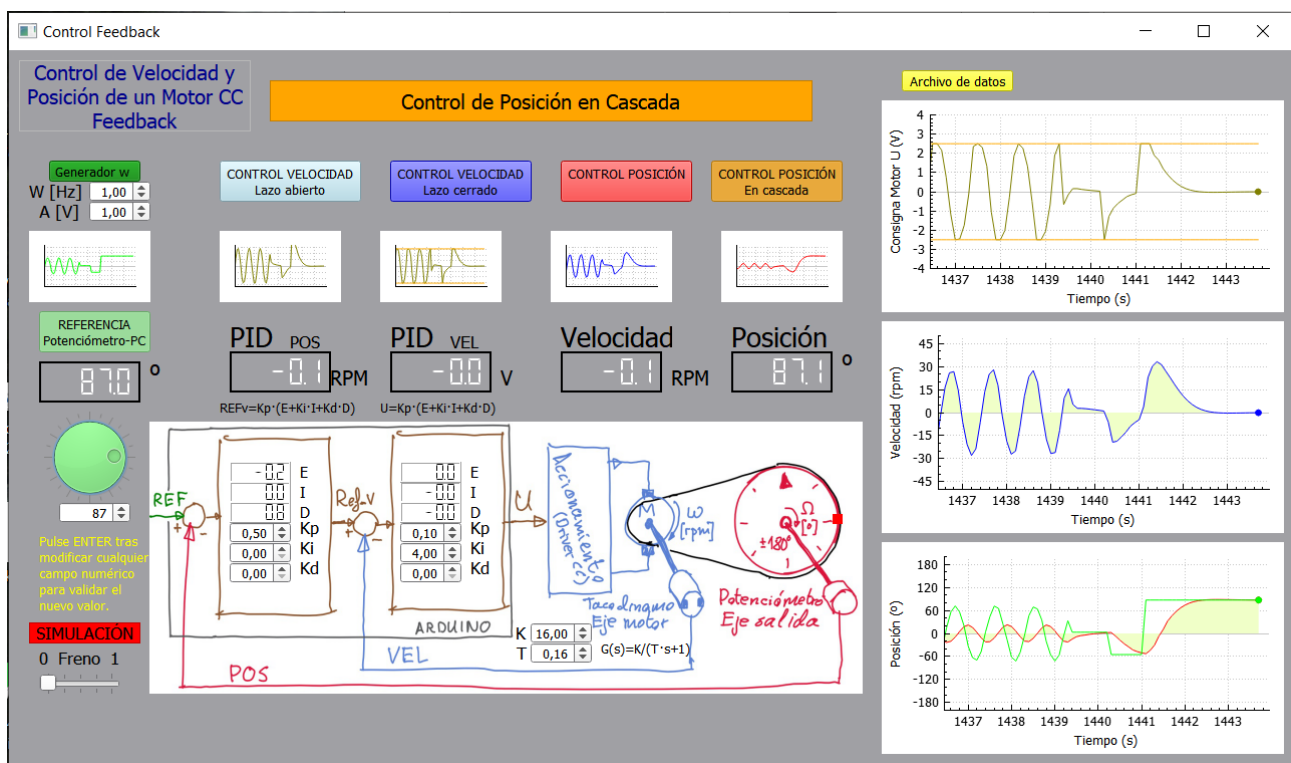


## UNIDAD DE CONTROL FEEDBACK

