

Capítulo 5

Descripción del banco de pruebas

5.1 Introducción

El banco de pruebas (ver Figura 5.1) se ha dispuesto para estudiar el comportamiento de una viga flexible giratoria accionada mediante un servoactuador oleohidráulico. Está formado por un bastidor compuesto por dos perfiles IPN 200 montados en ángulo recto. En este bastidor está montada, en posición aproximadamente horizontal, una pletina de acero articulada en un extremo y libre en el otro. Esta pletina esta accionada mediante un servocilindro oleohidráulico que está articulado al bastidor. El vástago del cilindro está acoplado a la pletina mediante una articulación.

Para estudiar la respuesta del sistema se envía una consigna de posición al servoactuador y se observa la respuesta de la viga flexible midiendo la aceleración en su extremo.

Como generador de señales se ha utilizado un PC con una tarjeta de adquisición de datos. Este sistema es muy flexible ya que permite realizar, en primer lugar, el estudio de la respuesta en frecuencia del sistema, y en segundo lugar, experimentar diferentes estrategias de control cambiando el programa. Además es muy económico pues la misma tarjeta se utiliza para capturar la respuesta de la viga. Esta respuesta se mide mediante un acelerómetro de tipo capacitivo, que tiene la ventaja teórica de tener incorporado el acondicionador, no necesitando nada más que una pila de 9 (V) para alimentarlo.

Los elementos más importantes utilizados en el montaje han sido:

- 1.- Pletina de acero de 900 x 50 x 5 (mm).
- 2.-Grupo oleohidráulico de 150 bar, 40 l/min

- 3.- Actuador lineal de doble efecto Moog 32/22/22/150.
- 4.- Servoválvula Moog D760-232
- 5.- Servoamplificador Moog DIN P 121-401
- 6.- Transductor – condicionador de posición (Moog F123-42), LVDT
- 7.- Acelerómetros Kistler 8303A50 y 8303A20

Todo el conjunto está dentro de una jaula (no mostrada en la figura) para proteger las personas y el resto del laboratorio.

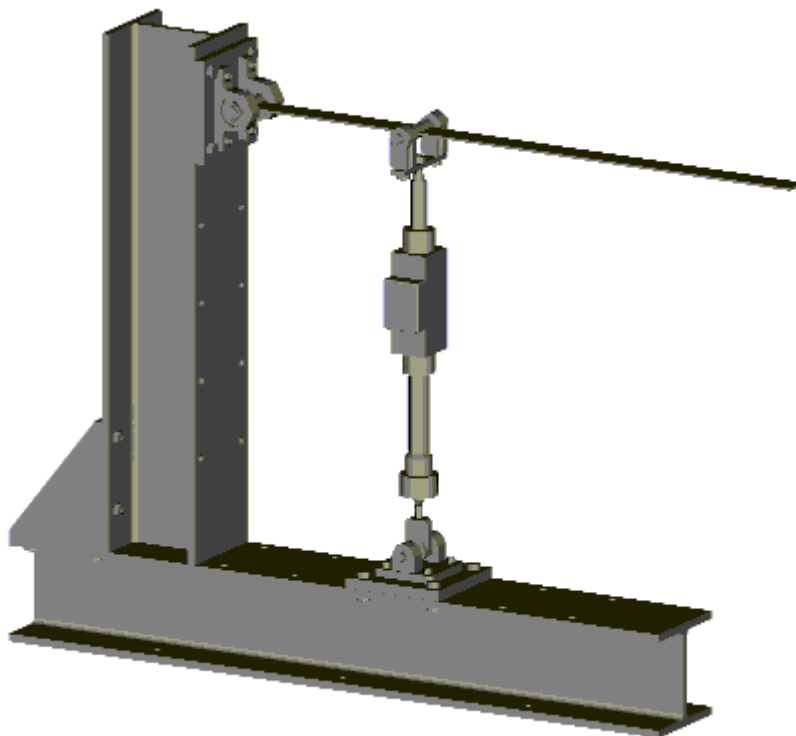


Figura 5.1 Banco de pruebas

5.2 Descripción de los elementos mecánicos

5.2.1 Sólido elástico

Como elemento flexible se ha dispuesto de una pletina de acero al carbono F-111 (módulo de elasticidad $E = (19.6 - 20.6) \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ y módulo de rigidez $G = (78.4 - 79.4) \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$, cuyas dimensiones son de 900 x 50 x 5 mm. Esta pletina está articulada por uno de sus extremos al soporte vertical mediante un rodamiento INA autoalineable. Este montaje

le permite un movimiento de oscilación en el plano vertical. También está articulada al cilindro hidráulico en un punto intermedio a una distancia de 225 mm del soporte vertical. Por el otro extremo, la barra está libre.

La fijación de las articulaciones a la pletina se hacen mediante tornillos prisioneros. Para evitar el colapso del equipo si fallasen los tornillos prisioneros se han dispuesto 2 clavias a cada lado del eje de la articulación. De todas formas, antes de poner en marcha el equipo se ha de comprobar que los tornillos prisioneros están bien apretados.

Por otro lado, se han mecanizado en la pletina varios agujeros pasantes, para poder montar el acelerómetro. Hay una posición de montaje en el extremo de la pletina y las otras se han espaciado regularmente hasta llegar a la posición de la articulación con el cilindro hidráulico.

