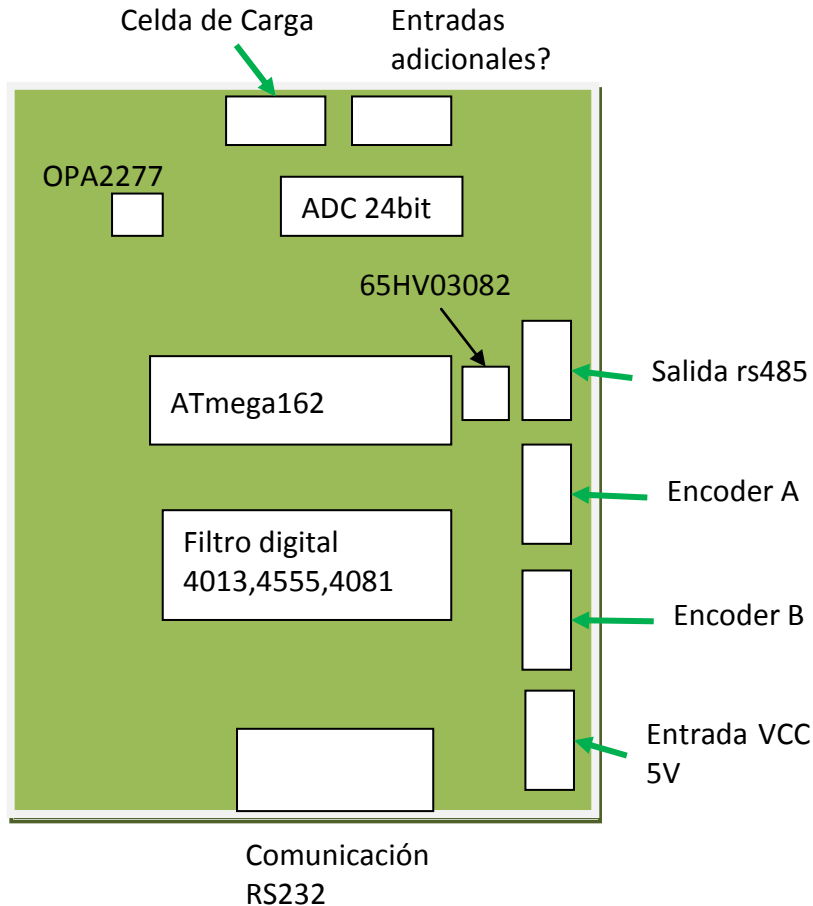


Sistema de control Tensiómetro Corinsa.

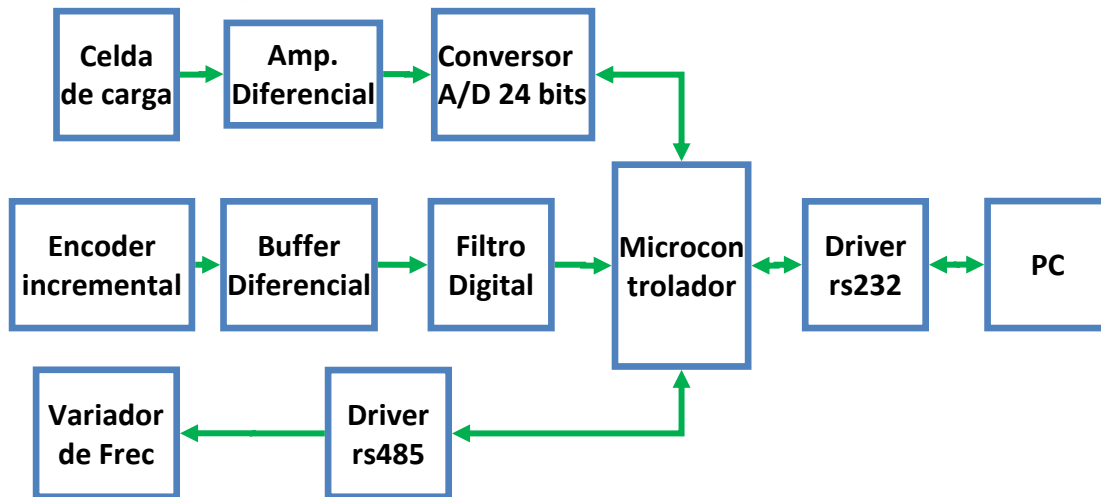
Descripción del sistema.

El sistema de control del tensiómetro realiza la lectura de una celda de carga con capacidad de 5000Kg y un encoder incremental para determinar la posición (distancia) del sistema. Mediante su software de control, envía comandos adicionales a un variador de frecuencia para determinar el sentido (subir/bajar) y la velocidad con la que se desplaza el sistema, para ejercer tensión sobre la muestra.

