

# Capítulo 3

## DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

### 3. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

En los capítulos anteriores se ha descrito el sistema en general y cuál es el objetivo. La componente hardware existente es bastante amplia puesto que este proyecto engloba todas las acciones necesarias para llegar al nivel de oxígeno deseado dentro de la cámara y el posterior mantenimiento de una atmósfera adecuada para la salud de los animales.

El sistema completo, en lo que a hardware se refiere, consta de:

- Sensor de oxígeno.
- Sensor de humedad.
- Sensor de temperatura.
- Electroválvulas.
- Etapa de acondicionamiento de la señal.
- Tarjeta de adquisición de datos.
- Compresor de aire.
- Bomba extractora.
- Cámara de metacrilato.
- Circuito de limpieza del aire.
- PC.

Cada una tiene una función muy clara que seguidamente se reflejan.

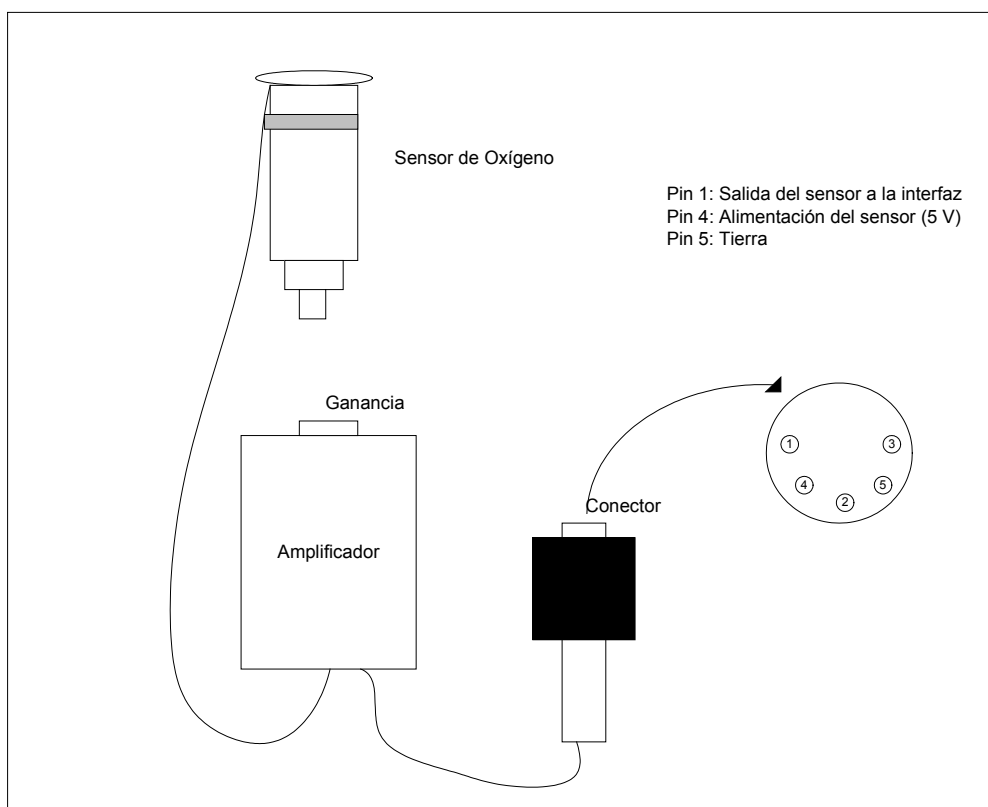
### **3.2. Sensor de Oxígeno**

Este sensor es comercializado por la empresa Qubit Systems. Este sensor nos va permitir conocer la concentración de oxígeno existente en el interior de la cámara en cada momento de forma que podamos realizar las acciones necesarias para establecer la mezcla que deseemos en cada experimento.

La información de este sensor será recogida por la tarjeta de adquisición de datos a través de la etapa de acondicionamiento, para gracias al control PID implementado en el software poder dar las repuestas necesarias en cada momento, permitiendo la entrada de nitrógeno en el caso de que queramos disminuir la concentración de oxígeno o la de aire del exterior en el caso de que la concentración de oxígeno fuera excesiva.

Por lo tanto es este sensor una parte muy importante del sistema ya que es gracias a él con el que podremos ajustar el nivel de hipoxia en los animales que se encuentran en el interior de la cámara.

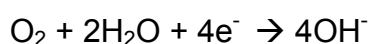
Un esquema de este sensor es el siguiente:



**Figura 3.1.** Esquema del sensor de oxígeno

El sensor S-101 se comporta como una célula galvánica consistiendo en un ánodo de plomo, un cátodo en  $O_2$  y un ácido electrolítico. También lleva una membrana de teflón permeable al  $O_2$  con un electrodo de oro unido a esta superficie. El oxígeno que se difunde a través de esta membrana es reducido electroquímicamente en el electrodo de oro. Con el sensor se produce la siguiente reacción:

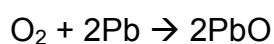
Cátodo:



Ánodo:



Global:



Una resistencia es conectada entre el ánodo y el cátodo, así la batería esta siempre descargada. La corriente que fluye a través de la resistencia es

proporcional a la presión parcial de oxígeno en contacto con la membrana, de forma que para conocer la concentración de oxígeno sólo es necesario determinar esta corriente que fluye por la resistencia.

La calibración es un aspecto muy importante para tener una certeza en nuestros resultados, en este aspecto es donde interviene el amplificador que incorpora este sensor. La caja de amplificación incorpora un control de ganancia. La salida del sensor está entre los 0 y 4.5 V, y el control de ganancia puede ser usado para establecer el máximo voltaje a cualquier concentración entre los 15% y 100%. El 0% reporta unos 0.01 V independientemente de la ganancia, y la salida del sensor es lineal a la concentración existente. Por todo esto la mejor forma de calibración es sabiendo que en la atmósfera hay una concentración de un 20.9% de oxígeno hacemos que en esta situación la salida del sensor sea la máxima de forma que con una fácil ecuación lineal podamos saber la concentración existente en cada momento.

Algunas características importantes:

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| ➤ Rango de detección        | 0 - 100%      |
| ➤ Tiempo de respuesta (90%) | 12 Segundos   |
| ➤ Tiempo de vida            | 5 años        |
| ➤ Rango de temperatura      | 5 – 40 °C     |
| ➤ Rango de presión          | 0.5 – 1.5 atm |
| ➤ Especificaciones          | 0 – 5 V       |
| ➤ Alimentación              | 5 V           |
| ➤ Peso                      | 125 g         |



**Figura 3.2.** *Sensor de oxígeno*

### **3.3. SENSOR DE HUMEDAD**

Es comercializado por la empresa *Humirel*. Este sensor nos va permitir controlar la humedad existente dentro de la cámara de metacrilato, algo muy importante puesto que los experimentos a realizar pueden durar largos periodos de tiempo.

Si no tuviésemos en cuenta la humedad de la cámara esta podría ser muy elevada, ya que la propia respiración y efluvios de las ratas harían que la humedad aumentase mucho, causando graves problemas físicos a las ratas.

La elección de este sensor de humedad y no otro ha sido basada tras un estudio del conjunto de elementos que componen la máquina, intentando que

las características de todos fueran las más parecidas entre sí para facilitar de este modo la integración en el conjunto además de reunir todas las características necesarias par conseguir el objetivo deseado.