Comentario: las dimensiones de la pletina han sido escogidas para estudiar el caso mas desfavorable. La rigidez del conjunto se ha disminuido al acercar el cilindro al eje de rotación de la pletina. La pletina se ha dimensionado para que sea muy esbelta, para que así manifieste un comportamiento muy elástico. El efecto global de estas decisiones es que la pletina queda muy bien representada mediante un modelo basado en la viga de Euler-Bernoulli.

5.2.2 Actuador lineal MOOG 32/22/22 x 150.

Éste por un lado está articulado al bastidor, con una fijación de tipo DN, y por otro lado su vástago está unido a la pletina mediante una articulación.

Sus características técnicas principales son:

- De doble efecto
- Con doble vástago
- Carrera máxima 150 mm.
- Presión máxima del sistema 210 bar.
- Velocidad máxima admisible > 6 m/s.
- Vástago delantero M16 x 1.5.
- Célula de carga trasera con M16 x 2.

- Drenaje de cojinetes Y.

Las dimensiones geométricas del cilindro se presentan en la Figura 5.2:

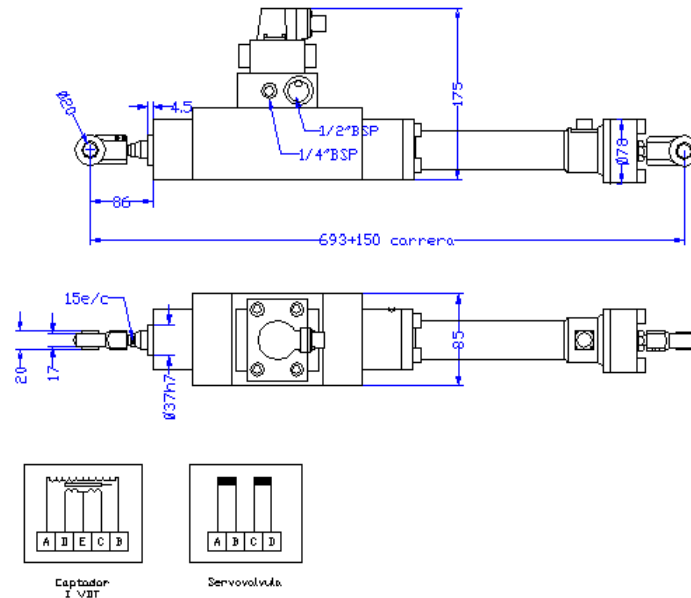


Figura 5.2 Servoactuator

5.2.3 Servoválvula Moog D760-232.

La servoválvula es el elemento que permite controlar el movimiento del cilindro de doble efecto a partir de una señal de consigna aplicada en su entrada.

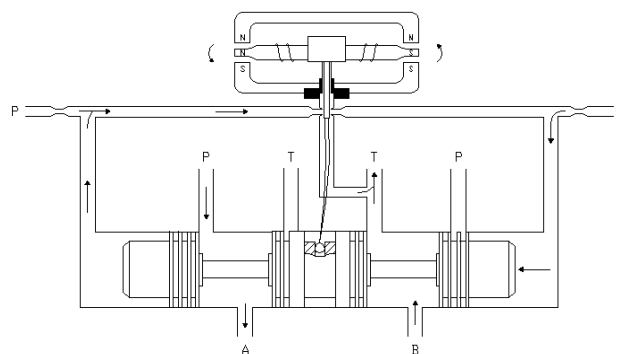


Figura 5.3 Servoválvula Moog D760-232

La servoválvula es una válvula de control direccional de infinitas posiciones que ofrece la característica de controlar tanto la cantidad como la dirección del caudal. Es un

componente electro-hidráulico de control continuo caracterizado por una alta rapidez de respuesta y una alta precisión.

En general, transforman una señal eléctrica de baja potencia en una señal de salida de alta potencia. La pequeña potencia eléctrica de entrada permite utilizar circuitos electrónicos simples, eliminando los problemas de adaptación de amplificadores.

La válvula utilizada es de tipo direccional de cuatro vías (número de orificios funcionales para el fluido). Éstos consisten en un orificio de presión (**P**) donde llega el fluido con la presión obtenida de la bomba, un orificio de tanque (**T**) por donde sale el aceite que proviene de las cámaras del cilindro y dos orificios de pistón (**A** y **B**), uno para cada lado del émbolo, ya que se trata de un cilindro de doble efecto.

Alternando las infinitas posiciones de la servoválvula, se consigue el movimiento continuo del cilindro.

Por otro lado la servoválvula actúa normalmente como amplificador oleohidráulico pilotado eléctricamente en un bucle de regulación. Es decir, no solamente transforma una señal de entrada en un caudal sino que, además, se miden mediante un sensor las desviaciones de la velocidad, posición ó fuerza respecto de los valores deseados, y se realimenta esta información a la servoválvula para que introduzca las correcciones necesarias.

El bucle de realimentación funciona así: se fija una señal de referencia la cual se compara con la señal proveniente de la salida del actuador. Como resultado de esta comparación se obtiene una señal de error, la cual es amplificada y actúa sobre la servoválvula, que nos proporciona un caudal proporcional a la señal eléctrica recibida, y este caudal acciona el actuador. El sensor de realimentación mide la acción realizada por el actuador y se compara con la señal de referencia. El ciclo descrito se repite indefinidamente.