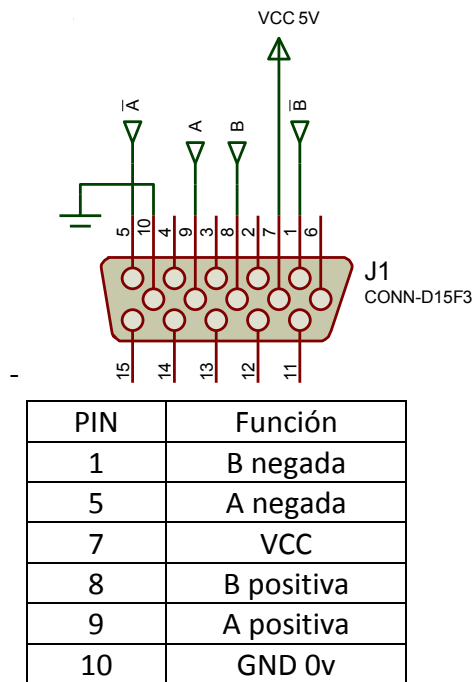


El sistema consta de un microcontrolador (ATmega162) como elemento de control principal, el cual se comunica por RS232 a la PC (protocolo Propietario), por RS485 al variador (mediante el protocolo MODBUS), y por SPI al Conversor A/D. posee un Filtro para el encoder incremental basado en circuitos digitales.

Diagrama en bloques del sistema.

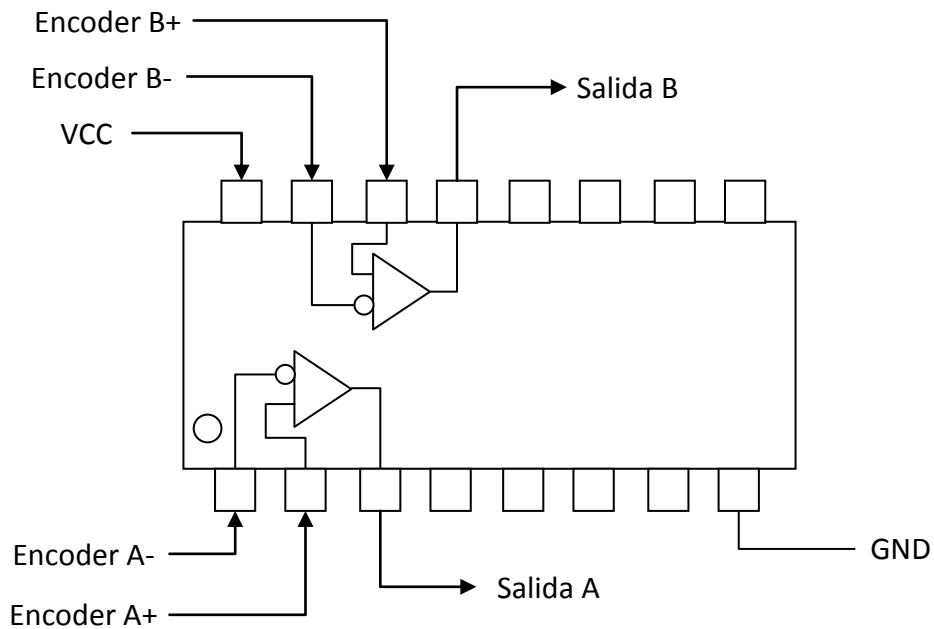


Detalle del Conector Cable Entrada Encoder:

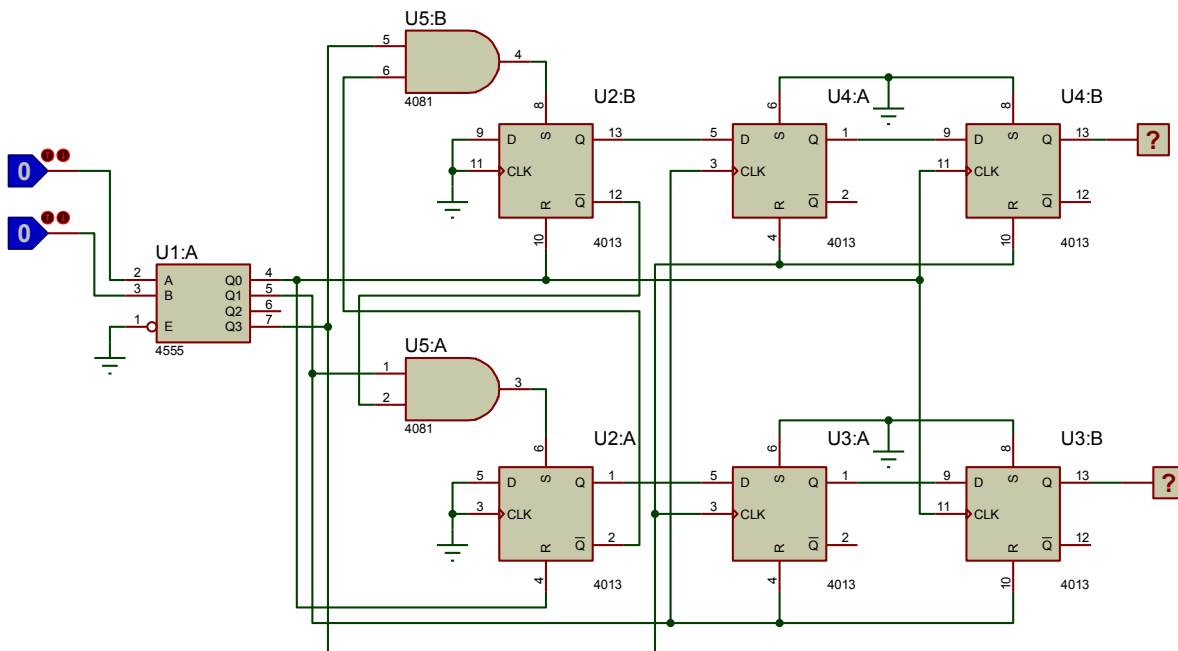


Análisis del filtro digital.