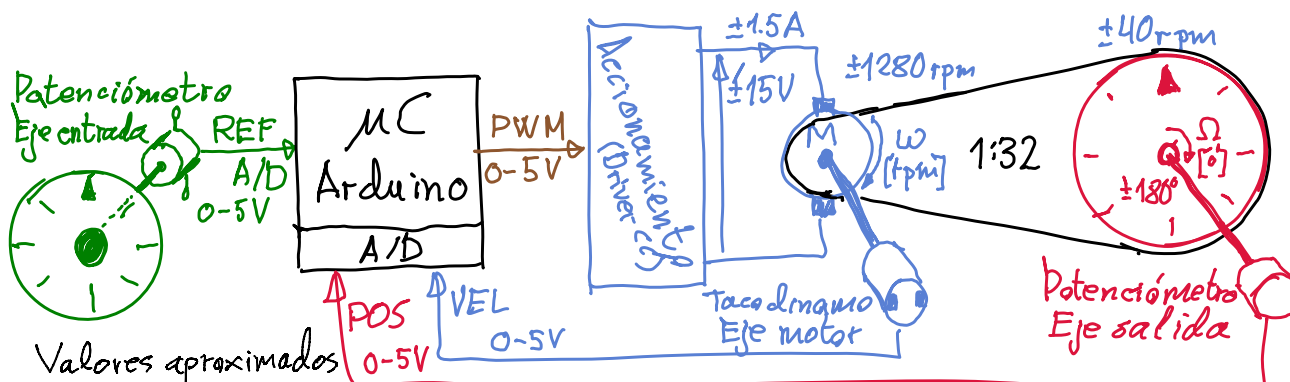
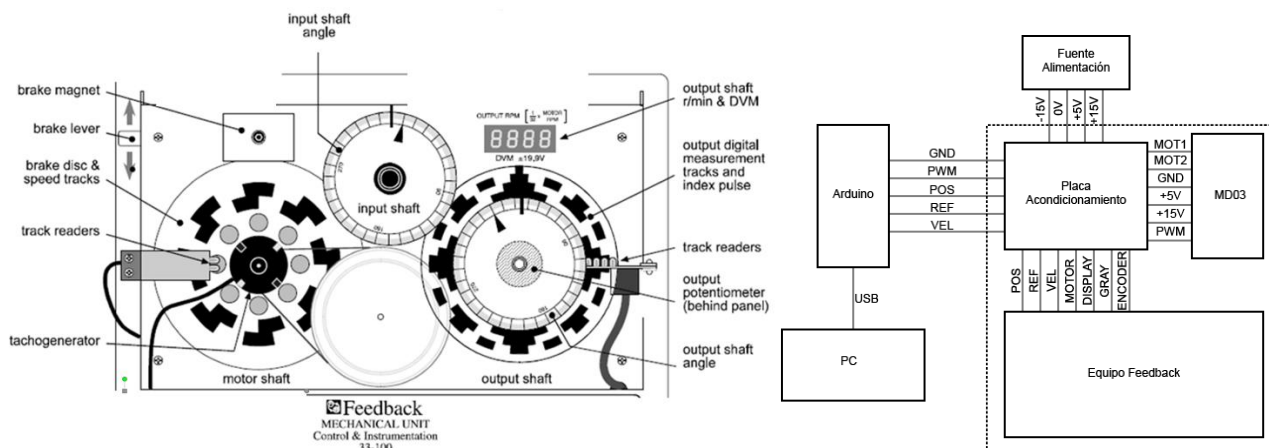