A continuación (Figura 5.4) se expone un diagrama de bloques del bucle de regulación. Como puede verse, el sistema está regulado mediante un servosistema, en el que se utiliza un controlador PI para regular la posición del actuador. Cambiando el sensor es posible controlar fuerzas, presiones, etc.

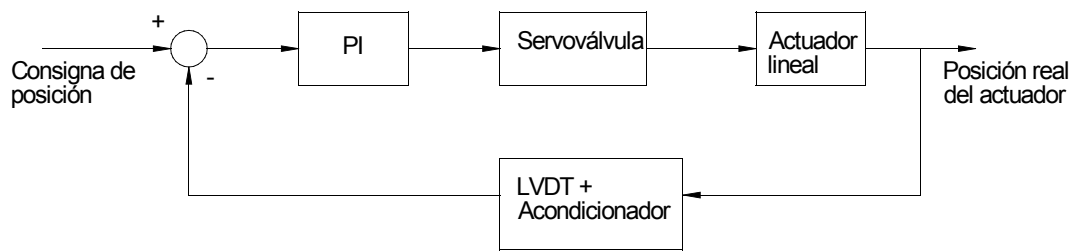


Figura 5.4 Diagrama de bloques de un bucle de regulación para controlar la posición

Las características técnicas principales de la servoválvula son:

- Construcción robusta.
- Fuerzas importantes en la corredora de distribución asegurando un funcionamiento estable.
- Construcción simétrica que garantiza una buena estabilidad del cero.
- Ajuste mecánico del cero.
- Estanqueidad del motor de par.
- Fluido de trabajo: aceite hidráulico mineral.
- Temperatura de utilización: de - 54 ° C hasta + 135 ° C.
- Presión de alimentación de 15 a 210 bar.
- Presión de retorno hasta 210 bar.
- Pequeña potencia eléctrica de mando (~ 0.1W)
- Peso: 1 kg.
- Juntas: Buna N.

En las figuras siguientes se encuentran las curvas características estáticas **experimentales** de esta servoválvula. Son las siguientes:

- *Presión vs. Intensidad*
- *Caudal vs. Intensidad.*
- *Fugas vs. Intensidad.*

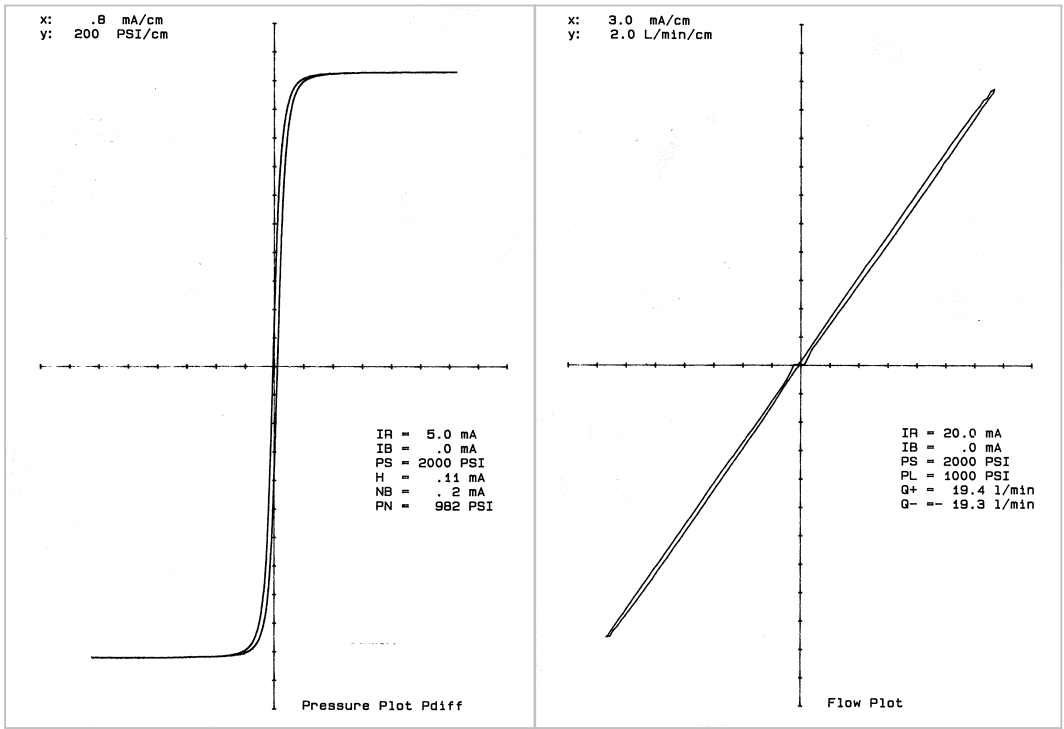


Figura 5.5

Figura 5.6

Curva característica Presión – Intensidad

Curva característica Caudal - Intensidad

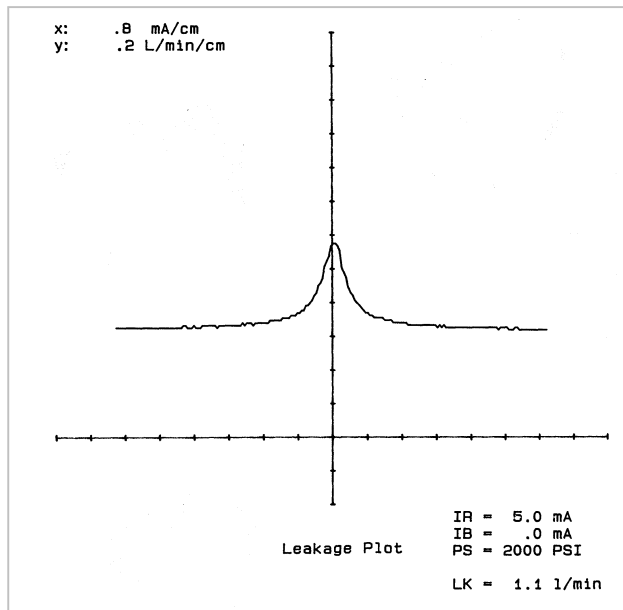


Figura 5.7 Curva característica Fugas – Intensidad

5.2.4 Transductor de posición LVDT

En el sistema se encuentra instalado un sensor LVDT. Se trata de un transformador diferencial de variación lineal (Lineal Variable Differential Transformer). Este sensor será el encargado de medir la posición del cilindro.

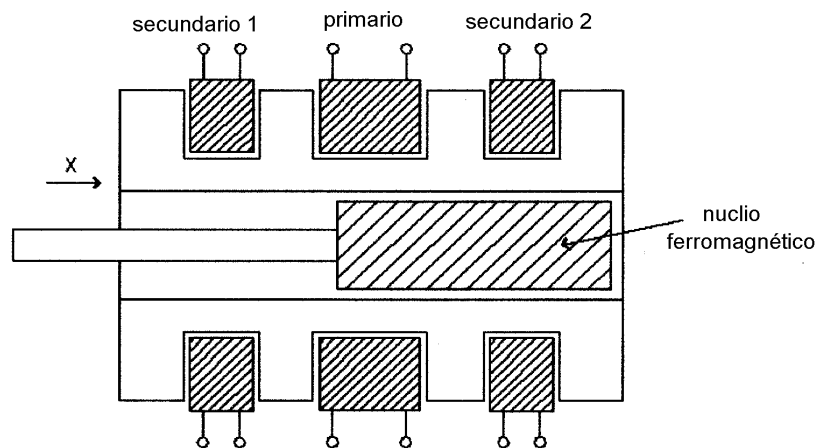


Figura 5.8 LVDT

Su principio de construcción y de operación es muy simple. Su funcionamiento se basa en la variación de la inductancia mutua entre un circuito primario y cada uno de los dos secundarios al desplazarse a lo largo de su interior un núcleo de material ferromagnético sujeto al vástago el movimiento del cual se desea medir.

Al alimentar el primario con una tensión alterna, cuando el núcleo ferromagnético se encuentra en una posición central, las tensiones inducidas en cada secundario son iguales. Por tanto las diferencias de estas tensiones es nula. Al desplazarse este núcleo en un sentido o en otro, se crea una diferencia de tensiones que proporciona la posibilidad de medir el desplazamiento del núcleo y a su vez del vástago.

El sensor ofrece por tanto la posibilidad de medir tanto desplazamientos positivos como negativos del núcleo, provocando así que cuando el movimiento del núcleo sea en sentido positivo, su salida sea positiva y cuando sea en sentido negativo, su salida sea negativa.

El transductor de posición LVDT tiene las siguientes características técnicas:

- Excitación primario: 2.2 V eff/rms
- Frecuencia: 3500 Hz
- Longitud de medida: 150 mm
- Deriva por temperatura <500 ppm/°C
- Carga en el secundario: 100 K Ω
- Sensibilidad: 8.791 mV/Vmm

Este tipo de sensor ofrece numerosas ventajas técnicas:

- Tienen una elevada resolución.
- Tienen un rozamiento muy bajo de manera que imponen poca resistencia mecánica. En consecuencia se alarga la vida del aparato ya que reduce el riesgo de fallo.
- Facilidad de colocación en el cilindro.
- Respuesta rápida.
- Poseen gran sensibilidad unidireccional y elevada linealidad (hasta el 0.05%).

Por contra, tiene las siguientes desventajas técnicas :

- En los dispositivos reales, en la posición central la tensión de salida no pasa por cero, sino por un mínimo provocado por las capacidades parásitas entre el primario y secundario y por la falta de simetría entre las bobinas. Esta desviación es normalmente del 1%.
- La temperatura es una fuente de interferencias en las medidas, ya que al variar ésta, también nos varia el valor de la resistencia eléctrica del primario. Si aumenta la temperatura, lo hace también la resistencia y eso provoca una reducción de la corriente en el primario y por tanto de la tensión de salida. Por eso es aconsejable alimentar a corriente constante.
- Este tipo de sensor necesita de la incorporación de una electrónica que proporcione una amplificación a la señal y la conversión de la señal de salida de alterna a continua.

El sensor de posición, al tratarse de una salida de corriente alterna y con el cero dentro de su margen de valores resultantes, necesita de un módulo acondicionador de señal. Este acondicionador consta de:

- Una etapa demoduladora en que la señal alterna de salida del sensor se convierte en una tensión DC proporcional al desplazamiento del pistón.
- Una etapa amplificadora para obtener tensiones de salida CC comprendidas entre ± 10 V con una baja impedancia de salida.
- Una etapa de filtrado pasa bajo que elimina la componente de alta frecuencia.