Las características principales del sensor son:

- Pequeño tamaño.
- No se afecta por la inmersión en agua.
- Fácil integrabilidad.
- Alta fiabilidad
- Baja dependencia ante la temperatura.
- Rápida respuesta en el tiempo.
- Alta resistencia a productos químicos.
- Recuperación inmediata tras largos periodos en fase de saturación.
- Voltaje de salida de 1 a 4 voltios mientras exista un rango de 1 a 100% RH alimentado con 5 voltios de corriente continua.

Condiciones de medida:

- HM 1500 está preparado para realizar medidas entre el 15 y el 95% RH.
- La salida de este rango de medidas no afecta a la fiabilidad de sus características.



**Figura 3.3.** *Sensor de Humedad*

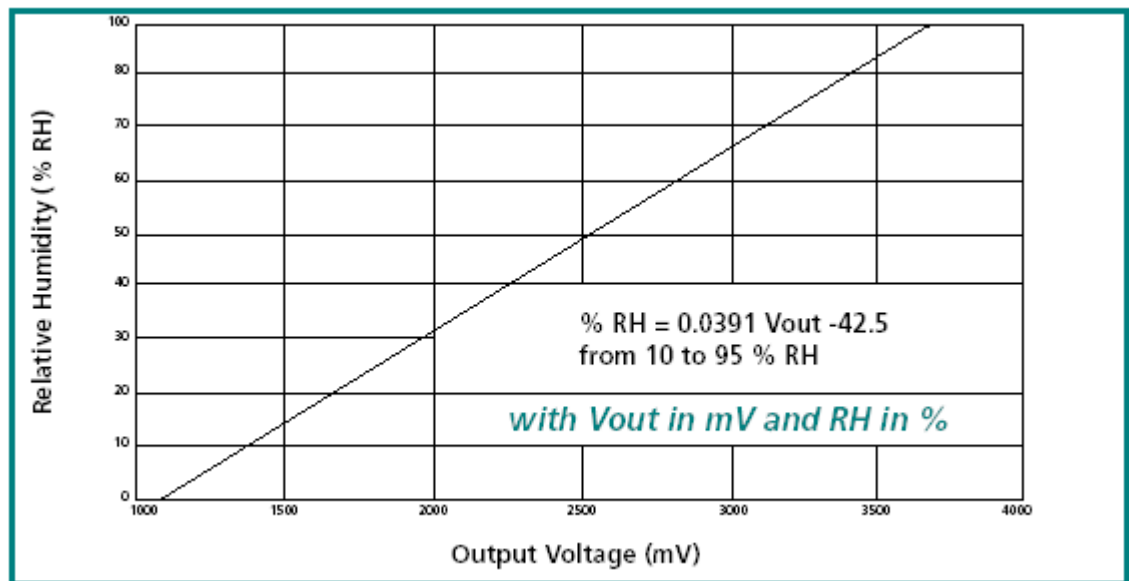
La ecuación que nos relaciona la humedad existente con la respuesta en voltios que nos da el sensor es:  $V_{out} = 9E^{-4}RH^3 - 1.3E^{-1}RH^2 + 30.815RH + 1030$

TABLA DE REFERENCIA DE SALIDAS

| RH (%) | $V_{out}(mV)$ | RH (%) | $V_{out}(mV)$ |
|--------|---------------|--------|---------------|
| 10     | 1325          | 55     | 2480          |
| 15     | 1465          | 60     | 2605          |
| 20     | 1600          | 65     | 2730          |
| 25     | 1735          | 70     | 2860          |
| 30     | 1860          | 75     | 2990          |
| 35     | 1990          | 80     | 3125          |
| 40     | 2110          | 85     | 3260          |
| 45     | 2235          | 90     | 3405          |
| 50     | 2360          | 95     | 3555          |

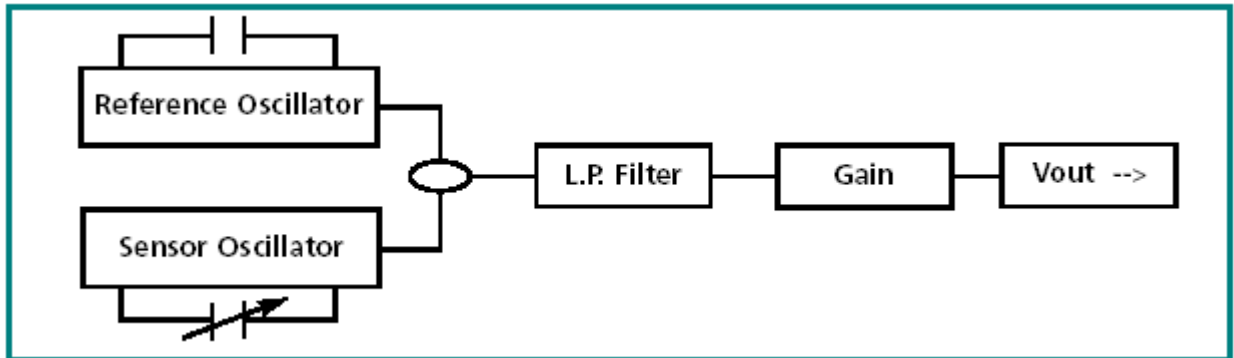
**Tabla 3.1.** Referencias de salida del sensor de humedad

Típica medida de humedad con el HM 1500



**Figura 3.4.** Medida de humedad con el HM 1500

Estructura interna del HM 1500



**Figura 3.5.** Estructura interna del HM 1500

### 3.4. SENSOR DE TEMPERATURA

Una de las medidas a realizar es la temperatura existente en la cámara ya que los animales deben permanecer en ella durante muchas horas, e incluso días y debido a su respiración, temperatura corporal y sus excrementos la temperatura podría llegar a ser un factor decisivo en el experimento, es por eso que gracias a este sensor podremos monitorizar la temperatura, y los investigadores poder de esta forma regularla, para que sea admisible.

Tras un estudio de los distintos sensores de temperatura existentes en el mercado, en el que hemos estudiado el rango de temperaturas, exactitud y tiempo de vida nos hemos decidido por este sensor, cuyas características son:

- La temperatura en grados centígrados corresponde con el voltaje de salida más 10.
- Rango de temperatura de 0 – 50 °C
- Vin 12 V cc
- Salida analógica de 0 a 5 voltios
- Consumo MAX: 10 mA
- Medidas reducidas: 53mm x 44mm x 22mm





**Figura 3.6.** *Sensor de temperatura*

### 3.5. ELECTROVÁLVULAS

En este proyecto serán necesarias dos electroválvulas para poder controlar el paso tanto del nitrógeno procedente de la bombona como el aire procedente del compresor.