## APLICACIÓN DE CONTROL



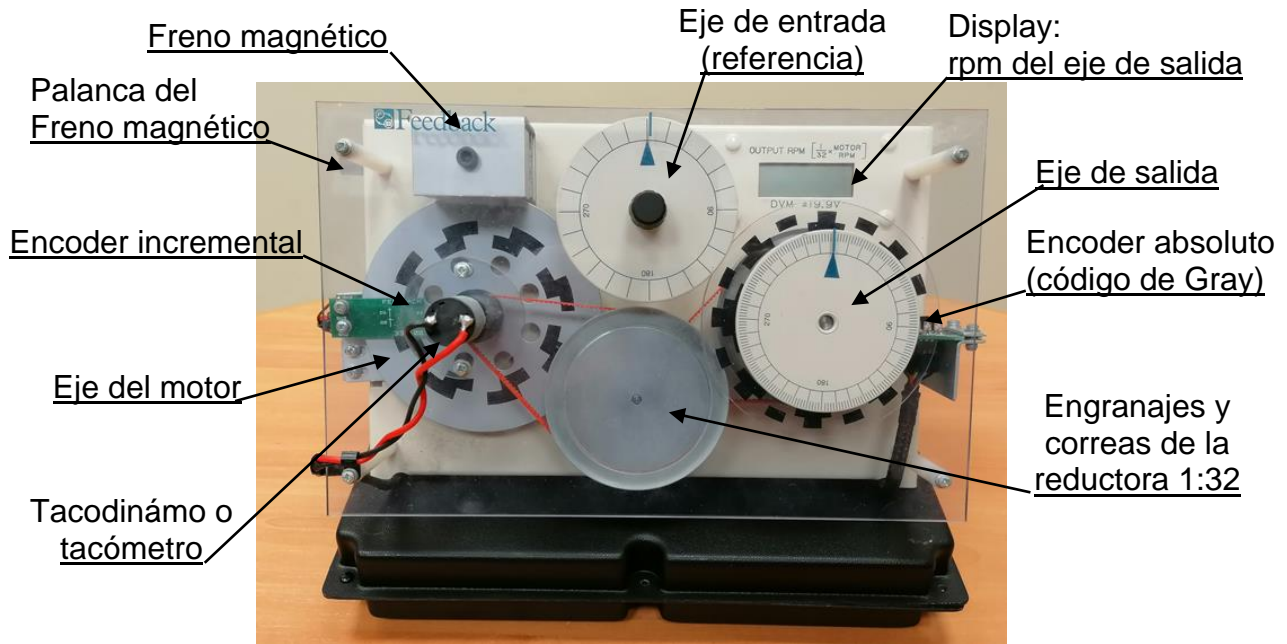
## 1 Componentes del equipo de prácticas

El equipo de prácticas se compone de una unidad mecánica Feedback 33-100 con un módulo de control basado en Arduino y la aplicación Control-Feedback que se ejecuta sobre un PC conectado con el Arduino a través de un puerto USB. El equipo dispone de una fuente de alimentación interna.