Entrada al buffer Integrado DM26LS32



Circuito Del Filtro Digital Anterior.



Principio de Funcionamiento.

El decodificador 2 a 4 (4555) trabaja en tres posibles combinaciones 00,01 y 11, el siguiente integrado (4013) trabaja como Latch RS, ambos latches se borran en la

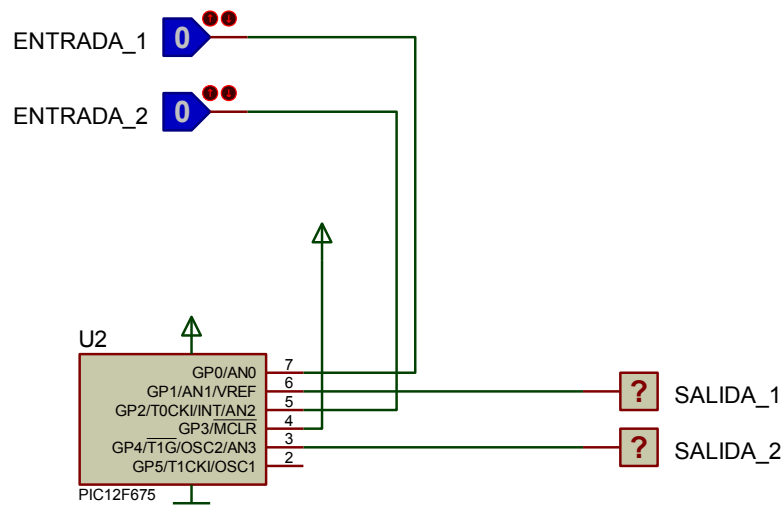
combinación 00 y el primero se activa cuando se presenta la combinación 11, solamente después de la combinación x0. El segundo latch sólo se activa si después de la combinación 00 se presenta la combinación 01. Los siguientes integrados,(4013) conforma un filtro digital de un ciclo. Permite obtener un pulso durante el estado 00 después de dar un ciclo completo, dependiendo del sentido (01 o 11) se activará una o la otra salida.

Problema.

El presente filtro trabaja correctamente sólo en un ambiente libre de ruido (ruido de conmutación en el encoder) y ante la presencia de ruido, sólo trabaja correctamente para los pulsos de incremento (Salida U3). Los pulsos de decremento, son borrados por el posible ruido.

Filtro digital Microcontrolado.

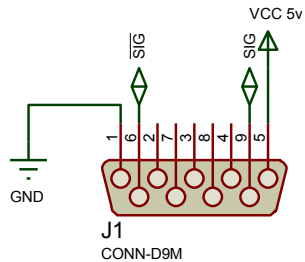
La implementación del filtro digital se realiza mediante un microcontrolador PIC el cual se conecta reemplazando los integrados 4013, 4555 y 4081.



El firmware del microcontrolador implementa un filtro de ruido a flanco, dada la secuencia de pulsos en ambas salidas del encoder diferencial.

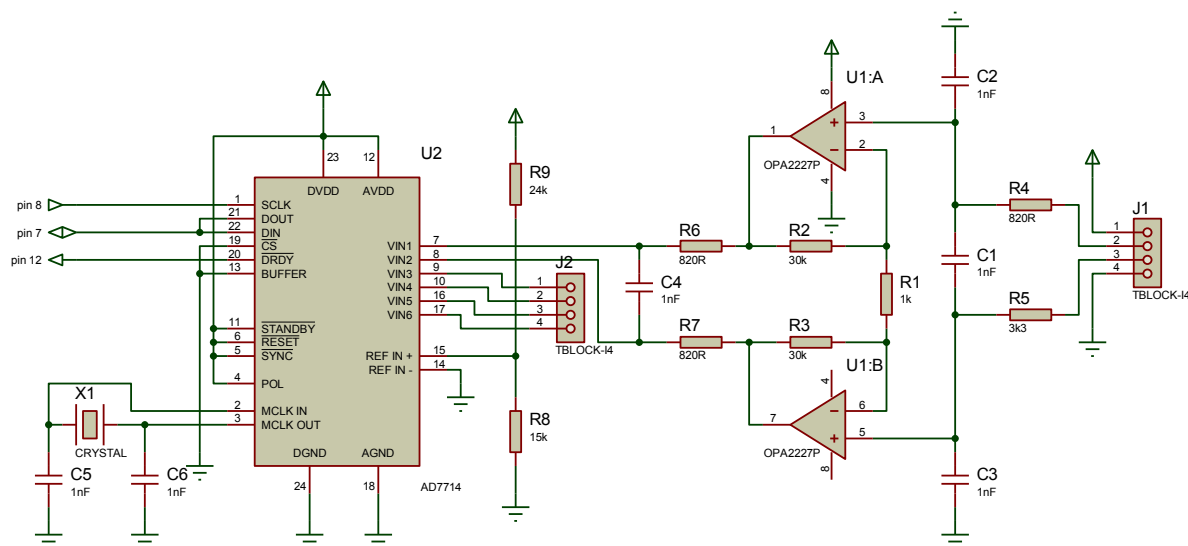
Etapa Celda de Carga.