Aunque las válvulas son dispositivos relativamente sencillos y poco complicados, hay unos cuantos principios que hay que tener en cuenta a fin de asegurarse de que la válvula sea la adecuada para un sistema determinado. A continuación, se especifican los criterios más importantes para:

- La elección entre válvulas de solenoide y válvulas de accionamiento neumático
- la elección del tamaño y el tipo de válvula correctos y, de ser necesario, de bobina

La elección entre válvulas de solenoide y válvulas de accionamiento neumático:

Las válvulas de solenoide ofrecen una solución sencilla para el control y la regulación de líquidos y gases. Son particularmente indicadas para:

- Medios con algunas partículas de suciedad

- Volúmenes de caudal moderados
- Presiones diferenciales moderadas

Las válvulas de accionamiento neumático se utilizan en situaciones especiales. Generalmente:

- En medios con un alto contenido de partículas de suciedad
- En medios con una viscosidad elevada
- En temperaturas ambiente altas
- Para grandes capacidades
- En ambientes húmedos
- Cuando haya riesgo de explosión debido al uso de válvulas de accionamiento eléctrico

La selección del tamaño y del tipo de válvula y, de ser necesario, de bobina depende de:

- Presión, la presión diferencial en la válvula es crucial en el momento de elegir el tipo y el tamaño de la válvula.
- Volumen de caudal
- Temperatura del medio, aunque se exceda la temperatura máxima especificada, en general las válvulas siguen funcionando pero su vida útil puede verse acortada.
- Características del medio, se debe elegir una válvula con una junta y un cuerpo de válvula de un material adecuado para el medio en el que vaya a ser utilizada.
- Filtro, si el medio contiene partículas de suciedad hay que poner siempre un filtro delante de la válvula.
- Frecuencia y tensión de la bobina
- Temperatura ambiente, si supera los +50 °C hay que utilizar una bobina de tipo 018Z.

Según las características comentadas anteriormente hemos elegido las electroválvulas de la casa Danfoss, del tipo EVI .

Son válvulas de accionamiento directo. Cuyo funcionamiento es el siguiente:

Cuando la alimentación de la bobina está desconectada el resorte se cierra y la presión del medio aprieta el inducido con los platos de válvula contra el orificio de la válvula. Mientras la alimentación de la bobina esté desconectada, la válvula permanecerá cerrada.

Cuando la bobina recibe alimentación, el inducido con los platos de la válvula se levanta y abre el orificio de la válvula. Ahora la válvula está abierta y deja pasar el caudal. Mientras la bobina reciba alimentación, la válvula permanecerá abierta.

Las especificaciones de esta válvula son:

- Conexión de G1/8.
- Se puede trabajar con ella tanto con agua, aire o aceite.
- 15 W c.c.
- Presión diferencial de 0 – 10 bar

Se debe hacer hincapié en que la válvula que controla la salida del aire procedente del compresor tiene 3 vías en lugar de sólo dos esta diferencia es debido a que ya que el compresor está continuamente encendido se piensa que es necesario que también en todo momento el aire esté salido y es por eso que al tener tres vías un se emplea para la entrada del aire y las otras dos para la salida dando paso al aire al espacio libre o al interior de la cámara según sea necesario.

### 3.6. ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL

A continuación describimos la etapa de acondicionamiento de señal empleada, debido la semejanza de las dos salidas digitales tratadas sólo explicaremos un módulo siendo el siguiente exactamente igual. En lo que hemos llamado etapa de acondicionamiento se encuentra tanto la propiamente hecha por nosotros como el bloque conector de la casa Nacional Instruments.



**Figura 3.7.** *Etapa de acondicionamiento de señal*

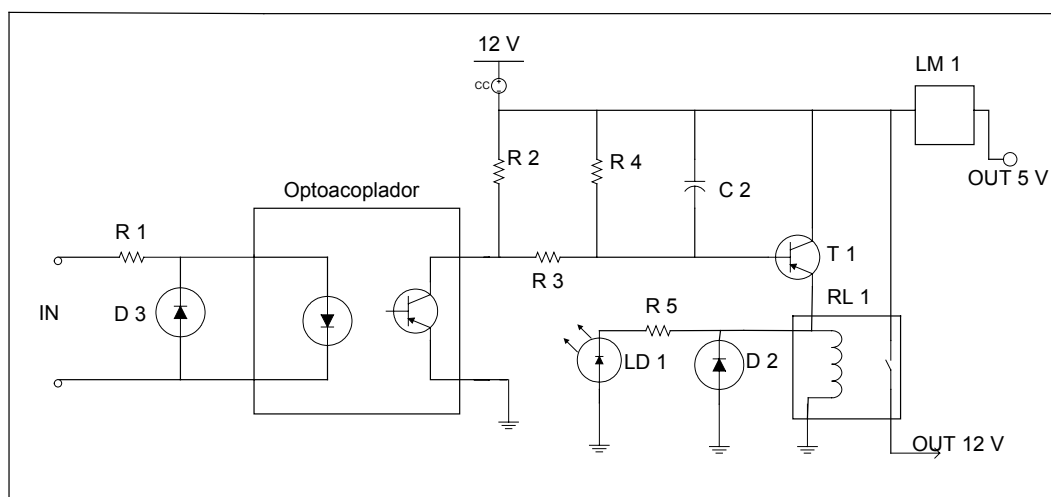
Esta etapa cumple una serie de objetivos, los cuales nos disponemos a describir.

En primer lugar nos servirá para recoger la respuesta de los sensores, puesto que de esta manera la salida de los transductores están conexas con el bloque conector, en el cual se puede ver el peneado que soporta la

tarjeta, permitiendo de una forma fácil introducir los datos en los canales que configuremos posteriormente en nuestra aplicación.

Otra ventaja que nos permite esta etapa es el acondicionamiento de la señales para atacar a las electroválvulas, esto es muy importante puesto que de esta manera con los canales de salida digital (5 V) de la tarjeta podemos accionar las electroválvulas, las cuales necesitan de otra fuente de alimentación para ello puesto que su consumo es demasiado alto para ser alimentadas con la sola salida de las tarjetas. De esta manera sólo las utilizamos como un interruptor de los relés que serán a través como se accionarán las electroválvulas.

También aprovechamos con esta etapa la fuente de alimentación que tenemos para el accionamiento de las electroválvulas para alimentar a los tres sensores puesto que su consumo es muy bajo, y todos se alimentan con 5 V, para ello se coloca un regulador de voltaje con el que se fijara la alimentación de los sensores.



**Figura 3.8.** Esquema de la etapa de acondicionamiento

Valores de los distintos componentes:

|                    |             |                     |
|--------------------|-------------|---------------------|
| R 1: 1K $\Omega$   | D 2: IN4002 | Octoacoplador: 4N25 |
| R 2: 100K $\Omega$ | D 3: IN4002 | LM 1: LM7805        |

R 3: 15 K $\Omega$

LD 1: LED

RL 1: RELÉ FINGER

R 4: 47 K $\Omega$

C 2: 4.7  $\mu$ F

R 5: 1 K $\Omega$

Descripción del funcionamiento de los distintos dispositivos:

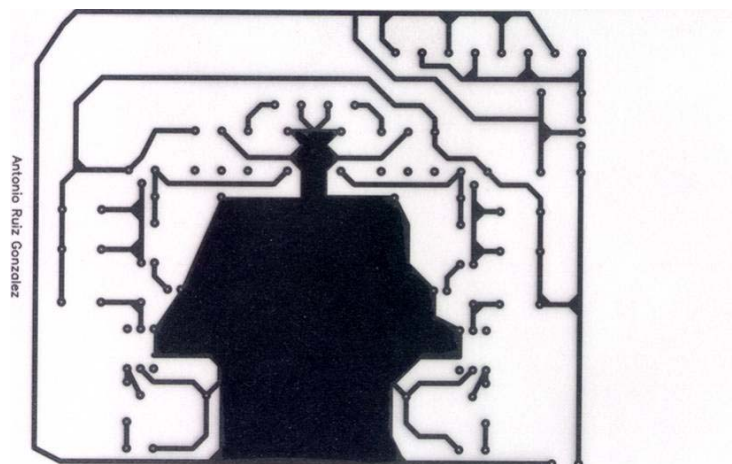
**Octoacoplador**, dispositivo que nos permite separar la etapa de acondicionamiento con la tarjeta de adquisición de datos.