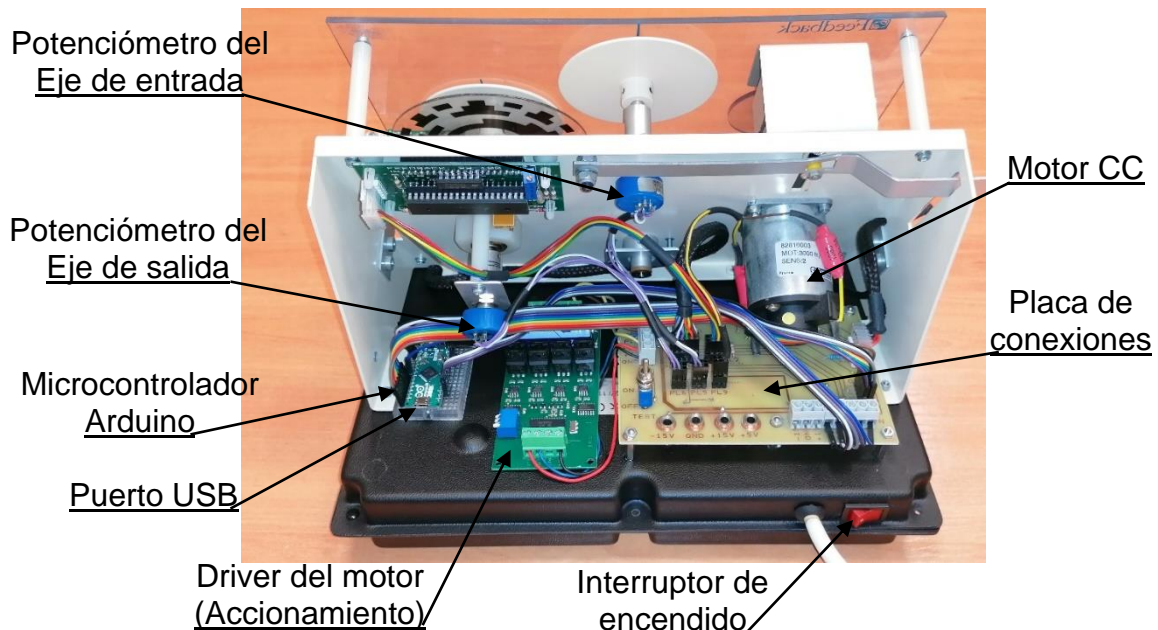


La unidad mecánica cuenta con un motor de corriente continua que puede ser controlado partir de una señal PWM generada por el microprocesador Arduino integrado en el equipo. El motor mueve el **eje del motor (motor shaft)** y, también mueve el **eje de salida (output shaft)** por medio de unas correas y engranajes de **reducción 1:32**. El eje del motor tiene un **disco de freno magnético** (brake magnet) y un transductor de velocidad analógico denominado **tacómetro o tacodinamo** (tachogenerator). El eje de salida proporciona una señal analógica proporcional a su posición angular mediante un **potenciómetro**.

También se puede obtener de las pistas del disco de freno del eje del motor un tren de pulsos bifase para la medida digital de la velocidad y la captación del sentido de giro (track readers, **encoder incremental**). El eje de salida también incorpora unos transductores angulares digitales (**encoder absoluto** con **código de Gray** de 6 bits y 64 posiciones) y un **pulso de paso por vuelta**.



En la parte central se dispone de un mando con escala en grados acoplado a un **potenciómetro** para generar **señales de referencia de posición o velocidad (input shaft, eje de entrada)**.



Finalmente, se dispone de un **Display** de cuatro dígitos donde se visualiza la velocidad del eje de salida en revoluciones por minuto (rpm) y multiplicando por 32 se puede obtener la velocidad del eje del motor.

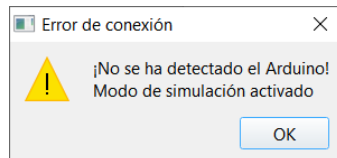
Los parámetros y variables del equipo de prácticas se pueden visualizar y controlar desde la aplicación Control-Feedback para PC, que se comunica con el microprocesador Arduino a través de un puerto USB. El equipo se pone en marcha mediante el interruptor del encendido de la parte posterior e iniciando la aplicación Control-Feedback en el PC.

## 2 Guía rápida del software Control-Feedback

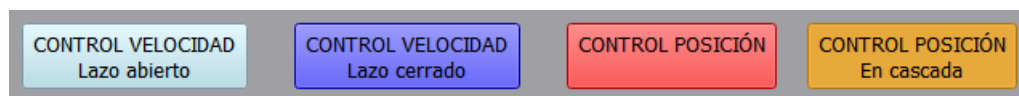
Los parámetros y variables del equipo de prácticas se pueden visualizar y controlar desde la aplicación Control-Feedback para PC, que se comunica con el microcontrolador Arduino a través de un puerto USB. El equipo se pone en marcha con el interruptor de encendido de la parte posterior e iniciando la aplicación Control-Feedback en el PC.



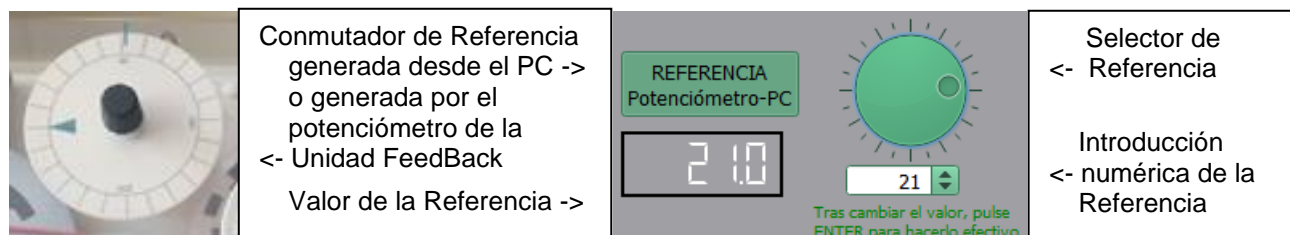
En el caso de que no se disponga del equipo de prácticas o si este no está conectado a un puerto USB del PC, el programa presentará una ventana con un mensaje de error y una vez cerrada iniciará el programa Control-Feedback en modo de simulación (ver apartado 1.3).