Detalle del conector cable Entrada Celda de Carga:



PIN	Función
1	GND 0v
5	VCC 5V
6	Señal Negativa
9	Señal Positiva

Modelo Circuito Conversor A/D:



Se observa un amplificador de Instrumentación (Diferencial) de ganancia 30. Que alimenta a la primera entrada diferencial del converso A/D. las otras dos entradas diferenciales se encuentran disponibles en otro conector.

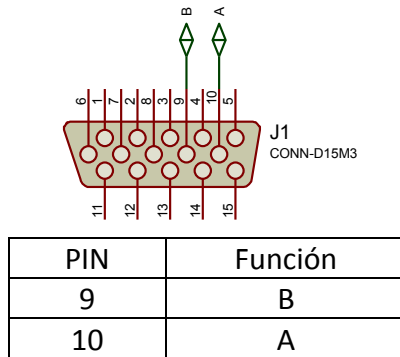
Comportamiento Observado.

La salida SPI va conectada al microcontrolador. La comunicación SPI inicializa al conversor A/D calibrando el filtro notch a 50Hz (0x0180 a los registros 2 y 3) inicia una

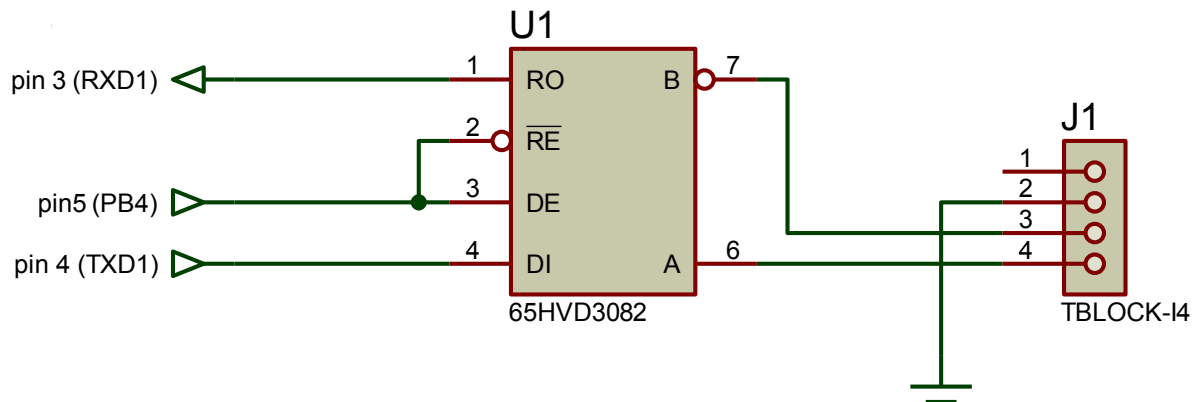
calibración interna y establece la ganancia en '1'. Luego, comienza a leer periódicamente el canal 1 del convertor en formato de 16 bits. El dato del convertor A/D es enviado a la PC en la trama de comunicación.

Etapa Salida a Variador de Frecuencia.

Detalle del conector Cable Variador de Frecuencia.



Modelo de salida.



El driver bipolar es utilizado para conectar mediante RS485 al microcontrolador con el variador de frecuencia.

Comportamiento Observado.

La comunicación es en formato 9600,7,N,2 la configuración por defecto de Modbus ASCII.

Los comandos MODBUS utilizados son:

- Dirección de Llamada General 0x00. Evita una respuesta del variador.

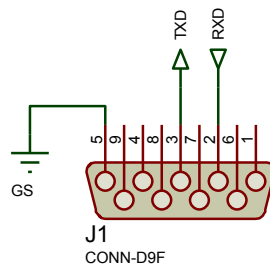
- Comando Escritura a Registro: 0x06
- Dirección de registro: 0x2000 o 0x20001
- Valor de registro: (32 bits)
- Checksum: (8 bits)
- Avance de carro y retorno de línea: 0x0D , 0x0A

El registro 0x2001 es el registro de frecuencia actual. Desde 200 (0x00C8) hasta 6000 (0x1770) correspondiente a 2Hz y 60 Hz respectivamente.

El registro 0x2000 es el registro de control, utilizado para avanzar (0x0012), retroceder (0x0022) o detener (0x0001) el motor, a la frecuencia indicada en el registro anterior.

Comunicación con PC.

Detalle conector Serial COM.



PIN	Función
2	RXD
3	TXD
5	GS

El software de control proporcionado por el fabricante (Material Test) accede a una base de datos, creada en otro idioma (chino) por lo que las versiones del sistema operativo Windows XP en español, no pueden ejecutar correctamente el programa.