**RL 1**, microrelé de la casa finger conmuta con 5 V, hace las funciones como interruptor ante la apertura o cierre de la electroválvula, que es accionada por la salida del transistor que a su vez permite el paso al alimentar la base a través de la salida del octoacoplador.

**LM 1**, es un regulador de voltaje el cual nos transforma los 12 V que nos da la fuente de alimentación externa a 5 V los cuales son necesarios para la alimentación de los sensores.

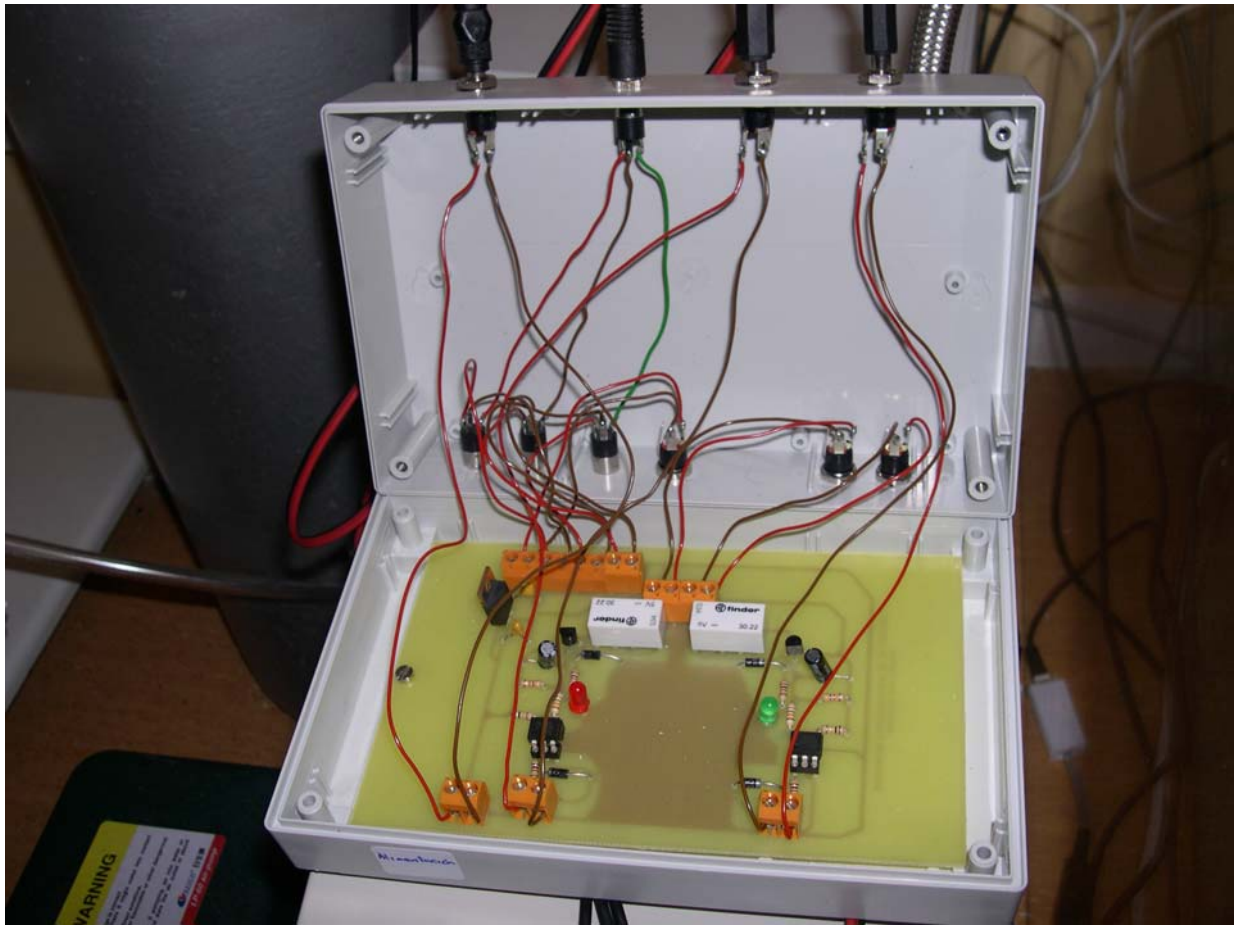
**LD 1**, diodo led el cual nos indica el estado de la electroválvula, se iluminará siempre que se accione la electroválvula.

Para la creación de la placa, se hizo el siguiente layout:



**Figura 3.9.** Layout de la etapa de acondicionamiento de la señal

Quedando la placa definitiva como se muestra a continuación.



**Figura 3.10.** *Placa de la Etapa de Acondicionamiento*

Además de esta placa realizada por nosotros también existe un bloque conector de la casa National Instruments que nos servirá para realizar las conexiones tanto de las señales capturadas como de las salidas dadas por la tarjeta.



**Figura 3.11.** *Bloque conector*

Todas estas conexiones entre el bloque conector y la tarjeta de adquisición de datos se realiza mediante el cable conector, también de la casa National Instruments.



**Figura 3.12.** *Cable conector*

Todas las características de estos dispositivos podrán ser vistas en el ANEXO I.

### **3.7. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

La tarjeta de adquisición de datos es uno de los elementos más importantes de este proyecto ya que sobre ella actuará todo el software implementado, lo cual es realmente importante puesto que este será el interfaz que manejará el investigador siendo para ellos el resto del hardware unos meros aparatos los cuales no tienen porque comprender su funcionamiento.

Para la elección de esta tarjeta hemos tenido en cuenta muchas características como pueden ser el hecho de salidas analógicas, puesto que en un primer momento se pensaba utilizar electroválvulas de accionamiento proporcional. Más tarde cuando se empezó a llevar a cabo la realización del control de las válvulas se vio que gracias al control PID el accionamiento de la bombona de nitrógeno y el compresor de aire se podían realizar con válvulas todo-nada, las cuales tenían un coste mucho más asequible. Por lo tanto el echo de que también tuvieran salidas digitales era otro factor a buscar en lo que iba a ser nuestra tarjeta de adquisición de datos.