El equipo de prácticas permite cuatro modalidades de control seleccionables mediante los pulsadores de la parte superior de la pantalla.

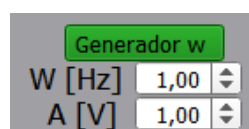


La señal de referencia en cualquiera de esas modalidades puede ser generada desde la unidad mecánica, mediante el potenciómetro conectado al eje de entrada, o desde la pantalla de la aplicación Control-Feedback. El conmutador verde "REFERENCIA" de la pantalla de la aplicación permite con una pulsación del ratón optar por un modo u otro de selección de la señal de referencia.



También es posible generar señales de referencia senoidales mediante el pulsador "Generador w", situado sobre los controles anteriores, con dos campos numéricos que permiten fijar la frecuencia W (entre 0.1 y 2 Hercios) y la amplitud A (entre 0.1 y 2.5 Voltios).

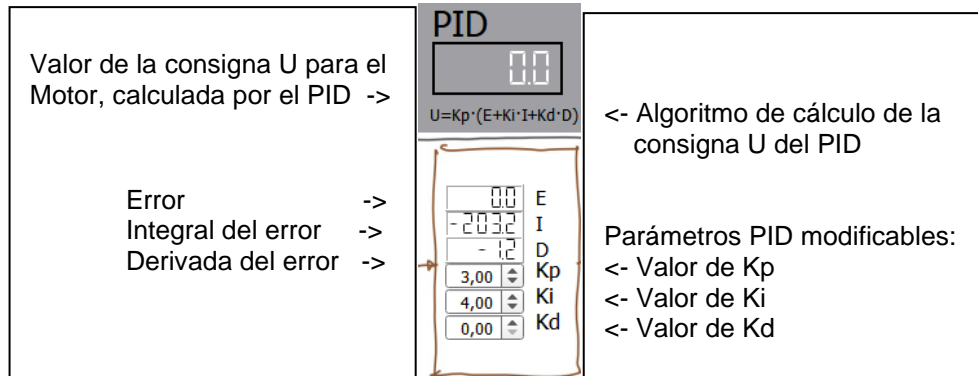
El generador anula la entrada de referencias mediante los controles del PC y de la unidad FeedBack hasta que se vuelva a pulsar en "Generador w":





En cualquiera de las modalidades de control se puede visualizar el valor numérico de las distintas variables y su evolución en el tiempo en las correspondientes gráficas.

Según el tipo de control que esté activo, se podrán modificar los parámetros de los diferentes reguladores PID que se utilicen y observar el valor calculado por estos mediante el algoritmo de control representado, que se aplica a los valores que tengan el Error a la entrada del regulador, la Integral del error y la Derivada del error.



NOTA: Tras modificar cualquier campo numérico debe pulsarse ENTER para validar su nuevo valor.

En la parte superior derecha, sobre las gráficas, se encuentra un pulsador amarillo denominado: **Archivo de datos**. Al pulsar este pulsador se activa el registro de los datos procedentes del Arduino en un archivo ubicado por defecto en la carpeta "Documentos" de la carpeta del usuario: "Documentos/arduinoata\_yymmddhhmmss.csv". Esta carpeta debe existir. Algunos sistemas operativos Windows antiguos no la reconocen por defecto y es necesario crearla para que se pueda generar el archivo "arduinoata.csv".