Para solucionar este fallo, **se debe instalar el soporte de Idioma Oriental y Asiático. En las propiedades de idioma del sistema operativo, esta acción requiere el disco de instalación de Windows XP.** En otros sistemas operativos (Windows Vista y Windows 7) no se detectó ningún problema.

Se ha detectado una mezcla de protocolos (MODBUS y propietario) debido probablemente a la variedad de equipos que manejan los programas.

Comportamiento Observado.

Al iniciar el programa de Ajuste (Adjust.exe) se inicia comunicación RS232 a 9600,8,O,1 y el programa envía la siguiente secuencia:


```
YC<01><04><01><00><00><00><A2>  
YC<01><04><01><00><00><00><A2>  
YC<01><04><01><00><00><00><A2>
```

Al cambiar de celda (canal 2) se produce la siguiente salida:

```
YC<01><04><02><00><00><00><A3>  
YC<01><04><02><00><00><00><A3>
```

Al iniciar la calibración (botón Start) se envía la siguiente trama:

```
:012600030001D5<cr><lf>  
:012600030001D5<cr><lf>
```

Al iniciar el programa principal (YCMaterial.exe) se inicia comunicación RS232 a 9600,8,0,1 y se envía dos veces al controlador una trama modbus:

```
:012600000404D1<cr><lf>  
:012600000404D1<cr><lf>
```

Esto para iniciar el envío de paquetes de datos. Un paquete de datos se compone de 8 caracteres ASCII representando dos números de 16 bits en hexadecimal:

```
<si>7F6D0000<cr>
```

Siendo el primer número el resultado de la conversión A/D de la celda de carga, y el segundo número el contador de pulsos del encoder incremental.

Los Datos enviados dependen de la configuración actual.

Al colocar a cero el valor de la longitud, se envía la siguiente trama:

```
:012600140000C5<cr><lf>  
:0126001803E8D6<cr><lf>  
:012600000500D4<cr><lf>
```

Al Activar el motor (Up: 10mm/min), se envía dos paquete modbus:

```
:0126000414774A<cr><lf>  
<nul><nul>  
:01260000060BC8<cr><lf>
```

Que produce una salida por el puerto RS485 (al variador) de (FWD RUN, 47,7Hz):

```
:0006200112A225<cr><lf>  
:000620000012C8<cr><lf>
```

Al parar el motor (Stop)

```
:012600040001D4<cr><lf>  
<nul><nul>  
:012600000200D7<cr><lf>  
:012600000200D7<cr><lf>
```

Que produce la salida al variador de (STOP):

```
:000620000001D9<cr><lf>
```

Al Activar el motor en sentido de bajada (Down), se envía

```
:0126000414774A<cr><lf>  
<nul><nul>  
:0126000006379C<cr><lf>
```

Que envía al variador (REV RUN, 47,7Hz):

```
:0006200112A225<cr><lf>  
:000620000022B8<cr><lf>
```

Al parar el motor (Stop)

```
:012600040001D4<cr><lf>  
<nul><nul>  
:012600000200D7<cr><lf>  
:012600000200D7<cr><lf>
```

Que produce la salida al variador de (STOP):

```
:000620000001D9<cr><lf>
```

A una velocidad inferior (1mm/min):

```
:0126000401478D<cr><lf>  
<nul><nul>  
:01260000060BC8<cr><lf>
```

Que produce una salida al variador de (FWD RUN, 14,70Hz):

```
:0006200105BE16<cr><lf>  
:000620000012C8<cr><lf>
```

Al parar el motor (Stop)

```
:012600040001D4<cr><lf>
<nul><nul>
:012600000200D7<cr><lf>
:012600000200D7<cr><lf>
```

Que produce la salida al variador de (STOP):

```
:000620000001D9<cr><lf>
```

A una velocidad media(6mm/min)

```
:01260004088647<cr><lf>
<nul><nul>
:01260000060BC8<cr><lf>
```

La salida al variador es (FWD RUN, 44,71Hz):

```
:00062001177052<cr><lf>
:000620000012C8<cr><lf>
```

Al finalizar el programa, se envía una última trama:

```
:012600000300D6<cr><lf>
:012600000300D6<cr><lf>
```

Parámetros del Variador.

Al presionar el botón de Reset se envía el siguiente paquete:

```
P<03><01>00760010
```

La configuración de local remoto envía el siguiente paquete a través de la línea serial:

Para selector de frecuencia:

- Por comunicación P<03><01>00000002
- Por potenciómetro P<03><01>00000001

Para arranque del sistema:

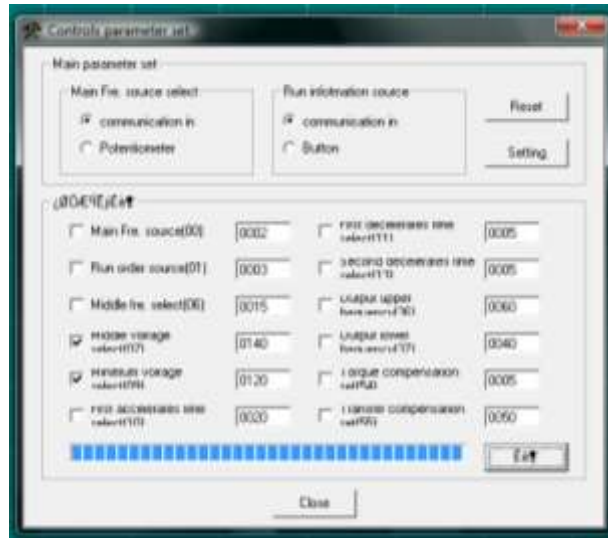
- Por comunicación P<03><01>00010003
- Por potenciómetro P<03><01>00010001

Enviándose ambos datos al presionar 'Setting'

Conjunto de parámetros de Control (控制参数设定 o 控制参数设定)

El resto de los parámetros tiene un comportamiento extraño:

Al presionar 'SET' (设定 o 設定)



Produce el siguiente paquete de datos:

```
P<03><01>00070140
P<03><01>00080013
P<03><01>00090110
```

Dependiendo el parámetro activo. Se envía su valor por defecto

- Origen de dato de Frecuencia: P<03><01>00000002
- Origen de Orden de Arranque: P<03><01>00010003
- Selector de Frecuencia Media: P<03><01>00060022
- Selector de voltaje Medio: P<03><01>00070140 P<03><01>00080013
- Selector de voltaje Mínimo: P<03><01>00090110
- Selector de aceleración inicial: P<03><01>00100020
- Selector de desaceleración inicial: P<03><01>00110005
- Selector de desaceleración final: P<03><01>00130005
- Frecuencia máxima: P<03><01>00360650
- Frecuencia mínima: P<03><01>00370020
- Compensación de torque P<03><01>00540005
- Compensación de transferencia P<03><01>00550050

Al parecer, estos parámetros no tienen ningún efecto, además de la imposibilidad de modificarlos.

Ejecución y Funcionamiento durante Pruebas.

Durante las pruebas realizadas, se determinó que el programa no envía correctamente el sentido de la prueba (Extender-comprimir) realizando únicamente pruebas de compresión.

Para realizar pruebas de Extensión se invirtió la polaridad del motor, lo cual no afecta los resultados ni la prueba en sí.

Al iniciar una prueba se envía la siguiente trama MODBUS:

```
:012600140003C2<cr><lf>  
:01260018D09061<cr><lf>  
:012600000500D4<cr><lf>  
:01260004295458<cr><lf>  
<nul><nul>  
:0126000006379C<cr><lf>
```

Lo que envía al variador (REV RUN, 44,71Hz):

```
:00062001177052<cr><lf>  
:000620000022B8<cr><lf>
```

Al finalizar la prueba envía

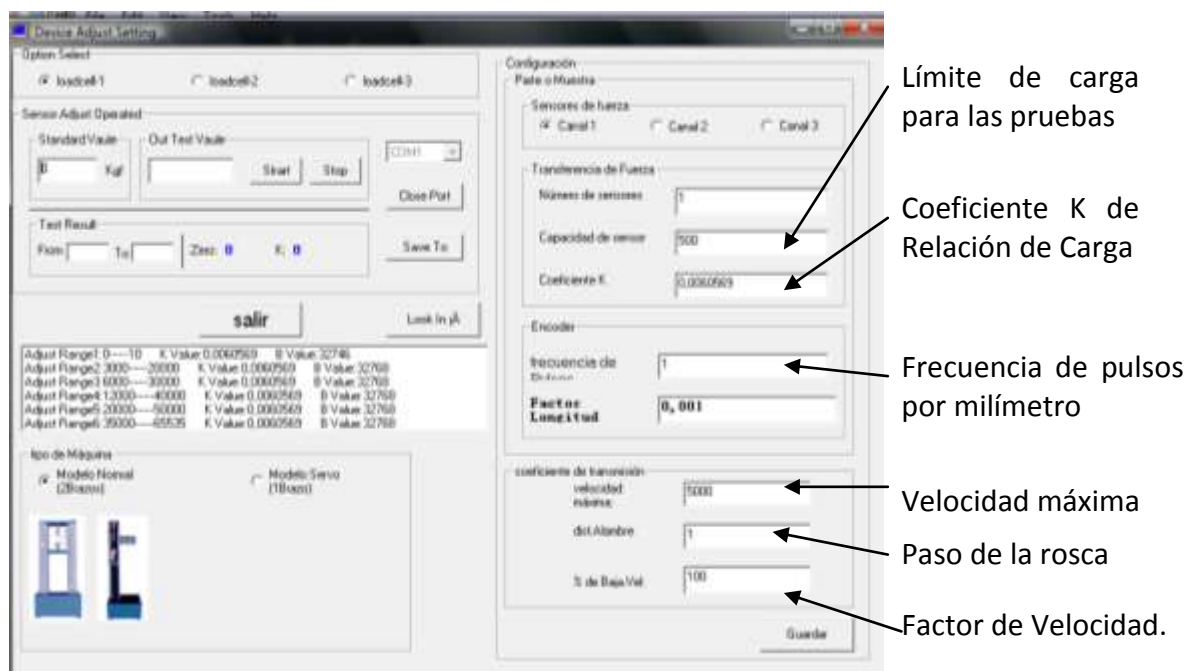
```
:012600040001D4<cr><lf>  
<nul><nul>  
:012600000200D7<cr><lf>  
:012600000200D7<cr><lf>
```

Lo que envía al variador (STOP)

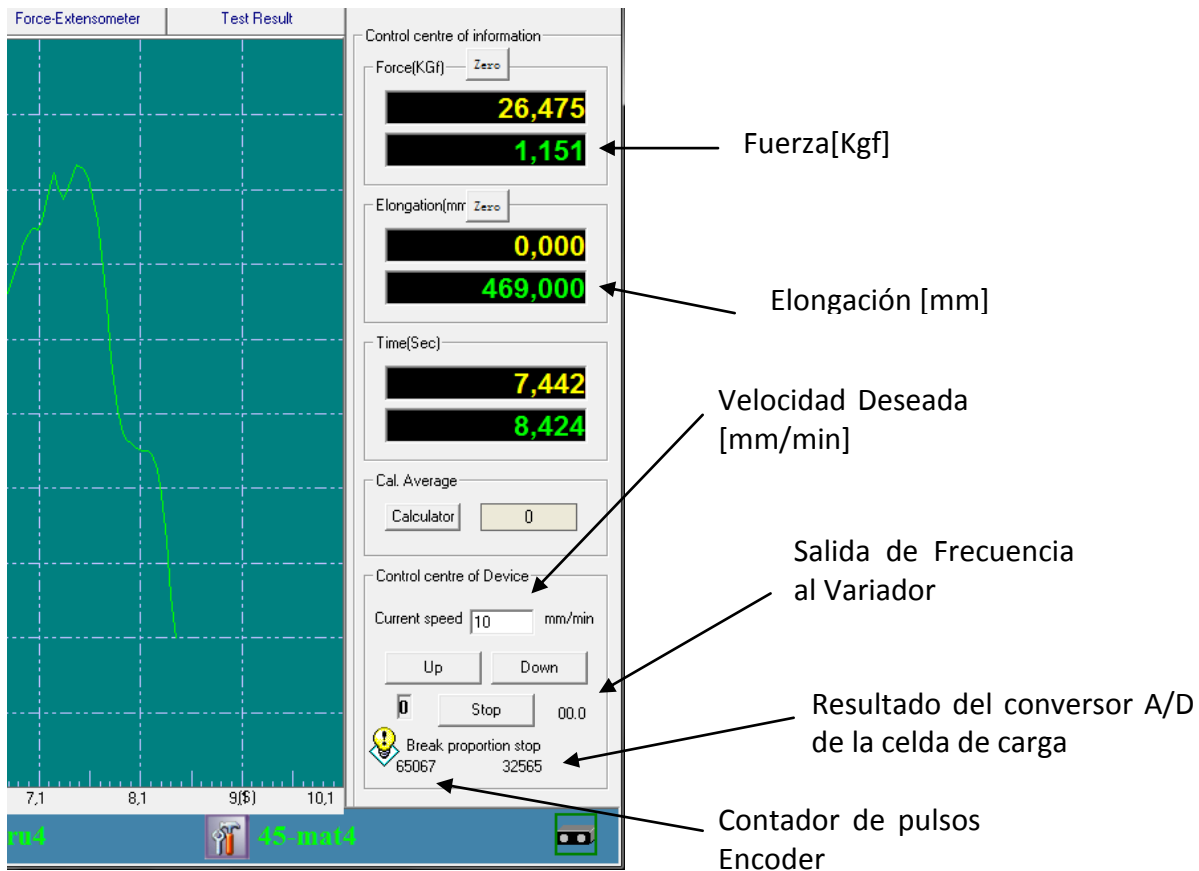
```
:000620000001D9<cr><lf>
```

Configuración

El programa de configuración (Adjust.exe) se controla de la siguiente forma:



Los datos de operación (celda, contador) y de resultado (intensidad variador) se visualizan fácilmente en el programa principal.



El valor de la fuerza se determina por:

$$Fuerza[Kgf] = (Resultado_{conversor} - Zero_{Actual}) * coeficiente K$$

El valor del Zero_Actual se obtiene al presionar "Zero" en el indicador de fuerza.

La distancia (Elongación) se determina por:

$$Elongacion[mm] = contador_{pulsos} * Frecuencia_{pulsos}$$

La salida de frecuencia está limitada internamente, desde 1,50 Hz hasta 60,00 Hz (el programa tiene otro límite inferior de 20,0Hz y solo 3 dígitos significativos [de 0,0 a 99,0] cualquier otro valor superior es truncado incorrectamente)