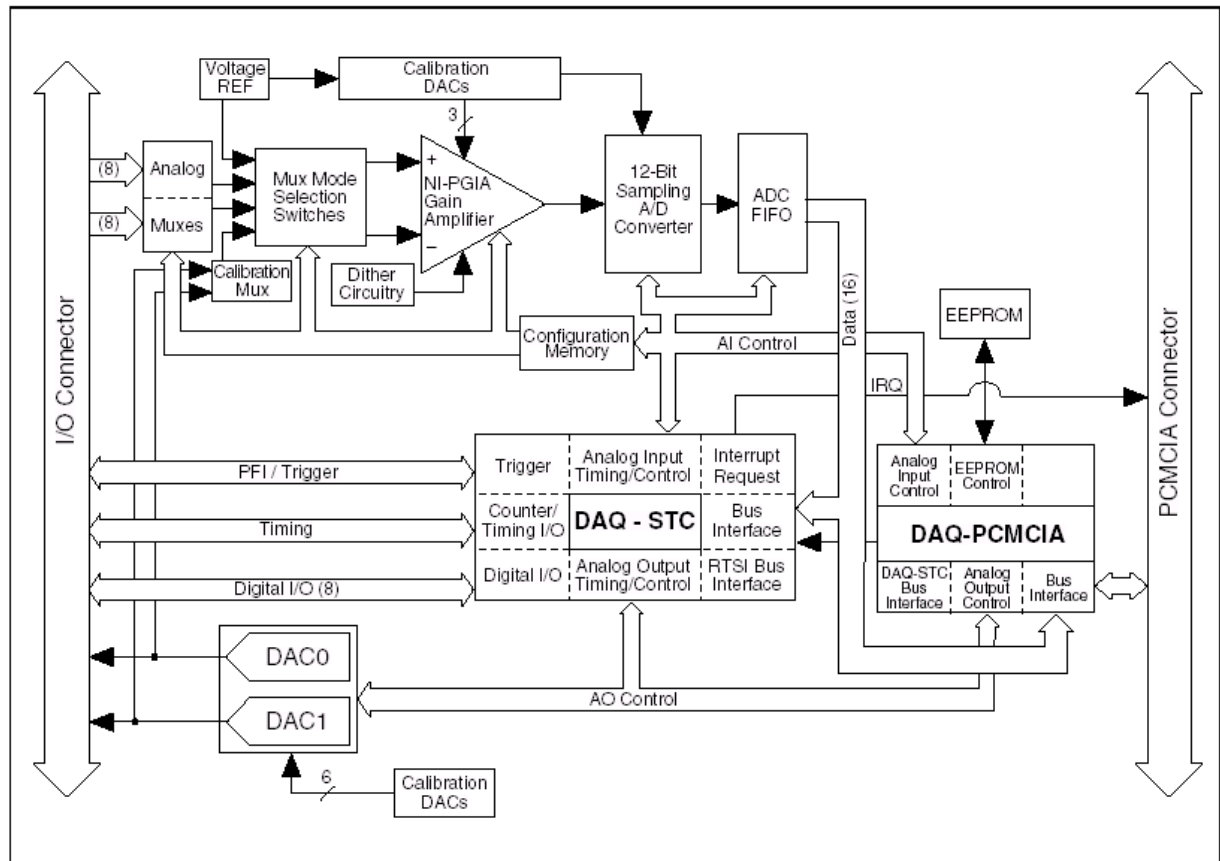
En un primer momento sólo se pensaba trabajar con los sensores de oxígeno, humedad, y temperatura, pero no se descarta el estudio de otros parámetros como podrían ser la presión o el amoníaco existente en la cámara. Debido a esto también se debía tener en cuenta tanto el número de entrada analógicas, como el muestreo que fuera capaz de realizar.

Una vez todos los datos fueron barajados, la tarjeta que se consideró óptima fue la PCI-6024-E de National Instruments.

Las principales características son:

- 16 entradas analógicas.
- 2 canales para salidas analógicas.
- 8 canales I/O digital.
- Resolución de 12 bits A/D.
- 12 KS/s
- Tiene una conexión de 68 pines.

El diagrama de bloques de esta tarjeta es el siguiente:



**Figura 3.11.** Esquema de Adquisición de datos

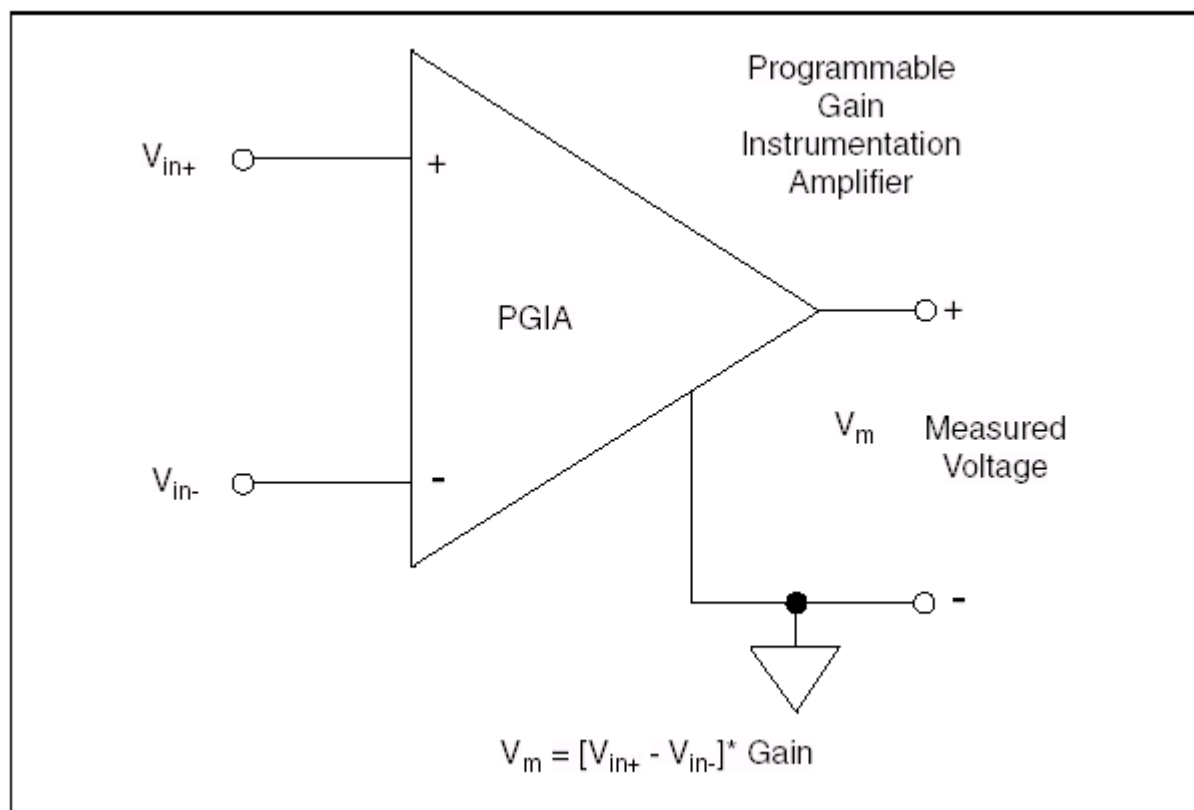
Este dispositivo tiene tres modos de entradas analógica, nonreferenced single-ended (NRSE), referenced single-ended (RSE), y differential (DIFF). De modo que puedes tener 16 entradas referenced single-ended u 8 en modo differential. Aunque también puede existir una combinación entre ellas, esta diferenciación se hace canal por canal de un modo muy fácil a través de la aplicación Measurement & Automation, que de una forma interactiva te permite configurar las características de los canales que más tarde vas a utilizar en la aplicación que vaya a desarrollar.

El rango de entrada de los canales se puede programar mediante una ganancia, que en nuestro caso hemos elegido una ganancia de 1.0 de forma que el rango de entrada es de  $-5$  a  $+5$  V, siendo la precisión de 2.44 mV aprovechado de esta manera los 12 bits del CAD.

Este dispositivo como comentamos anteriormente tiene dos salidas analógicas las cuales se mueven en un rango de  $\pm 10$  V.

Las ocho salidas digitales son de propósito general I/O(DIO<0...7>). Por software, mediante la aplicación Measurement & Automation, puede configurarse cada una de estas líneas como entrada o salida.