Y a modo de resumen, se concluye con las características técnicas del módulo F123-402 (MOOG):

- Alimentación: ± 15 V/30 mA.
- Peso: 0.1 kg.
- Señal de salida: ± 10 V.
- Carga: >2 K Ω

Pese a que la señal de salida puede llegar a ± 10 V, se ha linealizado y ajustado su salida de forma que sus valores máximos sean ± 7.5 V, acorde con las posiciones extremas del vástago (± 75 mm).

5.2.5 Descripción del sistema hidráulico.

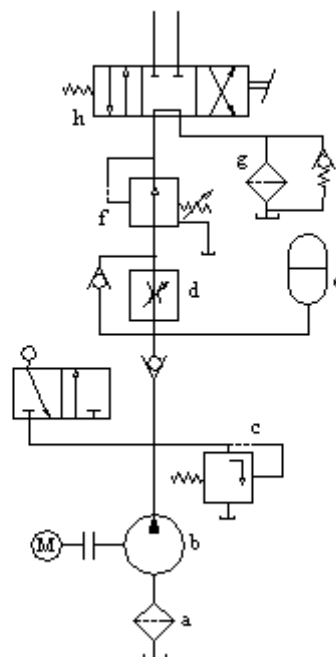


Figura 5.9 Grupo oleohidráulico

El grupo oleohidráulico suministra la presión y el caudal necesarios para el banco de ensayos, que son 85 bares y 40 l/min, y puede llegar hasta 150 bares. Este grupo se compone de los siguientes elementos:

- a- Filtro línea de impulsión.
- b- Bomba.
- c- Válvula limitadora de presión (VLP).
- d- Válvula de control de caudal (VCC).
- e- Acumulador de presión.
- f- Válvula reductora de presión (VRP).
- g- Filtro de línea de retorno.
- h- Válvula de control direccional.

5.2.5.1 Bomba.

La bomba utilizada es de engranajes. Estas bombas son de desplazamiento volumétrico positivo constante y su caudal se puede considerar constante, pues solo se puede controlar variando la velocidad de giro del eje.

Sus características técnicas principales son:

- Presión máxima de trabajo: 150 bar.
- Presión máxima punta: 200 bar.
- Capacidad volumétrica: 22.7 cm³/rev.
- Máxima velocidad de giro: 2500 rpm.
- Potencia a 100 bares y 1000 rpm: 3.72 CV.

5.2.5.2 Válvula limitadora de presión (VLP).

Las válvulas limitadoras de presión pertenecen al grupo de las válvulas reguladoras de presión, y es un tipo de válvula que normalmente se mantiene cerrada. Tiene como función, como su nombre indica, limitar la presión en un cierto valor mediante la canalización de una parte del caudal de la bomba hacia el tanque. El obturador mantiene cerrado el conducto de entrada gracias a la presión que un resorte produce sobre él. Cuando la presión del sistema es suficientemente grande, empuja el obturador hacia arriba ganando la acción del muelle y

conectando el conducto de entrada con el que se dirige hacia el tanque, permitiendo así el paso del fluido. Estas válvulas, van provistas de un tornillo con el que es posible variar la tensión del muelle y por consiguiente el valor de la presión de descarga.

Por otro lado, la válvula reguladora de presión escogida ha de ser capaz de dejar pasar todo el caudal de la bomba hacia el tanque. Esta situación se produce cuando el sistema hidráulico no consume caudal y todo el caudal de la bomba es retornado vía válvula. En consecuencia esta válvula, proporciona protección frente a sobrecargas que pueda sufrir el sistema. La presión existente, que tenemos cuando pasa todo el caudal es considerablemente mayor que la presión que existe cuando la válvula comienza a abrir. La presión, cuando todo el caudal pasa a través de la válvula es el nivel de presión que se especifica como presión de funcionamiento de la válvula limitadora. Es el nivel máximo de presión que permite la válvula limitadora.

Sus características técnicas principales son:

- Presión máxima de trabajo: 150 bares.
- Caudal nominal: 20 l/min.
- Temperatura máxima de trabajo: 65 ° C.

5.2.5.3 Válvula de control de caudal

Existen de dos tipos de válvulas de control de caudal: compensadas y no compensadas. Para condiciones de trabajo en las que los cambios de flujo debidos a las variaciones de temperatura y presión no son de suficiente magnitud para afectar a la eficiencia de la operación, como es el caso de este circuito hidráulico, se utiliza un orificio fijo, que es comparable a los efectos de un estrangulamiento de sección constante, no compensado.

Sus características técnicas principales son:

- Presión máxima de trabajo: 250 bar.
- Caudal nominal: 20 l/min.
- Pérdidas de carga a caudal nominal: 50 bar.
- Temperatura máxima de trabajo: 70 ° C

5.2.5.4 Válvula reductora de presión (VRP).

La válvula reductora de presión tiene la función de alimentar, con aceite a baja presión, una rama de un circuito desde una línea de alta presión, es decir, produce una caída de presión sin necesidad de tener que hacer un sacrificio del caudal de trabajo. De esta forma se soluciona un problema muy típico en circuitos hidráulicos como es la aplicación del fluido a diferentes presiones que proviene de una sola fuente generadora.

El principio fundamental de su funcionamiento se basa en la acción del resorte. Éste ejerce fuerza para evitar que la válvula o el paso del fluido se cierre. Cuando la presión es suficientemente alta para vencer la acción del muelle, la válvula se cierra.

A diferencia de la válvula limitadora, la válvula reductora casi siempre está con su paso abierto.

Sus características técnicas principales son:

- Presión máxima de trabajo: 315 bar.
- Caudal nominal: 20 l/min.
- Temperatura máxima de trabajo: 70 ° C

5.2.5.5 Válvula de control direccional

La válvula utilizada es de tipo direccional de cuatro vías. Estas consisten en un orificio de presión (**P**), donde llega el fluido impulsado por la bomba, un orificio de tanque (**T**), por donde regresa al tanque el aceite y dos orificios, (**A**) y (**B**), para suministrar aceite a las cámaras del cilindro.

Tradicionalmente la válvula de control direccional tiene tres posiciones posibles:

1. Central : El flujo de aceite queda interrumpido y por tanto tenemos el pistón en reposo, sin producirse ninguna variación en su carrera.
2. Izquierda: Se llena de aceite la cámara del lado izquierdo del émbolo y por otro lado se permite el vaciado de la otra cámara hacia el tanque.

3. Derecha: El resultado es el inverso de la operación anterior, es decir, se llena de aceite la cámara derecha del cilindro y se vacía la izquierda.

Alternando estas tres posiciones, se consigue el movimiento del cilindro. Pero en este caso, dada la presencia en el circuito de la servoválvula, sólo son necesarias dos posiciones útiles:

1. Reposo: Que cumple la misma función Central anteriormente explicada.
2. De paso: Deja pasar aceite en las dos direcciones.

Sus características técnicas principales son:

- Presión máxima de trabajo: 250 bar.
- Caudal nominal: 20 l/min.
- Caudal máximo: 25 l/min.
- Peso: 2Kg.
- Tensión de alimentación: 220V.
- Temperatura máxima: 70 ° C.

5.3 Descripción de los elementos eléctricos

5.3.1 Acelerómetros Kistler K-Beam

Se han utilizado dos modelos de sensores de aceleración, con el objetivo de hacer una captura de datos lo más exacta posible dependiendo del rango de las aceleraciones medidas.

En los ensayos de las estrategias de control, y en la caracterización del conjunto viga flexible con el servoactuador, la pletina estaba sometida a fuertes aceleraciones, sobrepasándose los 20 g. Por esta razón, el acelerómetro utilizado ha sido el modelo 8303A50, capaz de medir aceleraciones de hasta 50 g como más tarde se verá.

En algunos ensayos el rango de frecuencias estudiadas variaba de 0.01 Hz a 1 Hz. El objetivo de esta prueba era estudiar el comportamiento del sistema a bajas frecuencias. Como es de suponer, en este caso la barra estaba sometida a aceleraciones mucho menores. Por esta

razón, el acelerómetro utilizado ha sido el modelo 8303A20, capaz de medir aceleraciones de hasta 20g como más tarde se verá.

Los sensores de la familia 8303AXX son acelerómetros capacitivos de una alta sensibilidad montados sobre una base cerámica donde se incorpora una electrónica capaz de medir las más pequeñas aceleraciones hasta 0 Hz. Debido a que el acelerómetro no puede distinguir las fuerzas gravitatorias de las fuerzas de inercia, cuando está en reposo nos mide la aceleración gravitatoria de la Tierra.

El captador K-Beam se compone de una masa muy pequeña soportada por elementos flexibles. Esta microestructura es obtenida a partir de un monocristal de silicio. La masa sísmica forma juntamente con dos electrodos fijos un medio puente capacitivo. Bajo la acción de una aceleración, la pequeña masa se mueve provocando un desequilibrio en el medio puente y produciendo de esta forma la señal. Este sistema sensor es insensible a campos magnéticos y eléctricos, y los cambios de temperatura apenas tienen influencia.

Para el estudio que se desea realizar, se adecua perfectamente a las necesidades de trabajo, ya que se trata de un sensor con un peso muy reducido que se puede considerar despreciable en los cálculos y un tamaño pequeño perfectamente adaptable en cualquier lugar.

Se recomienda que el sensor sea montado directamente sobre el elemento que va a ser medido fijándose con dos tornillos que encajan en las pestañas del sensor. Cualquier otra alternativa reduce el rango de frecuencias observable.

Las características técnicas más relevantes son las siguientes, para ambos tipos de sensores se presentan en la tabla 5.1.

	8303A50	8303A20
Rango de medida	± 50 g.	± 20 g.
Sensibilidad (± 10 %)	20 mV/g.	50 mV/g.
Rango de frecuencia (± 5 %)	0...50 Hz.	
Masa sin cable	8 g.	
Rango de temperatura operativo	-20...85 °C.	
Tensión de alimentación	9 ... 20 VDC	
Otras características relevantes	Insensible bajo el efecto de campos magnéticos.	
	Insensible bajo el efecto de campos eléctricos.	
	Poca influencia por cambios de temperatura.	
	Señal en posición de reposo: 2.5 V.	

Tabla 5.1 Características de los acelerómetros utilizados en los ensayos experimentales

La salida ofrecida por el sensor es una señal referenciada a la tierra de la alimentación y centrada en + 2.5 V. La tensión de salida está entre +1.5 V y +3.5 V. Esto garantiza un aviso en caso de desconexión pero dificulta la adquisición de datos con ordenador, pues el rango de adquisición se ha de encontrar entre 0 y +5 V. La representación de la alimentación y salida del sensor se encuentra a continuación en la Figura 5.10:

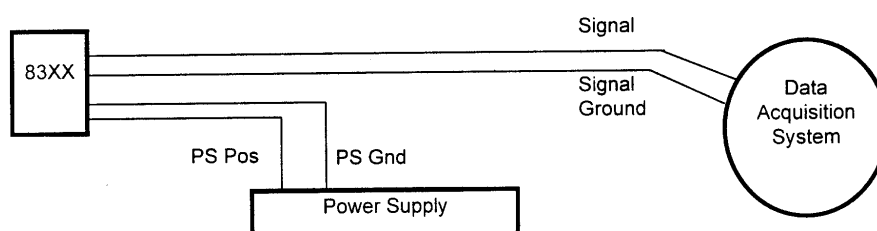


Figura 5.10 Conexión del acelerómetro

La fuente de alimentación escogida ha sido de **+12 VDC**, con el objetivo de utilizar una fuente de alimentación independiente de la que necesita el sistema de filtrado.

5.3.2 Tarjetas de adquisición de datos

Para llevar a cabo la comunicación entre el PC y el sistema se han utilizado dos tarjetas de adquisición de datos. Estas tarjetas no solo permiten recibir datos del sistema, también permiten generar señales y observar la respuesta del sistema.

Las tarjetas utilizadas han sido fabricadas por la compañía NATIONAL INSTRUMENTS, que también comercializa LabVIEW.

En el anexo 5.1 se ha incluido una descripción detallada de las tarjetas utilizadas. Las características mas importantes de ambas tarjetas son las siguientes:

Tarjeta PCI 1200	
Entradas analógicas	8 sencillas / 4 diferenciales
	Resolución: 12 bits
	Frecuencia de muestreo: 100 kS/s
	Rango de entrada: Unipolar (0-10 V) o bipolar (± 5 V)
Salidas analógicas	2
	Resolución: 12 bits
	Frecuencia de escritura: 100 kS/s
	Rango de salida: Unipolar (0-10 V) o bipolar (± 5 V)
I/O digitales	24
Contadores/Timers	3, 16 bits
Triggers	Digital

Tabla 5.2 Tarjeta PCI 1200

Tarjeta PCI 6035E	
Entradas analógicas	16 sencillas / 8 diferenciales
	Resolución: 16 bits
	Frecuencia de muestreo: 200 kS/s
	Rango de entrada: Bipolar (± 10 V)
Salidas analógicas	2
	Resolución: 12 bits
	Frecuencia de escritura: 10 kS/s
	Rango de salida: Bipolar (± 10 V)
I/O digitales	8
Contadores/Timers	2, 24 bits
Triggers	Digital

Tabla 5.3 Tarjeta PCI 6035E

Comentario: la tarjeta PCI 1200 fue utilizada en una ronda de pruebas preliminar en la que quedó claro que una resolución de 12 bits es insuficiente para capturar las señales de los acelerómetros. El problema aparece principalmente porque el nivel 0 del acelerómetro está en +2.5 V de salida y esto obliga a configurar la tarjeta en ± 5 V. Si el nivel 0 del acelerómetro estuviese en 0 V sería posible configurar la tarjeta en ± 0.5 V y no habría problemas.

Para evitar interferencias se han utilizado dos canales analógicos en montaje diferencial por cada una de las señales muestreada. Nótese que este montaje protege de las interferencias procedentes de la red eléctrica (a 50 Hz) pues afectan simultáneamente a los dos canales a la vez.

5.3.3 Sistema de filtrado.

El sistema de filtrado escogido consiste en una placa en la que se incluyen 8 filtros pasa bajo. Es un producto de la compañía AUDON Electronics. Su referencia es FBU-8.

El FBU-8 es una placa que incluye 8 canales con un filtro pasa bajo cada uno. Cada canal consta de un amplificador de instrumentación diferencial de ganancia programable seguido de un filtro pasa bajos Butterworth de tercer orden también programable.

El amplificador de instrumentación manifiesta un excelente rechazo en modo común y un amplio rango de ganancia que oscila de 1 a 1000. Incorpora una protección a sobrecargas de entrada superiores a ± 40 V. La frecuencia de corte del filtro pasa bajo se selecciona insertando una resistencia SIL, formada por una red de cuatro resistencias del valor adecuado, en un conector. Los rangos de la frecuencia de corte oscilan de los 5 Hz a los 10kHz. La salida del filtro está protegido contra corto circuitos y puede “atacar” cargas tan bajas como 600Ω . El diagrama de bloques de éste puede verse a continuación en la Figura 5.11:

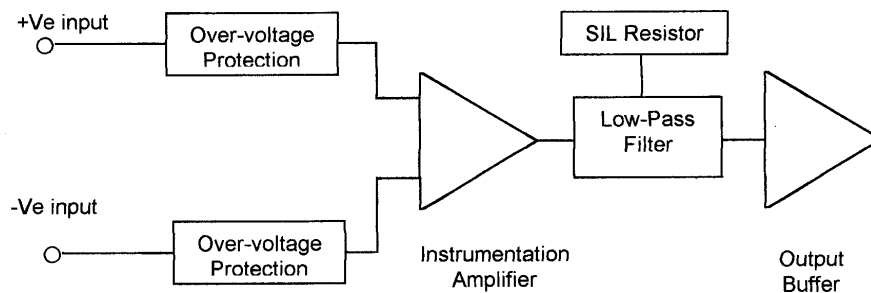


Figura 5.11 Diagrama de un filtro

Amplificador de instrumentación

Cada canal filtro consta de un amplificador de instrumentación diferencial. La ganancia de dicho amplificador es ajustable por el usuario colocando y soldando una resistencia standard entre los terminales etiquetados como RG. La ganancia del amplificador se calcula a partir de la ecuación: $Ganancia = 1 + (50k / RG)$ siendo RG el valor de la resistencia standard que colocamos entre los terminales etiquetados con la misma designación.

El valor de la ganancia deseado para la aplicación de 1, por lo tanto, el valor de RG debe ser 0, es decir, no habrá ninguna resistencia entre esos terminales.

Filtro Pasa Bajo

El filtro pasa bajo de 3er orden es programable por el usuario utilizando una red de resistencia SIL (single-in-line). Con este SIL podremos ajustar la frecuencia de corte del filtro al valor deseado. Esta red de resistencias consta de 4 resistencias aisladas de igual valor, por lo tanto el SIL tiene 8 patillas. Este dato es relevante ya que no fue posible encontrar un SIL del valor deseado, siendo necesario elaborarlo a partir de resistencias standard.

A continuación se muestran los valores de resistencia necesarios para obtener una determinada frecuencia de corte:

Frecuencia de corte	Resistencia SIL	Frecuencia de corte	Resistencia SIL
5 Hz	1 M	500 Hz	10 k Ω
10 Hz	470 k Ω	1 kHz	4.7 k Ω
20 Hz	220 k Ω	2 kHz	2.2 k Ω
50 Hz	100 k Ω	5 kHz	1 k Ω
100 Hz	47 kΩ	10 kHz	470 Ω
200 Hz	22 k Ω	20 kHz	220 Ω

Tabla 5.4 Configuración de la frecuencia de corte de los filtros

Para el estudio que se ha realizado, conviene que la frecuencia de corte del filtro pasa bajo no sea superior a 100 Hz. Con esta configuración, se conseguirá filtrar todos aquellos armónicos que tengan una frecuencia superior a 100 Hz, dejando pasar todos aquellos que estén por debajo de ese valor. Esta configuración es suficiente ya que las frecuencias encontradas en los ensayos experimentales no serán superiores a 60 Hz.

Como se ha comentado con anterioridad, fue necesario elaborar cada uno de los SIL que se utilizaron a partir de resistencias standard. El valor de estas resistencias fue de 47 k Ω . Este es el esquema de cada uno de ellos:

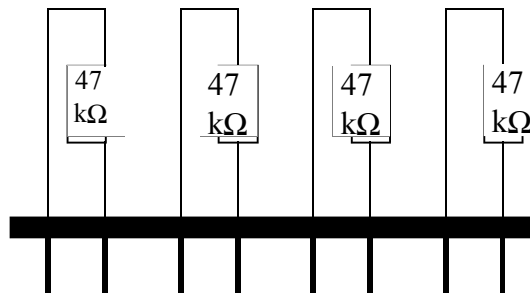


Figura 5.12 Montaje de los SILs

Las características más relevantes de esta placa de filtros son:

- Filtros Butterworth de orden 3
- Consta de amplificadores de instrumentación para señales diferenciales
- Protección para sobretensiones de entrada de hasta ± 40 V
- Ganancia de los amplificadores programable por el usuario desde 1 hasta 1000 mediante una resistencia standard
- Frecuencias de corte programables por el usuario mediante una resistencia SIL para valores de 5 Hz hasta 20 kHz
- Terminales de entrada y salida con uniones atornilladas
- Amplio rango de tensión de alimentación: $\pm 9 \dots \pm 18$ VDC

Comentario1: La etapa de filtrado es esencial en cualquier sistema de captura de datos digital. El teorema de Nyquist implica la necesidad inexcusable de garantizar que no llega al equipo de captura de datos ninguna frecuencia superior a la mitad de la frecuencia de muestreo.

Comentario2: La experiencia ha demostrado que es necesario unir todos los bornes de 0V de todas las fuentes de alimentación utilizadas en el montaje: alimentación acelerómetro y alimentación placa de filtros. En caso contrario se producen numerosas interferencias.

Comentario3: En la primera ronda de pruebas fue posible observar que los generadores digitales de señales de frecuencia variable introducen un cierto ruido al cambiar de frecuencia. Esto hace que se pierda la información de fase al obtener la estimación experimental de la función de transferencia (véase el siguiente capítulo). La solución encontrada consiste en filtrar la salida del generador.

5.4 Descripción de los programas de adquisición de datos y de control

La descripción del banco de pruebas está incompleta si no se mencionan los programas que controlan la tarjeta de adquisición de señales.

Los programas utilizados para generar la señal que se envía al sistema estudiado así como para captar las señales que definen su respuesta han sido realizados bajo el entorno siendo éste un software de National Instruments Corporate. Se ha incluido en el anexo 6.1 una descripción detallada de LabVIEW, así como del programa utilizado para obtener el diagrama de Bode del sistema completo. Este programa permite generar un “chirp” (señal senoidal de amplitud constante cuya frecuencia varía uniformemente entre una frecuencia inicial y otra final), y capturar la respuesta del sistema. El programa ha sido desarrollado para que el usuario pueda configurar todos los parámetros relevantes.