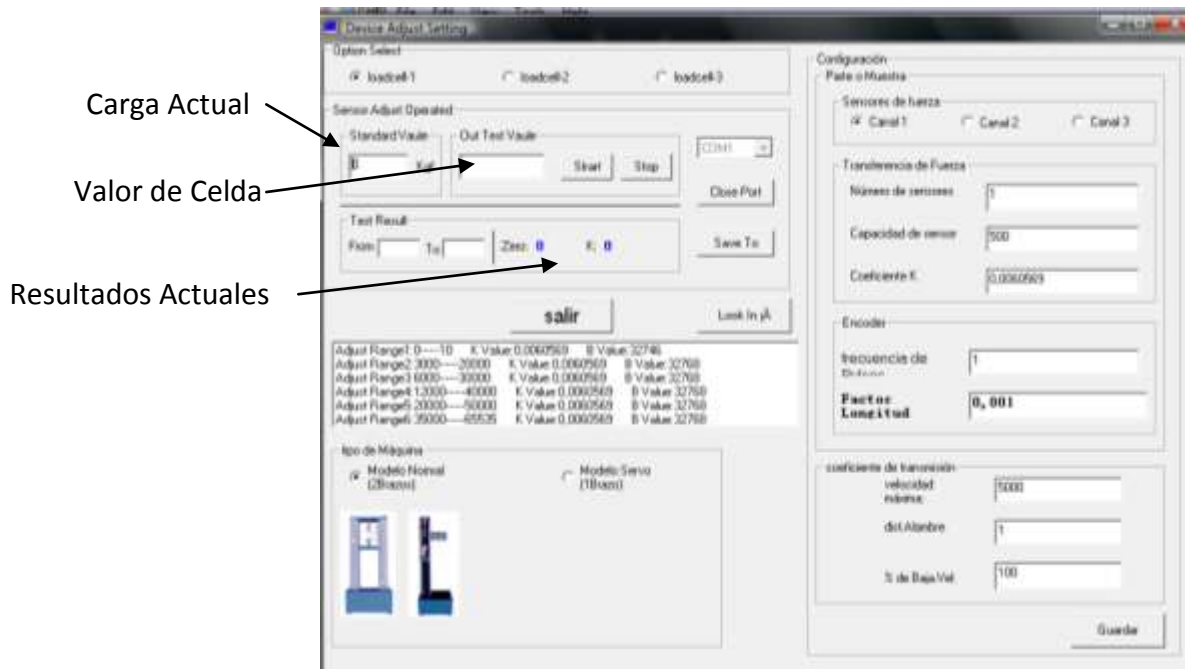
$$Frec_{Salida} [Hz] = \left(\frac{Vel \left[\frac{mm}{min} \right] * Fact_{Vel}}{Paso_{Rosca} * Vel_{MAX}} \right) * 50$$

A partir de estos valores, se realiza la conversión a otras unidades en el propio programa.

Calibración.

Calibración de Celda.

Para calibrar la celda se puede utilizar el programa de Ajuste (Adjust.exe)



Quitar toda carga adicional del sistema, y colocar el dato de Carga Actual (Standar Value) a 0. Al presionar 'Start' El valor de 'Zero' se copiara del valor de la celda.

Presionar 'Stop' para almacenar el valor de Zero Temporalmente.

Colocar una carga conocida evitando que ésta se apoye en otro lugar que no sea la Celda y copiar en el campo de Carga Actual.

Presionar 'Start' y esperar a que el valor de la celda sea lo más estable posible.

La diferencia entre el valor actual de la celda y el 'Zero' Almacenado corresponde a la Carga Actual. El coeficiente K se calcula a partir de dicha relación.

Presionar 'Stop' en el valor de la Celda más Estable. Ya que siempre existirá una diferencia de 1 o 2 números.

Copiar el Valor de K al lado derecho de la Ventana y guardar los Cambios.

Esta es la forma más directa de calibrar los datos de la Celda.

El Límite superior para las Carga de las Pruebas determina el valor máximo en KgF que la celda puede soportar en cualquier momento. También determina el valor mínimo para el cálculo del Cero y es: $\text{Limite_Superior} * 0.5\%$

Calibración del Encoder y el Variador.

En el programa de Ajuste (Adjust.exe) colocar los valores por Defecto de:

- Velocidad máxima = 5000
- Paso de rosca = 1
- Factor de Velocidad = 100
- Frecuencia de Pulsos por mm = 1

Que permiten una relación 1:1 entre Velocidad [mm/min] y frecuencia [Hz] y de Número de Pulsos con la Elongación recorrida [mm]

Con esta relación inicial, Iniciar el Programa de Prueba de Materiales (Material.exe)

Colocar la cabeza móvil del equipo en una posición inferior fija y marcar.

Colocar a 0 la elongación actual.

Controlar el ascenso con un cronómetro.

Iniciar el ascenso (UP!) a 50 [mm/min] (equivalente a 50 Hz) durante 5 minutos.

Detener apropiadamente la cabeza y medir la distancia.

$$Velocidad_{Real} = \frac{DistanciaRecorrida[mm]}{5 [min]}$$

El número de pulsos es igual a la elongación indicada en el programa cuando el parámetro de Frecuencia de Pulsos por mm es igual a 1

$$Frecuencia_{pulsos} = \frac{DistanciaRecorrida[mm]}{Numero de Pulsos}$$

Cambiar el parámetro de frecuencia de Pulsos acorde a la fórmula anterior.

Cambiar el parámetro de Velocidad Máxima en el programa de Ajuste por:

$$Velocidad_{Maxima} = Velocidad_{Real} * 100$$

Siendo éste la forma más sencilla y con mayor precisión para calibrar la Velocidad, la velocidad mínima será:

$$V_{MIN} = \frac{Velocidad_{Real}}{50} * 2$$
$$V_{MAX} = \frac{Velocidad_{Real}}{50} * 60$$