Un punto muy importante es la elección del modo conexión de las entradas procedentes de los sensores a nuestra tarjeta, existes tres modos de los que ya hablamos anteriormente, NRSE, RSE o DIFF. Dependiendo de modo de conexión que hagamos podremos utilizar de una forma u otra el la ganancia programable (PGIA).



**Figura 3.13.** *Amplificador de ganancia programable*

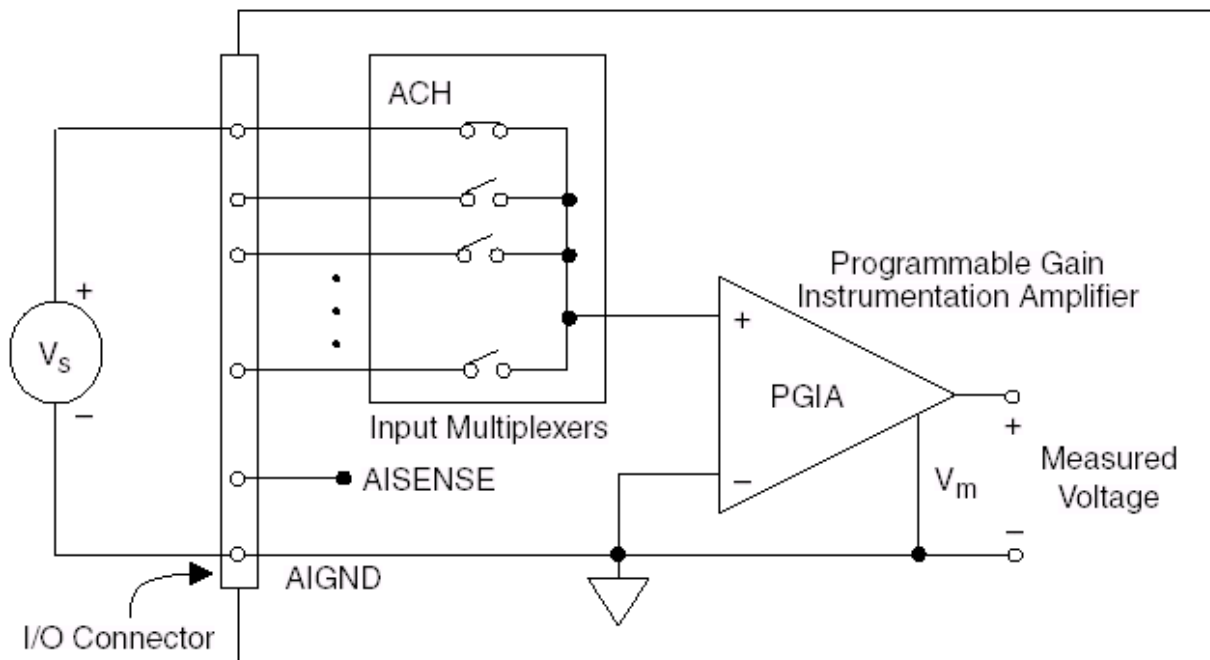
En el modo single-ended las señales conectadas a ACH<0...15> son conectas al terminal positivo de PGIA. En DIFF las señales conectadas a ACH<0...7> son conectadas al terminal positivo del PGIA, mientras que las

señales conectadas a ACH<8...15> son conectadas al terminal negativo del PGIA.

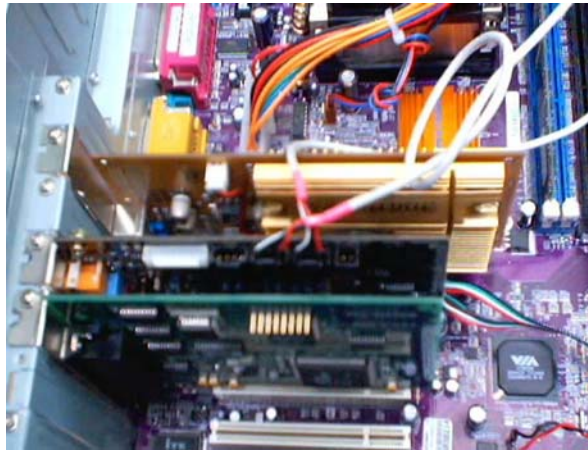
Teniendo en cuenta algunas características que se van a dar en la realización de nuestro Proyecto Fin de Carrera como:

- El nivel de las señales de entrada es mayor a 1 V.
- La longitud de los cables es menos a 3 m.
- Las señales de entrada pueden tener un punto de referencia común con otras señales.

Debido a esto hemos seleccionado el modo single-ended.



**Figura 3.13.** Conexión al amplificador



**Figura 3.15.** *Tarjeta PCI 6024-E*

Gracias a la conexión de la tarjeta a través del bus PCI y de su sencilla instalación, el manejo de la misma ha sido bastante simple. En el ANEXO II se puede visualizar el manual de usuario proporcionado por National Instruments.

#### *3.7.1. SOFTWARE DE CONTROL DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS*

Cabe destacar distintas aplicaciones que se han utilizado para el manejo de la tarjeta de adquisición de datos.

Para el gobierno de la tarjeta, se tienen: el programa **Measurement & Automation Explorer (MAX)**, con el cual se detectan posibles fallos tanto en el hardware previo como en la tarjeta conectada al bus PCI.

Lo primero que se ha de realizar, después de la conexión de la tarjeta en el bus PCI y de la configuración de los drivers de la misma, es una comprobación de que la tarjeta está bien conectada y de que el ordenador la ha reconocido. Esto se efectúa con el programa que nos ocupa.

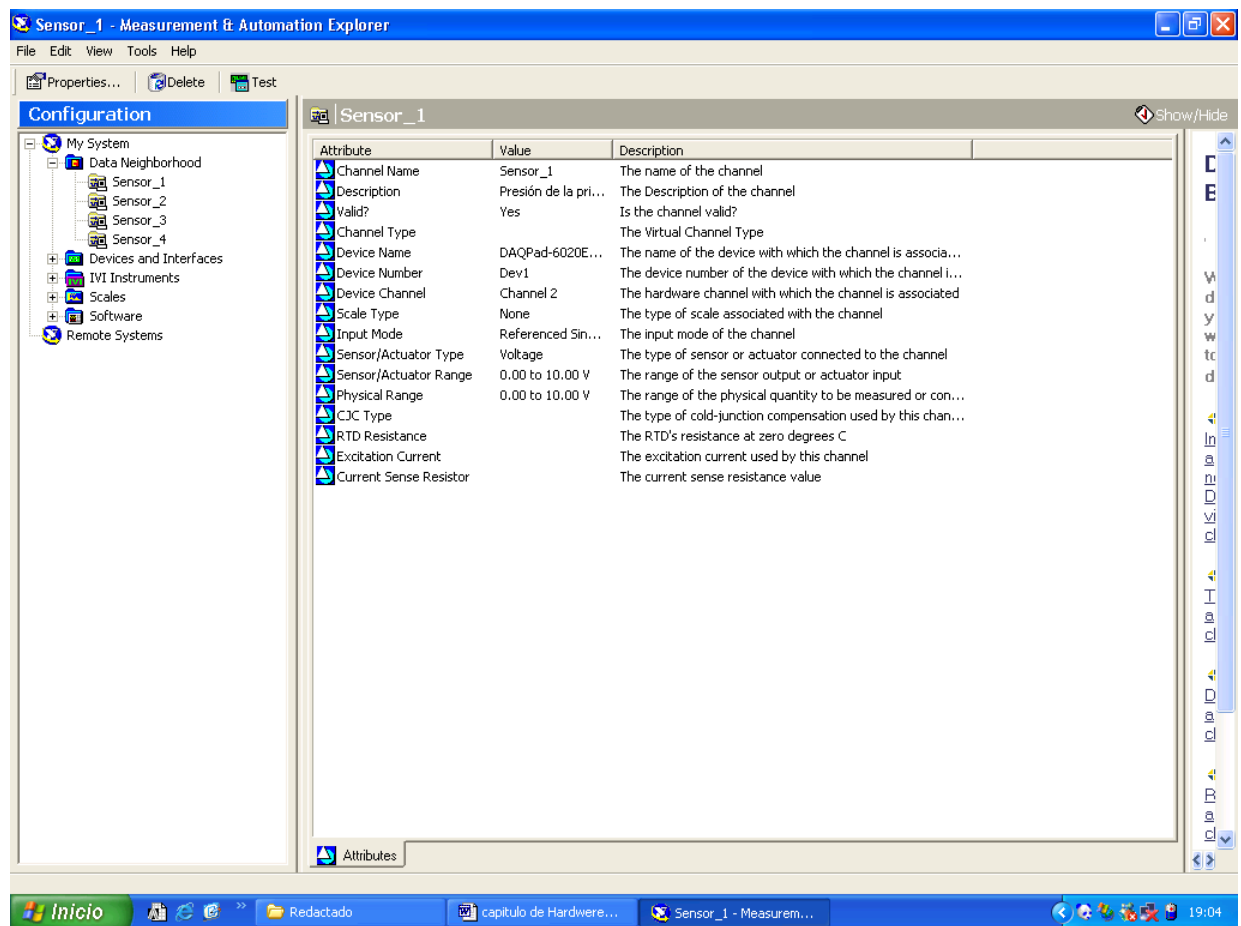
Con este programa podemos acceder a todos los dispositivos de National Instruments como DAQ, GPIB, IMAQ, IVI, Motion, VISA, y VXI. Con el podemos realizar varias tareas como:

- Configurar tu hardware y software de National Instruments
- Añadir nuevos canales, interfaces e instrumentos virtuales
- Ejecutar sistemas de diagnósticos
- Ver los dispositivos e instrumentos conectados a tu sistema
- Poner al día tu software de National Instruments

Vamos a estudiar más detenidamente como poder llevar a cabo las opciones que acabamos de enumerar y cuales son los distintos apartados para ello.

*Data Neighborhood*, nos da acceso a DAQ Channel Wizard y a todos nuestros canales virtuales. Los canales virtuales nos permiten dar un nombre a los canales físicos que luego vamos a utilizar. Data Neighborhood nos permite hacer cosas como:

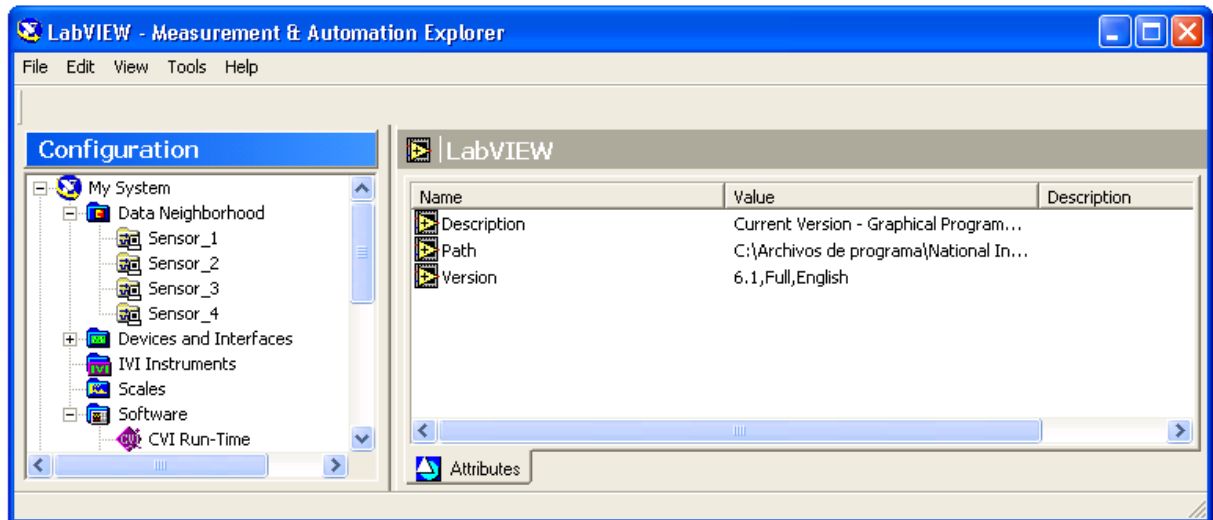
- Insertar un nuevo canal virtual, además de configurar sus características como el nivel de tensión que va a soportar, adjudicarle los números de canales que va utilizar, definirlo como entrada o salida, tanto si es analógico como digital, y el modo de conexión, es decir NRSE, RSE, O DIFF.
- Realizar un test indicando, cuando así se le requiere, el nivel de tensión que está recibiendo por cualquiera de sus entradas, pudiendo comprobar si el hardware que se ha creado está funcionando correctamente o, por el contrario, hay algún problema. Esta herramienta ha sido de muchísima ayuda en el desarrollo del proyecto.
- Duplicar un canal, conservando de esta manera las características del primero.
- Eliminar o cambiar las características de un canal.



**Figura 3.15.** *Max mostrando los dispositivos existentes*

*Devices and Interfaces*, esta opción nos permite conocer los distintos dispositivos que se encuentran disponibles en nuestro sistema de desarrollo.

*Software*, esta opción nos permite conocer todo el software de National Instruments existente en nuestro puesto de desarrollo, además de lanzarlo y actualizarlo.



**Figura 3.17.** *Max mostrando el software de National Instruments existente*

Gracias a este menú, se puede realizar un programa en LABVIEW a través del cual se controlan todas las operaciones de captura de datos de la tarjeta de adquisición.

A medida que se vayan explicando los programas realizados en LABVIEW con más detenimiento, se van a ir aclarando cada uno de los objetos utilizados para el desarrollo de los mismos, de forma que quede mucho más claro para qué se han utilizado.

### 3.8. COMPRESOR DE AIRE Y BOMBONA DE NITRÓGENO

El objetivo principal de este Proyecto Fin de Carrera es poder controlar la concentración de oxígeno en el interior de la cámara donde se introducirán los animales. Para ello siempre vamos a jugar con la mezcla entre aire del exterior y nitrógeno de la bombona.

El juego será el siguiente, si la concentración de oxígeno está por debajo de la marcada se introducirá aire al interior gracias al compresor. Sin embargo si la concentración de oxígeno es mayor de la deseada se introducirá en el



interior de la cámara nitrógeno de forma que este vaya desplazando al oxígeno existente hasta que se llegue a la concentración deseada.

Las características de nuestro compresor son las siguientes:

- Este compresor es alimentado en alterna, a 220 V 50 Hz
- El aire que introduce en el interior de cámara es recogido desde el exterior



**Figura 3.18.** *Compresor de aire*



**Figura 3.19.** *Bombona de Nitrógeno*

### **3.9. BOMBA EXTRACTORA**

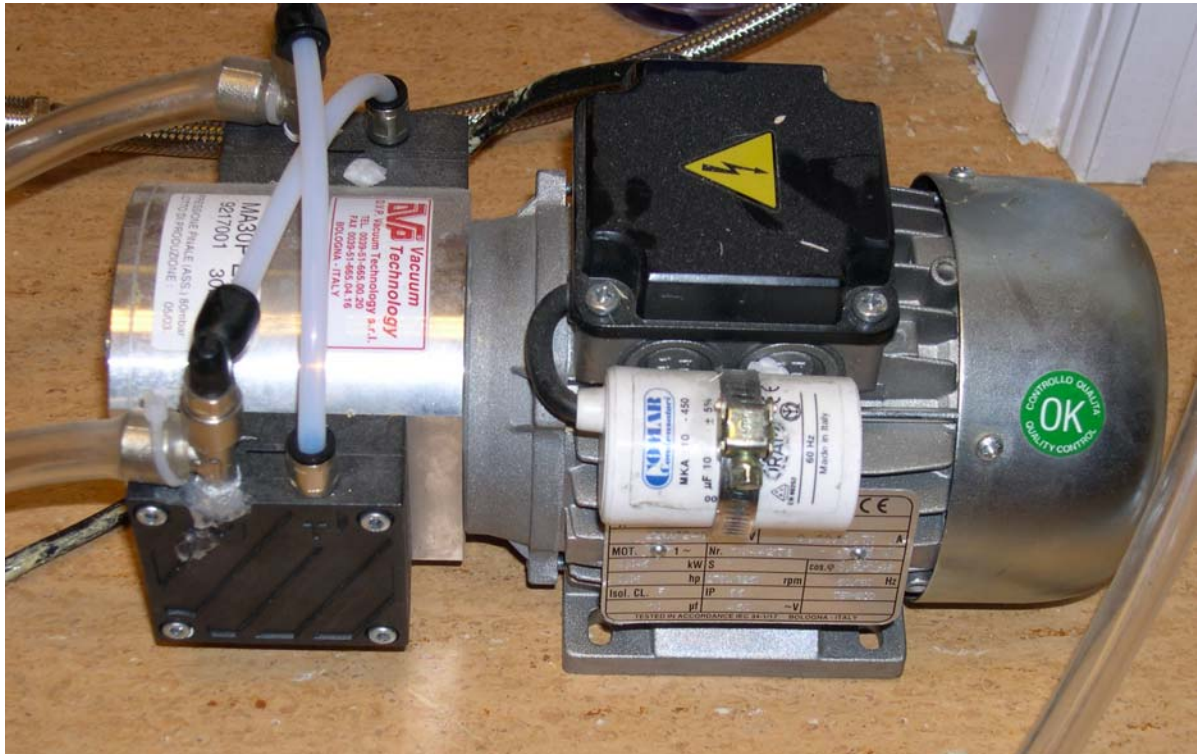
El hecho de que los experimentos sean de larga duración hace necesario la limpieza de la atmósfera existente en la cámara, debido a la constante respiración de los animales hace que la humedad sea excesiva para la vida en el interior, además de la orina de las ratas que aumente el nivel de amoníaco, convirtiendo la atmósfera en nociva para respiración de los animales.

Por esto se hace necesaria la extracción del aire para su posterior limpieza de amonio y humedad. Para ello utilizamos una bomba extractora.

A la hora de elegir la bomba de extracción hemos tenido en cuenta varios aspectos, los cuales convirtieron esta búsqueda en algo bastante tedioso y difícil.

Las características de esta bomba son:

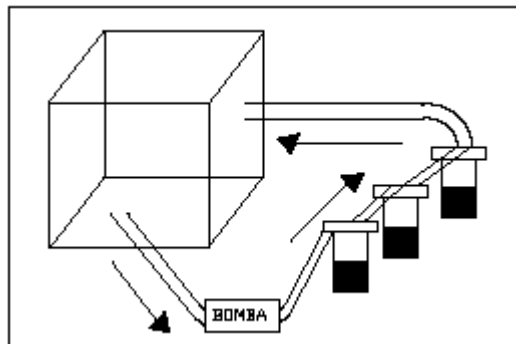
- El nivel de ruido debía ser mínimo puesto que la bomba está en continuo funcionamiento, lo que provocaría un grado de excitación en las ratas que haría fracasar los experimentos.
- IP: 55
- Bomba de membrana, puesto que las de aceite podían contaminar el aire.
- 220 / 240 V
- 0.66 / 0.7 A
- 50 / 60 Hz



**Figura 3.20.** Bomba extractora

### 3.10. CIRCUITO DE LIMPIEZA DEL AIRE

Como se ha comentado en el apartado anterior es necesario limpiar la atmósfera del interior del aire de humedad, amonio y dióxido de carbono. Para ello después de extraer el aire gracias a la bomba extractora anteriormente comentada esta aire pasa por tres filtros que realizan la limpieza. Una vez limpio el aire que se extrajo vuelve al interior de cámara.



**Figura 3.21.** Esquema de la circulación del aire





**Figura 3.22.** *Circuito de limpieza del aire*

### 3.11. CÁMARA DE METACRILATO

En el interior de esta cámara estarán los animales introducidos en sus respectivas jaulas, por lo que se debe tener en cuenta las dimensiones de esta para que no haya ningún problema a la hora de ubicar las distintas jaulas en el interior.

Esta caja estará realizada en metacrilato por el expreso se deseo de los investigadores, y tras realizar un estudio de los precios que ofrecen las distintas empresas españolas se encarga su realización a Faberplas, empresa zaragozana especializada en el uso del metacrilato.

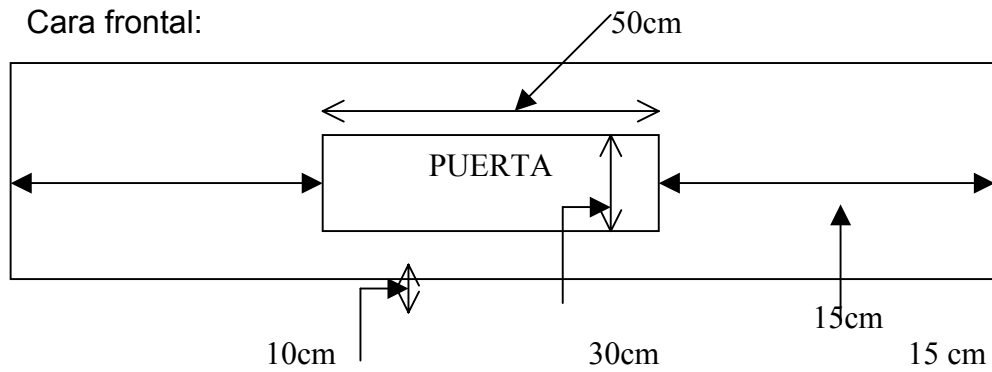
Las dimensiones de esta caja son las siguientes:

Largo de la cámara: 80 cm

Ancho de la cámara: 70 cm

Alto de la cámara: 80 cm

Cara frontal:



**Figura 3.23.** Dimensiones de la cámara

:



**Figura 3.24.** Cámara de metacrilato