REF	R_vel	PWM	VEL	Enc.	R_pos	POS	Gray	E_v	I_v	D_v	E_p	I_p	D_p	BIN	milisegundos
2.55	26.75	1.56	17.51	23.21	26.75	64.93	59.06	1.06	0.00	0.00	4.54	3.06	2.40	505	1554281123550

1970-01-01T00:00:00.000

2.55,26.75,1.56,17.51,23.21,26.75,64.93,59.06,1.06,0.00,0.00,4.54,3.06,2.40,505,1554281123550  
 2.55,26.75,1.56,17.50,23.25,26.75,68.63,67.82,1.06,0.00,0.00,4.54,3.06,2.40,504,1554281123613  
 2.55,26.75,1.56,17.55,23.24,26.75,72.12,70.16,1.06,0.00,0.00,4.54,3.06,2.40,240,1554281123691  
 ...

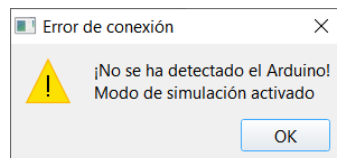
Los datos aparecen en filas separados por comas incluyendo:

- REF: valor de la señal de referencia generada desde el potenciómetro del eje de entrada en voltios (0...5V).
- R\_vel: valor de la señal de referencia para el control de velocidad en rpm.
- PWM: señal de control enviada al accionamiento del motor (Driver CC) en valores de tensión (-2.5V: motor a máxima velocidad CCW, +2.5V: motor a máxima velocidad CW)). En realidad, la señal enviada al accionamiento del motor es una señal acotada a 0...5V resultado del filtrado de la señal que se describe para el conector PWM de la placa de conexiones.
- VEL: velocidad en rpm del eje de salida. Positiva en el sentido de las agujas del reloj (CW) y negativa en el sentido contrario (CCW).
- Enc.: velocidad en rpm del eje de salida medida mediante el encoder incremental.

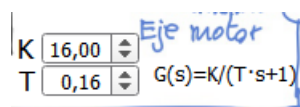
- R\_pos: valor de la señal de referencia para el control de posición en grados.
- POS: posición del eje de salida en grados tomando como posición 0° la vertical y variando desde -180° a 180° tomando como sentido positivo el giro en el sentido de las agujas del reloj (CW).
- Gray: posición en grados del eje de salida medida mediante el código de Gray.
- E\_v a D\_p: Error, Integral del error y Derivada del error de los reguladores de velocidad y posición respectivamente utilizados en cada instante para calcular las acciones de control.
- BIN: valor entero que representa el estado de los 9 bits correspondientes a los sensores digitales del equipo. Están ordenados desde la señal del diodo D1 (D1 del encoder incremental) como bit menos significativo, hasta el D9 (índice de paso por vuelta del disco del código de Gray) como bit más significativo.
- milisegundos: fecha y hora del registro de los datos de la línea medido en milisegundos transcurridos desde el 1 de enero de 1970 a las 00:00 horas.

## 2.1 Modo de simulación

En el caso de que no se disponga del equipo de prácticas o si este no está conectado a un puerto USB del PC, el programa presentará una ventana con un mensaje de error y una vez cerrada iniciará el programa Control-Feedback en modo de simulación.



Se simulará el comportamiento del equipo utilizando como modelo del motor por defecto  $G(s)=K/(T \cdot s+1)=16/(0.16 \cdot s+1)$  pudiendo modificarse los parámetros K y T mediante los campos numéricos que aparecen bajo el dibujo del motor:



Todos los controles de la ventana funcionan de manera similar a como lo hacen con el equipo real conectado, salvo el selector “REFERENCIA Potenciómetro/PC” que no permite seleccionar la opción del potenciómetro de referencia del equipo. Además, aparece un control con un deslizador bajo el selector de referencia que permite simular el funcionamiento del freno magnético y una etiqueta en rojo que advierte del funcionamiento en modo de simulación:

