



# **BENÉMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS BUAP COLEGIO DE  
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**“ELABORACIÓN DE MANUAL SOBRE EL USO DE LA  
PLATAFORMA INDIZIERUNG DE AVL”**

## **TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
LICENCIADO EN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**PRESENTA:**

**SANCHEZ TEJEDA HUGO**

**ASESOR:**

**DR. MARTIN SALAZAR VILLANUEVA**

**PUEBLA, PUEBLA.**

**ENERO 2016**

## Índice

Capítulo 1 .....	3
Introducción .....	3
1.1 Planteamiento del problema .....	5
1.2 Justificación .....	5
1.3 Objetivos .....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
Capítulo 2 .....	6
Marco teórico.....	6
2.1 Metodología .....	6
2.1.1 Motores de combustión interna .....	6
2.2 Descripción de funcionamiento. ....	8
Capítulo 3 .....	9
Instalación Hardware .....	9
3.1 Material .....	9
3.1.1 “Check list” antes de iniciar la conexión de hardware .....	9
3.2 Conexión hardware .....	12
3.2.1 Tipos de conexión MicroFEM a IndiModul.....	15
3.2.1.1 Conexión “1 a 1” .....	15
3.2.1.2 Conexión de cable con salida “pin-25” .....	16
3.3 Instalación cable alarma dinamómetro .....	18
Capítulo 4 .....	19
Programación “Software IndiCom” .....	19
4.1 Determinación de los parámetros de mediciones. ....	19
4.1.1 Parámetros del Motor.....	20
4.1.2 Codificación de canales. ....	24
4.1.2.1 Señal de presión de los sensores. ....	26
4.1.3 Ignition signal .....	30
4.2 Definición parámetros TDC. ....	31

4.3 Configuración de disparos o “Triggers” .....	35
4.3 Creación de “Layout” o ventana de trabajo .....	42
4.4 Programación del almacenamiento de datos .....	47
4.5 Codificación de alarma para el dinamómetro .....	50
4.6 Puesta en marcha prueba .....	53
Capitulo 5 .....	55
Descripción e información de material .....	55
5.1 Sensores de presión Piezoeléctricos .....	55
5.2 IndiModul 621 (con fuente de alimentación).....	56
5.3 MicroIFEM Piezo Module 4FPX .....	58
5.4 AVL Angle Encoder 365C con complemento 365 Electronics .....	60
5.5 IndiCom (Software) .....	61
5.6 Información teórica.....	62
5.6.1 Coeficiente politrópico .....	62
Capítulo 6 .....	64
Anexos.....	64
6.1 Conclusiones.....	64
6.2 Bibliografía .....	65

# Capítulo 1

## Introducción

Cualquier tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión se le denomina máquina de combustión interna. La posibilidad de obtener energía mecánica a partir de la expansión del vapor de agua o del aire caliente era conocida desde la antigüedad (200 años antes de Cristo), Arquímedes ya utilizó dicho principio en el cañón, pero hubo que esperar hasta 1775 para que James Watt idease su motor de vapor y se obtuviera el primer motor válido para la automoción. El alemán Nikolaus Otto (1832-1892) construye un motor de 4 tiempos utilizando como combustible un destilado ligero del petróleo, capaz de vaporizarse con ayuda de una explosión generada por la chispa de una bujía.

De los primeros motores creados se obtenía muy poca potencia, apenas uno o dos caballos de fuerza por litro, un siglo después el rendimiento llegó a los 70 hp, en la actualidad los motores de coches deportivos superan los 100 hp y los de competencias pueden llegar a los 300 hp.

La investigación a través de los tiempos sobre las máquinas de combustión interna, tuvo su despegue después de la Revolución Industrial. El desarrollo de estas máquinas térmicas con la implementación de combustibles fósiles, ha sido crucial para el desarrollo de la humanidad. La necesidad de un constante avance en la tecnología conocido como la reingeniería y la ineficiencia de los procesos en las máquinas de combustión interna (dos o cuatro tiempos entre otras), ha llevado a los desarrolladores a la creación de nuevos métodos de investigación, y el análisis de presiones en las cámaras de los cilindros es uno de ellos.

La medición de la presión que se describe a continuación en este documento, hoy en día no sólo se puede utilizar en los motores de pistón, sino que también en la aplicación, la medición y registro de cualquier tipo de presión. Para las mediciones en los motores de pistón, las vueltas del codificador ángulo del cigüeñal por diversas razones puede ser ventajoso. Una razón importante es que son las principales evaluaciones requerida simultáneamente para imprimir volumen variable de estas máquinas que trabajan ligeramente por encima de las relaciones puramente geométricas Dependiendo del ángulo del cigüeñal.

Un motor adecuado para indexar, tal como se utiliza comúnmente en la actualidad es demasiado rápido y complejo para su estudio sin algún instrumento. Cuando un transductor piezoeléctrico se utiliza en la culata de la cámara de combustión, el motor a ensayar se convierte en una gran fuente de datos, el sensor capta la presión del cilindro variable en el tiempo  $P(t)$  en una carga eléctrica  $Q$  proporcional a  $t$ . En el cigüeñal del motor se monta un disco con 720 ranuras, a través de los dispositivos opto-eléctrica crea una señal de tensión de onda cuadrada y se emparejan las señales.

***“Unter der Indizierung eines Motors versteht man die meßtechnische Aufnahme des Zylinderdruckes und anderer periodisch veränderlicher Größen in Abhängigkeit des Kurbelwinkels”***

***“Bajo la indexación de un motor significa la grabación metrológica de la presión del cilindro y otros tamaños que varían periódicamente en función del ángulo del cigüeñal”***

## **1.1 Planteamiento del problema**

El monitoreo y la investigación de la presión en la cámara de combustión era imposible realizarse hasta la creación de la plataforma estudiada. La presente es una tesis narrativa, en la cual se dará a conocer el método de instalación y uso de la plataforma Indizierung de la compañía AVL, utilizando sensores piezoeléctricos en la cámara de combustión de un motor prototipo.

## **1.2 Justificación**

Realizar un manual es con la finalidad tener un rápido acceso a la información concreta de la plataforma indizierung. Pocas personas dentro de la empresa saben siquiera el nombre y la función de esta plataforma, un grupo más reducido conoce su uso y solo dos personas cómo instalarla completamente.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Crear un manual para facilitar el acceso a la información sobre la plataforma indizierung y el apoyo al personal encargado de este equipo y pruebas a realizar.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Acceder rápido a la información sobre la instalación de los componentes físicos de la plataforma.
- Acceder a la información sobre el uso y programación del software ligado al hardware de la plataforma indizierung.
- Documentar sobre los componentes de la plataforma con sus especificaciones técnicas.

## Capítulo 2

### Marco teórico

#### 2.1 Metodología

##### 2.1.1 Motores de combustión interna

Los motores de combustión interna pertenecen a las máquinas de función discontinua, es decir, su rendimiento en el trabajo se desarrolla en ciclos de funcionamiento sucesivo. En un motor de cuatro tiempos, hay un trabajo de cuatro carreras del pistón. En cada paso ejerce media vuelta de rotación del cigüeñal, de manera que un ciclo de funcionamiento da un total de dos revoluciones del cigüeñal o  $720^\circ$  deg. Como se muestra en la figura 1.

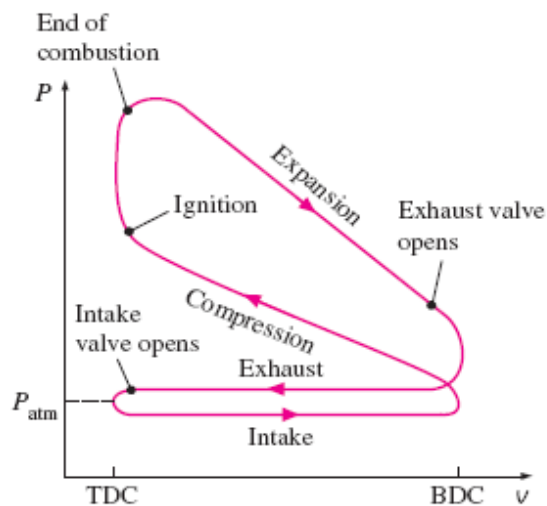


Fig.1 Ciclo Otto diagrama presión volumen real.

El ciclo Otto está compuesto por las siguientes facetas.

- Carrera de admisión: El pistón se mueve desde la parte superior (TDC) hasta el punto muerto inferior y aspirando a través de la válvula de admisión abierta. Es debido a las pérdidas por estrangulación en la válvula de entrada que la presión en el cilindro es siempre menor en la parte frontal en el sistema de admisión del motor.
- Carrera de compresión: Ahora el pistón está en el punto muerto inferior (BDC) y se mueve a través del cilindro con las válvulas cerradas en la grabación de trabajo del cigüeñal en la

dirección al punto muerto superior (TDC). Se incrementa la presión y la temperatura en el cilindro debido al aumento de la compresión por el pistón ascendente.

Poco antes de alcanzar el punto muerto superior, la combustión iniciada: a través de una ignición externa del aire-combustible (motor de gasolina) o por inyección de combustible líquido, con la consiguiente Auto-encendido en el motor diesel con aire altamente comprimido.

- Trabajo: Con el pistón cerca del punto muerto superior comienza la ignición de combustión la cual rápidamente progresiva conduce a un fuerte aumento de la temperatura media del gas en el cilindro, que de acuerdo con las leyes de los gases conocidos da lugar a un fuerte aumento de la presión. En consecuencia, el pistón viaja hacia el punto muerto inferior con el trabajo considerablemente más alto que el antes gastado durante la compresión. Aquí está la potencia de un motor de combustión interna. Poco antes de que el pistón alcance el punto muerto inferior se abre la válvula de escape. Dado que en este momento la presión en el cilindro sigue siendo sustancialmente mayor que la presión detrás de la válvula de escape, el cilindro sopla ahora una gran parte de su gas presente en el sistema de escape del motor.
- Carrera de escape: El movimiento del pistón ya con la válvula de escape abierta hacia el punto muerto superior empuja el gas restante afuera de la cámara de combustión. Debido a las pérdidas por estrangulamiento en la válvula de escape, la presión en el cilindro durante la carrera de escape es siempre mayor que en las agujas atrás de la válvula en el sistema de escape del motor.

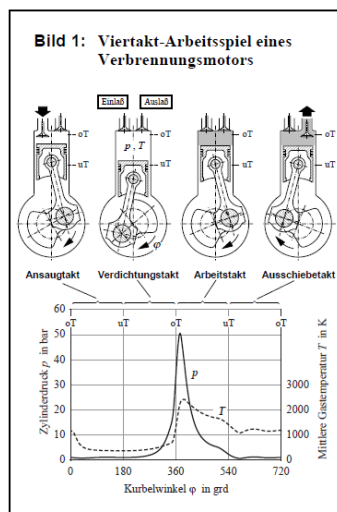


Figura 2. Representación gráfica del ciclo otto con su diagrama tiempo-volumen



## 2.2 Descripción de funcionamiento.

En la siguiente figura se muestra básicamente la conexión del sistema de medición con sensores Piezoeléctricos (Plataforma de Indizierung).

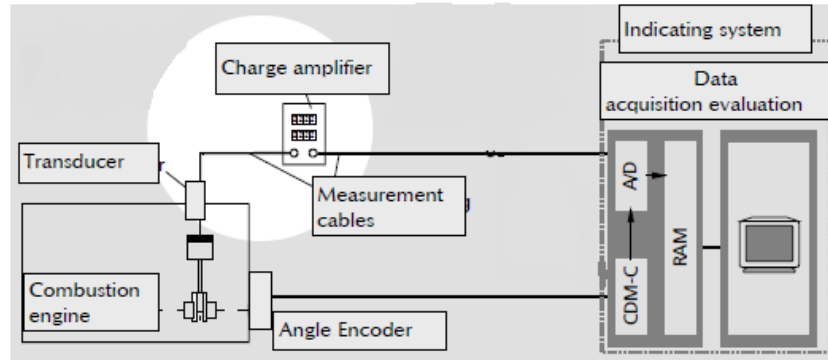


Figura 3. Diagrama de conexión para la plataforma

El equipo de medición se basa en un principio de obtención de datos por sensores piezoeléctricos, los cuales actúan con una carga o presión sobre los cuarzos que a su vez mandan pulsos electrostáticos por medio de canales analógicos al equipo MicroIFEM Piezo-Module, el cual los amplifica y los manda por salidas analógicas al equipo IndiModul 621. Al mismo tiempo el Angle Encoder y su complemento 365C Electronics mandan las señales obtenidas de un disco montado sobre la polea principal del motor hacia el equipo IndiModul 621. El equipo mencionado como IndiModul 621, sincroniza ambas señales obtenidas, las cuales recibe el software IndiCom para procesarlas y representarlas en las salidas seleccionadas con las gráficas, tablas o el método de salida que prefiera el usuario.

## Capítulo 3

### Instalación Hardware

#### 3.1 Material

El primer paso del usuario es Identificar y clasificar cada uno de los componentes de la siguiente lista, estos son los elementos fundamentales para poder hacer la conexión y posteriormente la parametrización de la prueba a realizar.

##### 3.1.1 “Check list” antes de iniciar la conexión de hardware

Los puntos siguientes se deberán de reiterar antes de iniciar con el procedimiento de este manual, los equipos tendrán que ser instalados en la posición requerida.

- ✓ Software IndiCom Instalado en laptop predeterminada por la compañía AVL



Figura 4. Icono de Software

- ✓ FireWire cable (MicroIFEM FireWire), instalado en dinamómetro. Figura 5
- ✓ Link cable (IndiModul 621 Link), instalado en dinamómetro. Figura 5



Figura 5. Cables de conexión dentro del dinamómetro

- ✓ 4 Sensores de presión Piezoeléctricos instalados en la cabeza de motor especial para indizierung con sus cables con salida analógica tipo BNC. Figura 6



Figura 6. Sensor piezoeléctrico

**El usuario deberá de verificar que los sensores de Indizierung instalados en el motor estén correctamente torquados.**

- ✓ IndiModul 621 (con Fuente de alimentación). Figura 7
- ✓ MicroIFEM Piezo Module (con fuente de alimentación). Figura 7



Figura 7. Equipos de amplificadores

- ✓ AVL Angle Encoder 365C. Figura 8

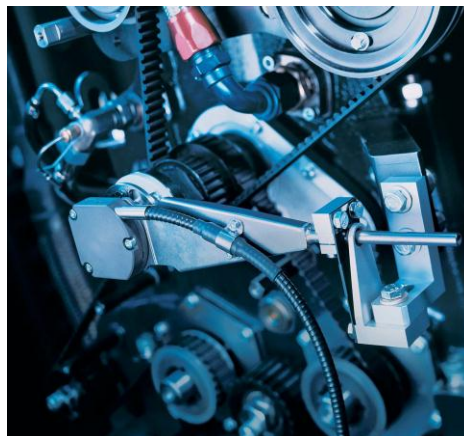


Figura 8. Posición de equipo

- ✓ 4 Cables con salida BNC hembra-hembra



Figura 10 Muestra del cable requerido



Figura 9 Ejemplo de cable requerido

- ✓ Cable pin 25 identificado con las 8 salidas BNC (Opcional- segunda posible de conexión) Figura 10
- ✓ Cable con entrada pin-25 y salida BNC macho (Opcional- alarma dinamómetro)

**Si alguno de los elementos de la lista no está instalado totalmente, el usuario del manual deberá acudir con el personal calificado para instalar el equipo faltante.**

### 3.2 Conexión hardware

Después de haber verificado que el equipo este en buen estado y de estar seguro que los materiales que se encuentran en la “Check list” se encuentran correctamente instalados, el usuario en el dinamómetro tendrá que instalar una mesa o una repisa estable, y de un tamaño considerable (para instalar los siguientes equipos al interior del dinamómetro:

- ✓ IndiModul 621 (con Fuente de alimentación) figura 11.
- ✓ MicroIFEM Piezo Module (con fuente de alimentación) figura 11.



Figura 11. Equipo de amplificadores

Una vez instalado el equipo, el paso a seguir es conectar el cable de salida del equipo 365C Electronics en la entrada “CDM/TRG 1” del IndiModul. Como se muestra en la figura 12.



Figura 12. Conexión para la salida del angle encoder

Posteriormente se debe de alimentar a los equipos con sus fuentes de alimentación. Ambos equipos utilizan os mismos reguladores de voltaje, así que no existe distinción entre ellas.



Figura 13. Entrada de alimentación con sus reguladores

Ahora se conectaran los cables ya instalados en el dinamómetro.

- ✓ FireWire cable (MicroIFEM FireWire) figura 14.
- ✓ Link cable (IndiModul 621 Link-Cable blanco) figura 14.



Figura 14. Cables de conexión y entradas a los amplificadores

Ahora el usuario deberá de conectar cada uno de los cables con salida BNC que son parte de los sensores Piezoeléctricos, poniendo suma atención en conectar el sensor que se encuentra en el cilindro número "1" con referencia en el lado que se encuentran las poleas del motor como se muestra en la página 13.

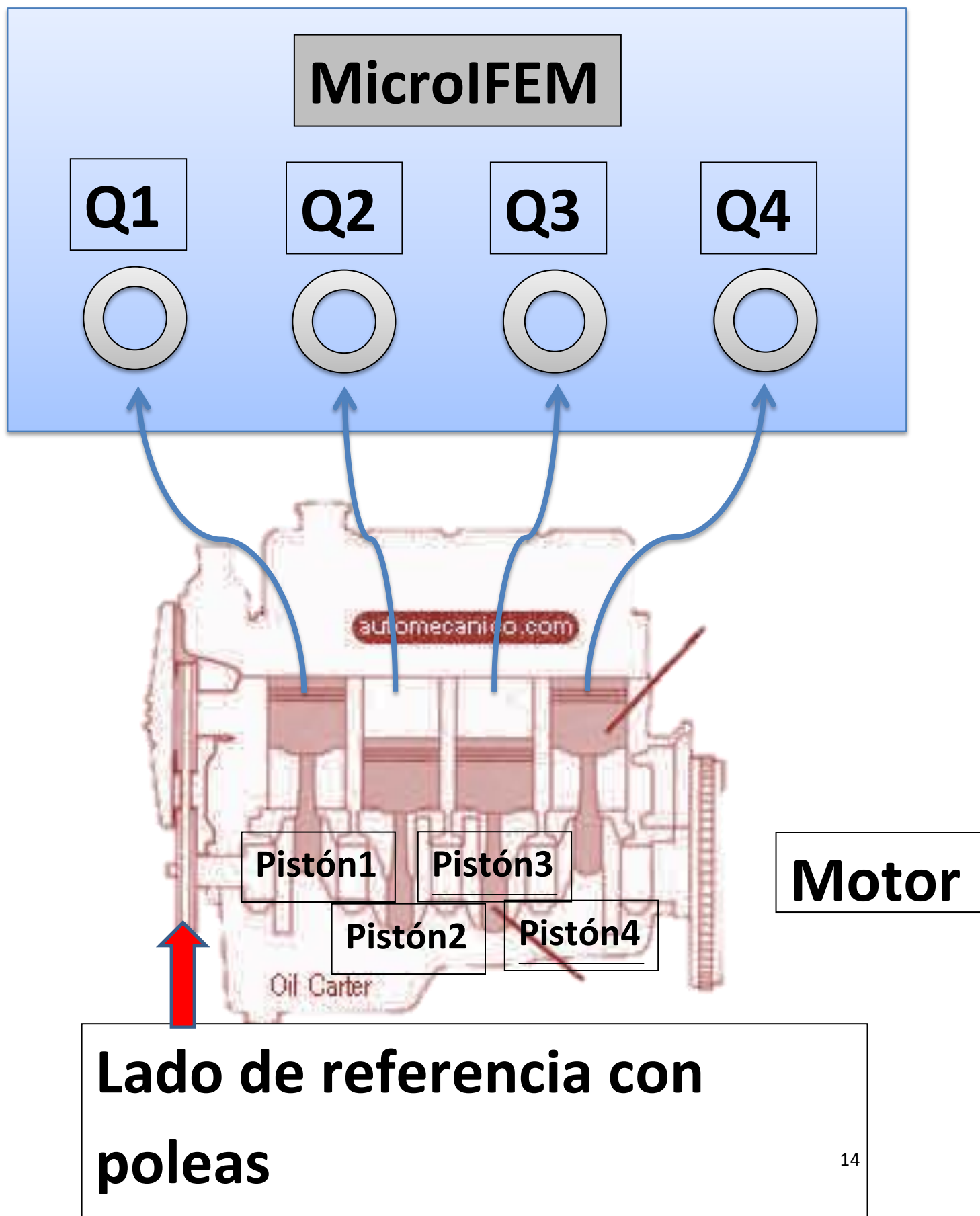
Después será el pistón número "2", "3" y "4" como se muestra en la figura 15.



Figura 15. Orden de conexión para los sensores



Se deberá de conectar de la siguiente forma



### 3.2.1 Tipos de conexión MicroFEM a IndiModul

Las salidas del MicroFEM son las que se presentan en la figura 16.

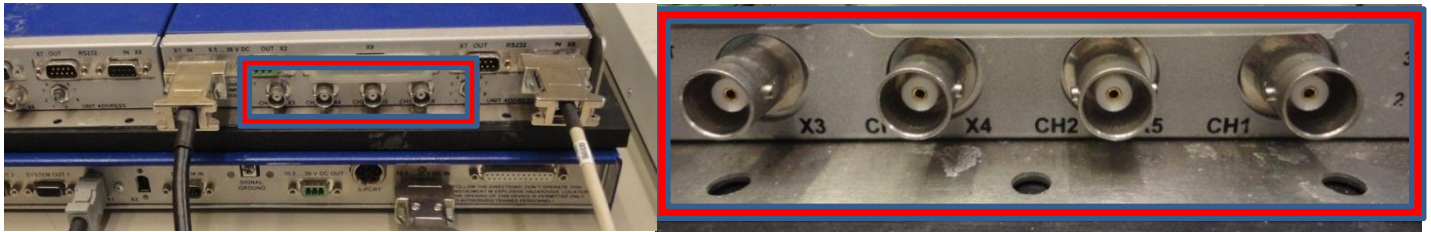


Figura 16. Salidas de los canales del equipo MicroFEM

#### 3.2.1.1 Conexión "1 a 1"

La conexión uno a uno se aplica utilizando los cables con salida BNC hembra-hembra y la forma de conectarlos es la siguiente.

Deberá el usuario localizar el canal "CH1" de las salidas del equipo MicroFEM y del mismo modo identificar la entrada del canal "CH1" del equipo IndiModul y conectarlos entre sí.

Así mismo identificar los otros tres canales faltantes de cada uno de los equipos. MicroFEM e IndiModul y seguir conectando uno a uno como en el siguiente croquis:

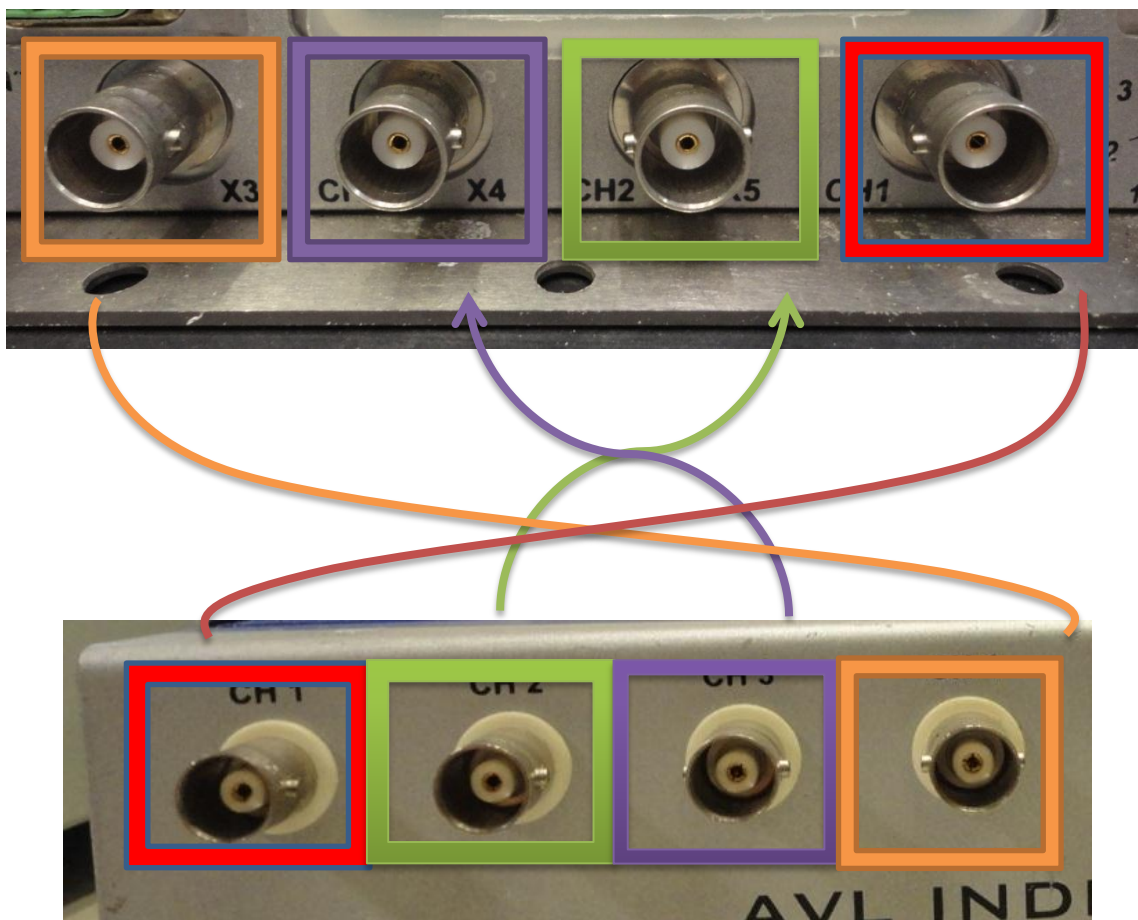


Figura 17. Croquis de conexión "1 a 1"



En las figuras 18 y 19 se muestra como se deberá de ver la conexión completada de los canales.



Figura 18. Salidas del equipo MicroIFEM



Figura 19. Entradas del equipo IndiModul

### 3.2.1.2 Conexión de cable con salida “pin-25”

La siguiente sección es otra opción que tiene el usuario para conectar los canales de adquisición de datos entre los equipos MicroIFEM y el IndiModul.



Figura 20. Cable pin 25 e identificación de sus salidas

El siguiente paso a seguir será el de identificar los canales señalados en las salidas del cable como “CH1”, “CH2”, “CH3” y “CH4”. Ahora se debería identificar las salidas de los canales para el primer caso se identificara la salida “CH1” del equipo MicroIFEM y conectara el cable identificado con nombre “CH1” del cable pin-25 como se muestra en la figura 21.

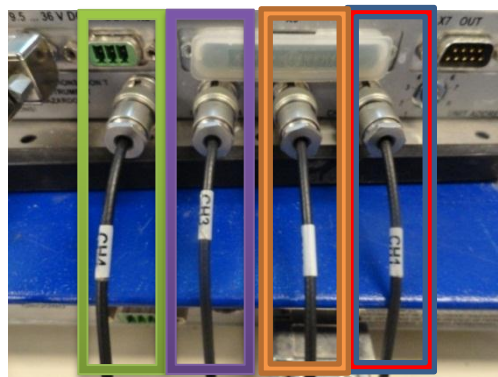


Figura 21. Foto guía para la conexión

Para el siguiente paso se seguirá el mismo procedimiento con los canales restantes. Teniendo demasiada precaución en conectar en orden los canales cansando los dos nombres similares entre sí (CH3 salida MicroIFEM a CH3 conexión BNC hembra salida pin-25).

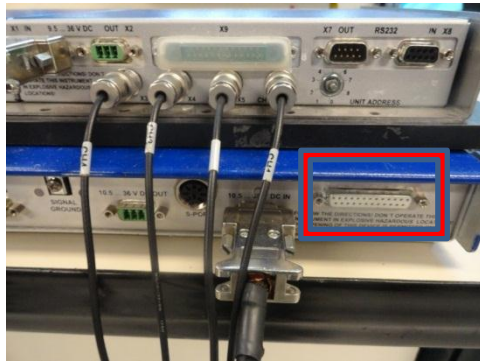


Figura 22. Señalamiento de entrada

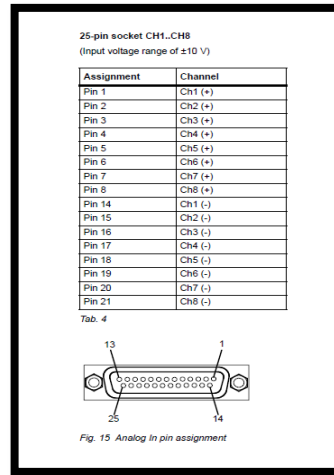


Figura 23. Croquis de conexión interna

Deberá de identificar la entrada por conexión pin-25 en el equipo IndiModul. En la imagen anterior se muestra en una tabla las conexiones y cada uno de los canales para las entradas del IndiModul.

Por último el usuario deberá de conectar entre sí la entrada de señales del equipo IndiModul y la salida del cable pin-25 en la forma que se acople.

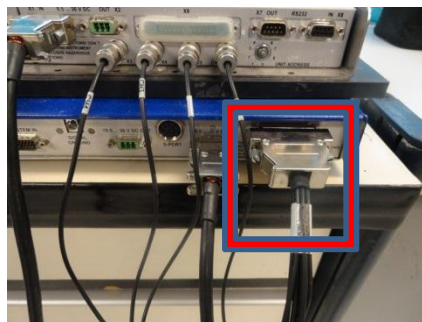


Figura 24. Conexión terminada

### 3.3 Instalación cable alarma dinamómetro

Esta sección es opcional y es solo una propuesta para generar una alarma directamente de IndiCom a venus. El material adicional utilizado es el cable que se fabricó por el área de aplicación, es un cable con entrada pin-25 y salida BNC macho.

El paso a seguir es identificar la conexión “DIG OUT” en el equipo IndiModul



Figura 25. Identificación de salida DIG-OUT-pin25

La salida “DIG OUT” es una conexión en el equipo IndiModul que permite mandar señales digitales por medio de una salida pin-25.

El cable que se generó es solo para el uso de la alarma propuesta en este manual, puesto que su configuración de hardware solo permite enviar una señal analógica. Su conexión es el pin 17 como tierra o neutro y pin 16 como positivo. El siguiente paso será conectar el cable al equipo, como se muestran en las figuras 26 y 27.

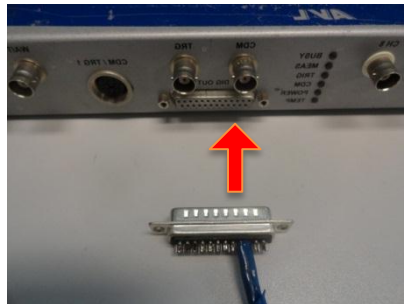


Figura 26 Acoplamiento de la conexión



Figura 27. Conexión terminada

El equipo restante solo se encuentra en el área de dinamómetros y lo deberá de solicitar el usuario para poder implementar la alarma. También deberá de tener en cuenta la codificación de la programación que se genera en el apartado de “Codificación de alarma para el dinamómetro”.

## Capítulo 4

### Programación “Software IndiCom”

Una vez asegurado que todos los componentes del Hardware están correctamente instalados, conectados entre sí y debidamente alimentados por la corriente eléctrica, se deberá iniciar el programa IndiCom desde el escritorio y esperar a que el programa detecte los amplificadores.

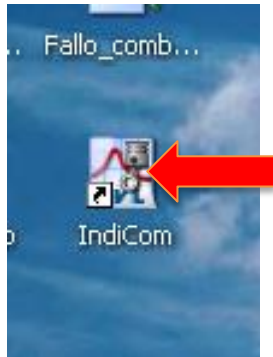


Figura 28. Icono del software

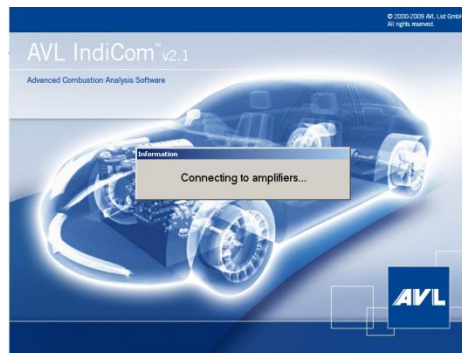


Figura 29. Pantalla de espera del programa

#### 4.1 Determinación de los parámetros de mediciones.

Pantalla de inicio del programa computacional IndiCom.

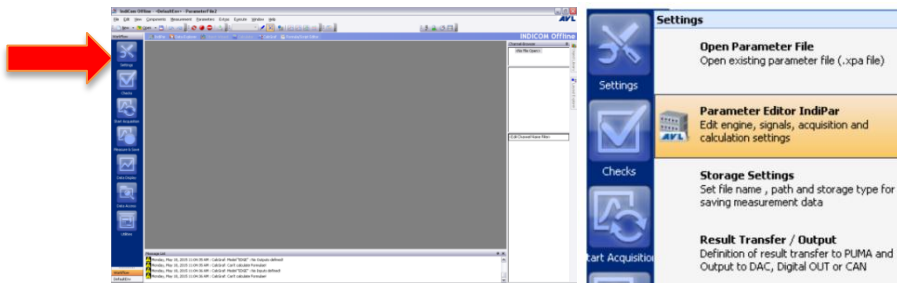


Figura 30. Pantalla inicial de software

Figura 31. Menú principal

El primer paso es ir a la sección “Settings”, en esta pestaña puede el usuario seleccionar entre las principales tareas que el programa permite realizar.

Se deberá dirigir a la opción “Parameter Editor IndiPar” que le conducirá al inicio de la parametrización.

### 4.1.1 Parámetros del Motor

Esta es la pantalla principal para la captura de datos generales y de aquí podrá acceder a todos los parámetros de medición.

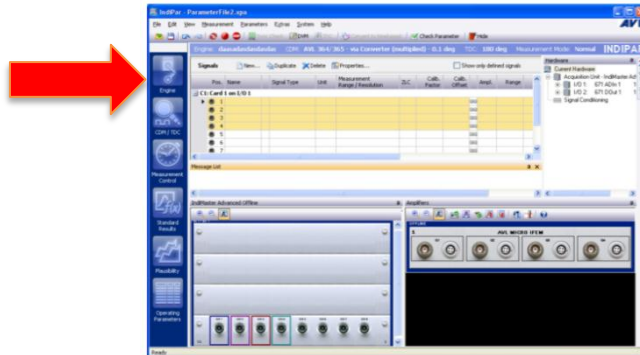


Figura 32. Pantalla principal y la parametrización del indicom  
Entre en la pestaña que indica “Engine”. La cual desplegará el cuadro de la figura 33.

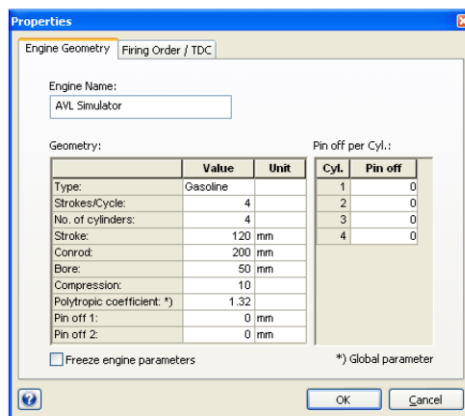


Figura 33. Pestaña de captura de datos para la sección “Engine”

<b>Tabla de datos</b>	
"Properties" Propiedades del motor	
• Nombre del motor o proyecto.	• Engine Name
• Tipo de funcionamiento dos o cuatro tiempos.	• Strokes/Cycles
• Número de cilindros.	• No. of Cylinders
• Diámetro de los cilindros.	• Stroke
• Largo de biela.	• Conrod
• Recorrido o carrera.	• Bore
• Relación de compresión.	• Compression
• Coeficiente politrópico*.	• Polytopric coeficient

Tabla 1 Traducción de la información requerida del motor a probar

\*El sistema necesita el "coeficiente politrópico" que para motores a gasolina corresponde a 1.32, para motores diesel es recomendable un coeficiente de 1.37 y para los motores de inyección directa se utiliza un coeficiente de 1.35.

Si él usuario quiere profundizar un poco más sobre el tema del coeficiente politrópico vaya a la página 61 de este manual para la consulta de la información.

## Orden de encendido y distancia angular de los TDC's.

El siguiente paso para el usuario es entrar en la pestaña "Firing order/ TDC" como se muestra en la figura 34.

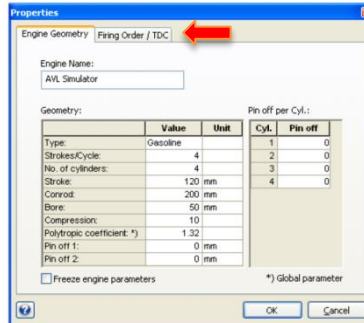


Figura 34. Cambio de pestaña para la captura de datos

Presionando el botón "Angle difference determination", se determinara la distancia angular que existe entre cada punto de ignición con respecto de su antecesor.

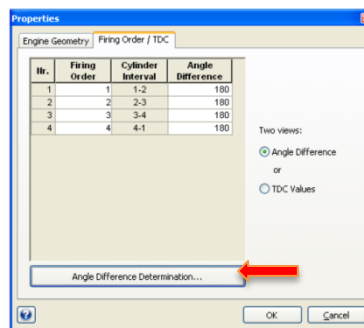


Figura 35. Pantalla para la determinación de la diferencia ángulo

También se puede cambiar el pistón de referencia como se muestra adelante. Solo si se requiere hacerlo según la prueba o alguna especificación especial.

Nr.	Firing Order	Cylinder Interval	Angle Difference
1	1	1-2	180
2	1	2-3	180
3	2	3-4	180
4	3	4-1	180
	4		

Figura 36. Muestra de cómo cambiar el pistón de referencia

Por último se deben de congelar los parámetros del motor como se muestra en la figura 37.

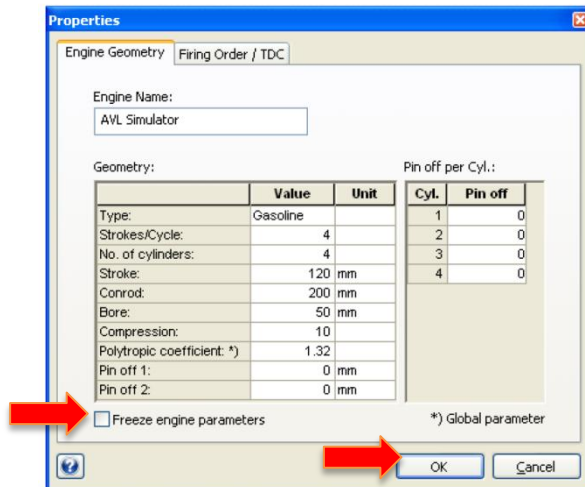


Figura 37. Modo de congelación de datos

Presionar "Ok" para terminar esta sección.

**Esta determinación se deberá hacer con las igniciones encendidas, 2000 rpm y con el 100% de la mariposa abierta. De lo contrario los valores arrojados por la determinación no serán correctos y la medición será errónea.**



## 4.1.2 Codificación de canales.

La codificación y sincronización de los canales es muy importante pues de ella depende que la señal mandada por los sensores se presente en el canal adecuado con su coeficiente de sensibilidad correcto expresado en ( $\mu\text{C}/\text{bar}$ ).

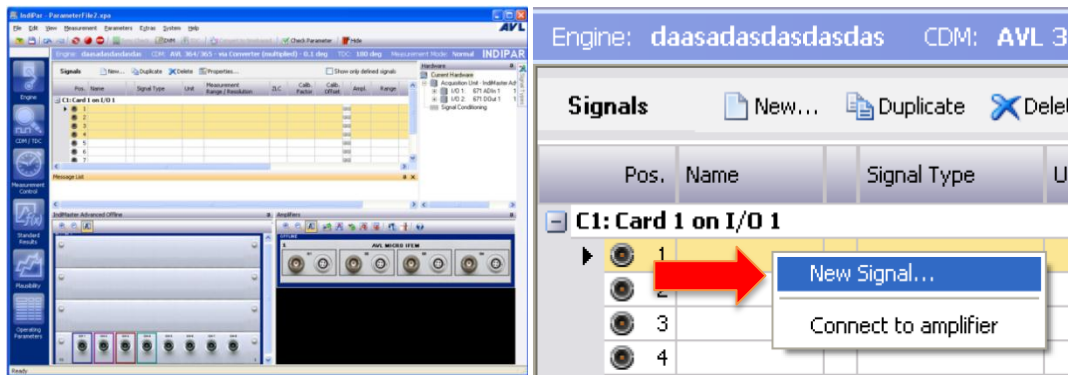


Figura 38. Muestra de cómo generar una nueva señal

En la pantalla principal de los parámetros dar clic derecho sobre el primer canal para que aparezca la opción “New signal”, en la siguiente ventana se debe de seleccionar una de las opciones que ofrece el programa, cada una de las opciones es una señal diferente y adelante se describirán las más habituales. Al elegir una señal dentro del programa según se codifique, lo representara el software en forma de gráfica o tabla según se seleccione más adelante por el usuario.

El usuario deberá de seleccionar un tipo de señal y presionar “Next” para continuar a la siguiente pantalla representado en la figura 39.

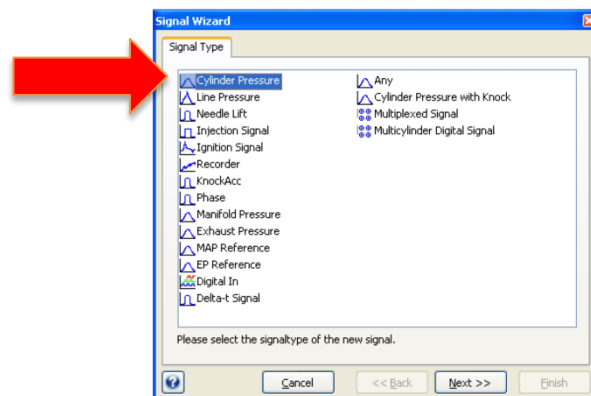


Figura 39. Lista de señales posibles a estudiar

Descripción señales		
Name	Nombre	Descripción
Cylinder Pressure	Presión de cilindro	Señal mandada por los sensores para general la curva de presión.
Line Pressure	Línea de presión	
Needle Lift	Elevación de aguja	Señal que se presenta cuando se eleva la aguja del inyector para hacer la inyección.
Injection Signal	Señal de inyección	Señal que se genera cuando se está inyectando el combustible.
Ignition Signal	Señal de Ignición	Señal de encendido de la bujía.
Recorder	Grabación	El uso de esta señal es para las señales que requieren una base de tiempo para grabación.
Knock ACC Phase	Fase de aceleración del cascabeleo	Detección de señales de cascabeleo con un acelerómetro.
Manifold Pressure	Presión múltiple	Presión del múltiple de escape.
Duplicate	Duplicación	Señal duplicada con referencia a alguna señal dada siempre y cuando se maneje en una segunda tarjeta de recolección.
Exhaust Pressure	Presión de escape	Presión de escape (puede ser antes o después del turbo).
MAP/EP Reference	Señal de referencia para la corrección de presión	Señal de referencia en el múltiple que puede ser utilizada para la corrección del sensor.
Digital-in	Entrada digital	Entrada de señal digital.
Delta-t signal	Señal de incremento	Señal utilizada para medir pulsos con una frecuencia específica.
General	Entrada general	Señales que no pueden ser asignadas a un tipo de señal preestablecida.
Cylinder Pressure whit Knock	Presión de cilindro con señal de cascabeleo	Mide la presión del cilindro filtrando la señal de cascabeleo en caso de presentarlo.

Tabla 2 Traducción y descripción de las señales que se pueden obtener en la plataforma para su estudio

### 4.1.2.1 Señal de presión de los sensores.

#### *Definición de los parámetros para medición de la presión en los cilindros.*

Aquí se selecciona:

- “Signal Name”, nombre asignado a la señal de presión. Para poder darle un nombre se deberá de tener en cuenta el tipo de señal que se seleccionó en el paso anterior y el número de cilindro que va a monitorear.

Ejemplo: “PCYL1”

(P/CYL/1)

P= Presión

CYL= Cilindro

1= Número de cilindro

- “Unit”, unidades de salida que se requiera (Unidades de presión).
- “Card”, número de la tarjeta por la cual será la adquisición de la señal.
- Canal de entrada (según sea el caso si es el cilindro 3 se selecciona el canal número 3).

Una vez que se hayan insertado los valores adecuados, se presiona “Next” para pasar a la siguiente pantalla “Calibration Factors”

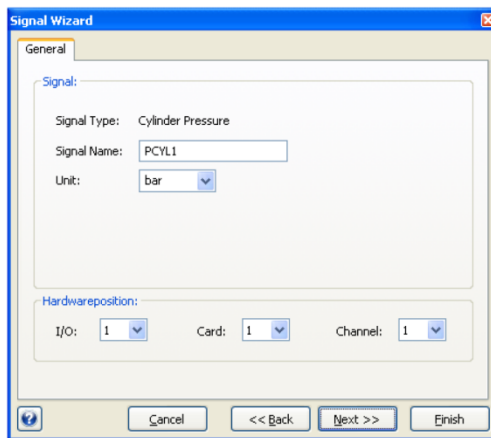


Figura 40. Primera ventana de configuración señal

#### 4.1.2.2 Factores de calibración

Seleccionar la opción de “Connect to amplifier”.

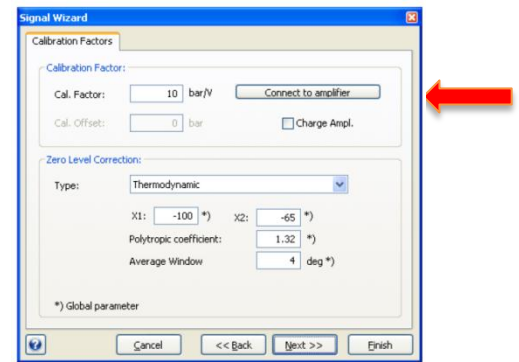


Figura 41. Segunda ventana de configuración de la señal

La cual desplegará la pantalla en la figura 42.

Aquí seleccionaremos la señal que se está utilizando del canal (Canal 3 con amplificador 3). Una vez seleccionado el canal deseado presionar “Ok” y aparecerá la siguiente ventana.

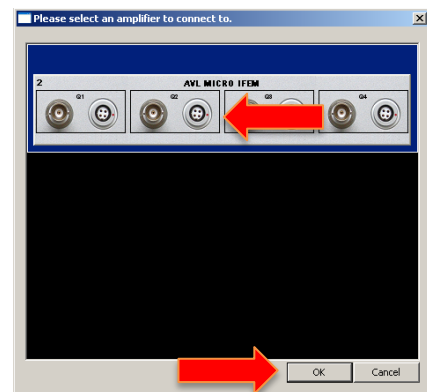


Figura 42. Ventana de selección de canal

En la ventana siguiente presionar el botón de propiedades como se indica. El cual le llevara al próximo paso. La sección “Zero level correction” se calcula automáticamente cuando se utiliza microIFEM e IndiMODUL. Referencia AVL Produc Guide - INDIPar - Parameter explorer- Pag. 70.

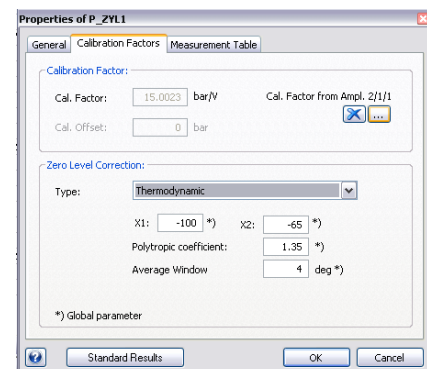


Figura 43. Segunda ventana de configuración de la señal

Esta es la ventana referida a los sensores Piezoeléctricos.

Aquí se define:

- “Signal Input range”, valor de presión aproximado al cual se someterá el sensor.
- “Transducer Sensitivity”, factor de sensibilidad obtenido de la caja el sensor sus unidades son (pC/bar).
- “Transducer type”, tipo de sensor.
- “Serialnumber”, número de serie.

Los demás parámetros se dejan con los valores de fábrica.

Presionamos “OK” lo cual abrirá la ventana siguiente.

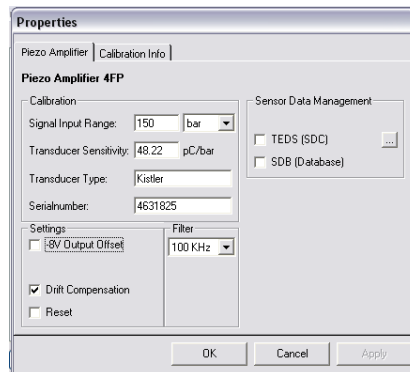


Figura 44. Ventana asociada a los sensores piezoeléctricos

Ventana del amplificador de la calibración de los sensores con el amplificador ya conectado.

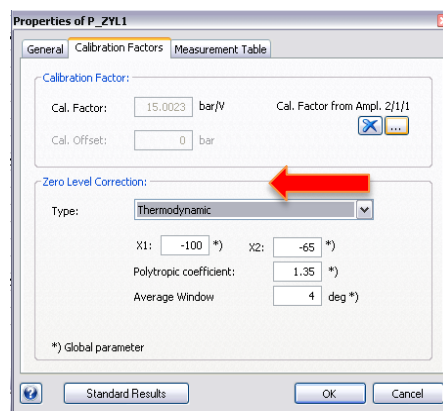


Figura 45. Segunda ventana de configuración de la señal

Para pasar al siguiente paso el usuario deberá dar clic en la pestaña referente a “Measurement Table” figura 45.

### 4.1.2.3 Definición de las tablas de medición

En esta ventana podemos definir las siguientes variantes:

- “Main Range”, amplitud de la tabla Principal, es el ancho de la ventana dada en grados en el cual se mide las señales, se toma por default, los 720° que dura el ciclo Otto.
- “Resolution”, resolución, se puede ajustar a “0.5deg” puesto que el disco del Angle encoder tiene 720 ranuras cada una separada .5° de su antecesora.
- “Window Range”, intervalo para mostrar valores en la ventana, es la amplitud en la cual se muestran los resultados obtenidos.

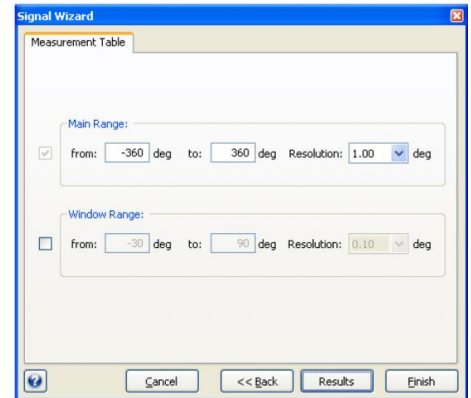


Figura 46. Ventana de amplitud

Presionar el botón “Finish” para terminar esta sección.

	Desde	Hasta	Resolución
Cascabeleo	-60	70	0,1
Presión de cilindros con análisis de cascabeleo, baja presión,	-360	360	1,00
Voltaje de combustión	-60	0	0,1
Señal de inyección	-360	360	0,1

Tabla 3 Amplitudes recomendadas para cada tipo de adquisición de datos.

**El proceso de definición de los parámetros se deberá realizar con cada uno de los 4 sensores piezoeléctricos que se conecten en el equipo.**

Ventana principal de la parametrización con las cuatro señales de los amplificadores ya conectados y configurados.

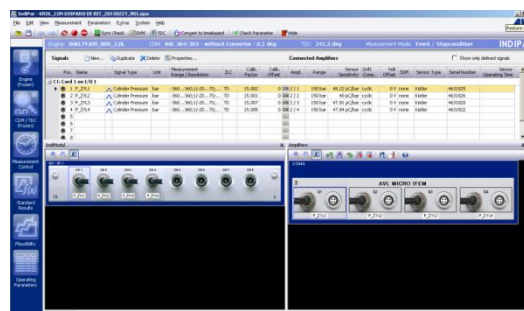


Figura 47. Pantalla principal de la parametrización

### 4.1.3 Ignition signal

Esta señal se genera para detectar la ignición que se produce al encender la bujía.

El primer paso a seguir será identificar el tipo de señal que se necesita, en este caso es la señal de ignición o “Ignition signal” después de seleccionar el tipo de señal presionar el botón “Next”

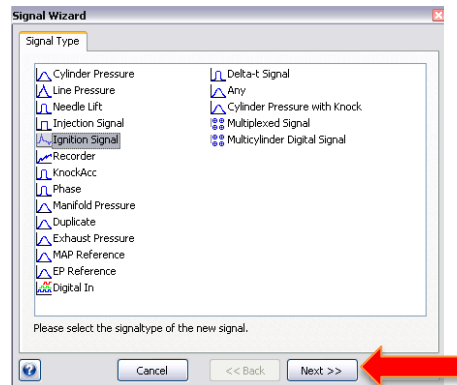


Figura 48. Listado de señales que se pueden analizar

Aquí se selecciona:

- “Signal Name”, nombre asignado a la señal. Para poder darle un nombre se deberá de tener en cuenta el tipo de señal que se seleccionó en el paso anterior, el número de cilindro que va a monitorear.

Ejemplo: “IGN1”

(ING/1)

ING= Ignición

1= Número de cilindro

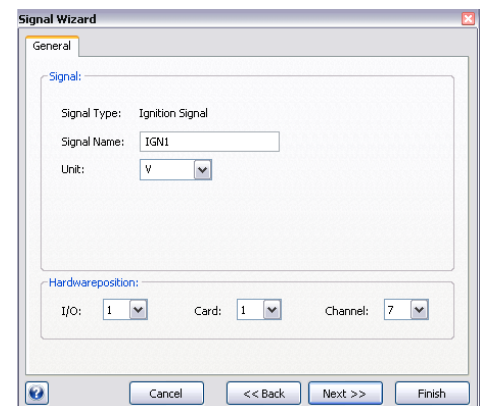


Figura 49. Primera ventana de la configuración

- “Unit”, unidades de salida que se requiera. Para este ejemplo se tomaran las unidades de mili amperes “mA”.
- “Card”, número de la tarjeta por la cual será la adquisición de la señal
- Canal de entrada (según sea el caso si es el cilindro 3 se selecciona el canal número 3).

Una vez que se hayan insertado los valores adecuados, se presiona “Finish” para finalizar la sección.

## 4.2 Definición parámetros TDC.

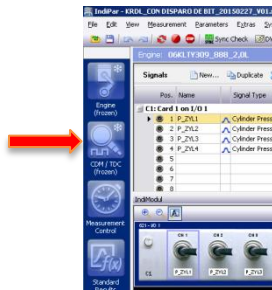


Figura 50. Ventana principal para la adquisición de datos

**Esta determinación se deberá hacer con motor caliente, igniciones apagadas, un arrastre del dinamómetro en 2000 rpm y con el 100% de la mariposa abierta. De lo contrario los valores arrojados por la determinación no será correctos y la medición será errónea.**

La definición TDC (“Top Dead Center” o Punto muerto superior) es el cálculo de la diferencia del punto muerto superior de un pistón con respecto del siguiente en el orden de encendido del motor.

Para empezar la definición de la sección “TDC” dé doble clic izquierdo en la pestaña que aparece en la figura 50. Lo cual le dirigirá a la siguiente ventana “Properties” pestaña “CDM/TDC”.

En la ventana emergente tendrá que elegir los siguientes valores:

- “Type”, el tipo de marcas lo reconocerá automáticamente el software
- “Marks on disk”, la cantidad de marcas será según el Angle encoder que sea montado en el motor.
- “Internal Multiplication to”, multiplicación interna, es el valor pre-seleccionado en la sección de Definición de tablas de medición. Referencia “AVL product guide-IndiPar-Parameter explorer- Pag. 25”.

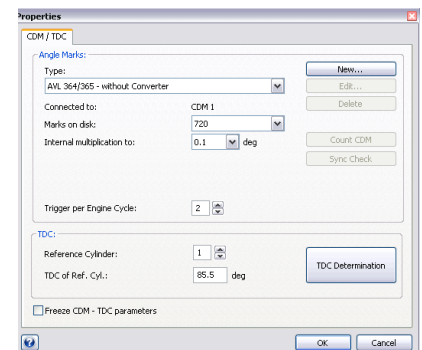


Figura 51. Ventana principal de la sección “CDM/TDC”



En la ventana “CDM/TDC” dar clic en el botón “TDC Determination” el cual le conducirá a la siguiente ventana “TDC Determination or Reference Cylinder”.

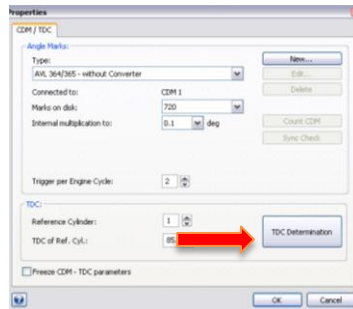


Figura 52. Ventana principal de la sección “CDM/TDC”

En esta ventana se tendrán que definir algunos parámetros:

- “Pressure curve”, tipo de determinación se ajustara, cuando usas la señal de presión del cilindro,
- “Loss angle”, ángulo de pérdida termodinámica para los motores a gasolina es de “0,7°”. Referencia “AVL product guide-IndiPar-Parameter explorer- Pag. 28- figura 18”.
- “Signal”, señal de referencia para la determinación.
- “Reference Cylinder”, cilindro de referencia para la determinación.

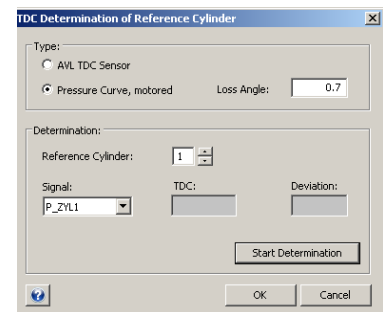


Figura 53. Ventana para la determinación de diferencias entre cilindros

En la ventana se definirá el método de cálculo de acuerdo al orden de encendido de los cilindros. Dando clic en el botón “Star determination”. Lo cual le conducirá a la siguiente pantalla. En esta ventana se determinará la diferencia que se encuentra del punto muerto superior de un pistón con respecto a su sucesor. Hacer clic en el botón “Start” que se encuentra en la fila del cilindro “1”. El asterisco al lado izquierdo del número “\*1” le indicara al usuario que el cilindro de referencia es el cilindro número uno en el orden lógico de encendido.

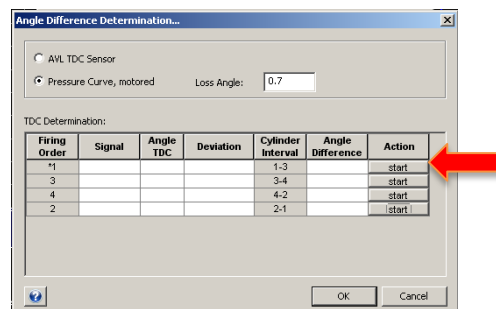


Figura 54. Pantalla de determinación de diferencias de ángulos

La determinación será automática, apareciendo los resultados obtenidos como se muestra en la pantalla siguiente.

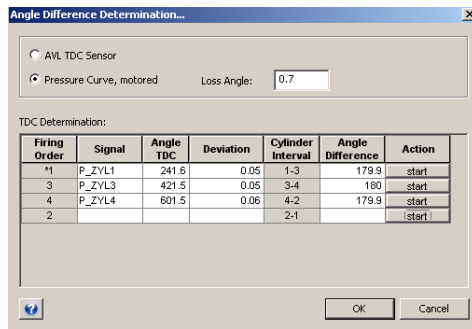


Figura 55. Pantalla anterior con datos calculados

Conforme vayan obteniendo los valores de los TDC's para los cilindros sucesores, podrá el usuario obtener el siguiente apretando el botón "start" inferior siguiendo así hasta a completar la tabla.

Al terminar la determinación de los cuatro cilindros dar clic en el botón "OK" y aparecerá la siguiente pantalla.

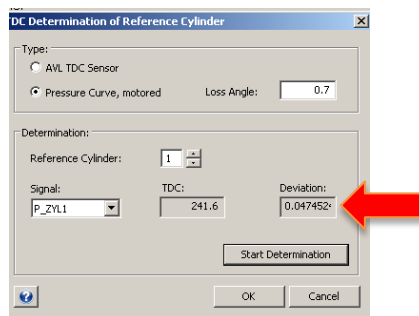


Figura 56. Muestra de los resultados calculados

En la pantalla que surgió anteriormente dar clic en el botón "Ok". Con lo cual aparecerá la siguiente ventana.

En la ventana emergente se podrá hacer las siguientes acciones. Presionando el botón "Count CDM" se contarán las marcas registradas por el lector óptico montado en el "angle encoder".

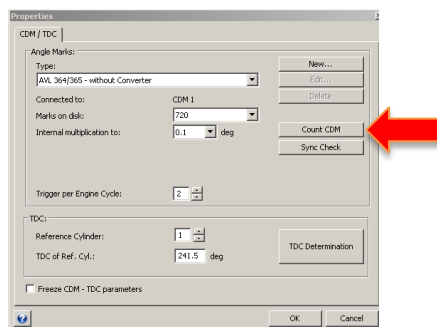


Figura 57. Localización del botón "Count CDM"

El resultado deberá ser el establecido en las especificaciones del manual.

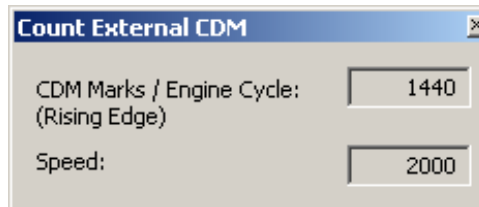


Figura 58. Datos arrojados por el conteo

Si se tiene un disco de 720 marcas, el CDM deberá ser 1440 por el ciclo completo de combustión del motor en prueba.

Ahora dar clic en el botón “Sync check” para verificar la sincronización del motor con respecto a lo registrado por el angle encoder.

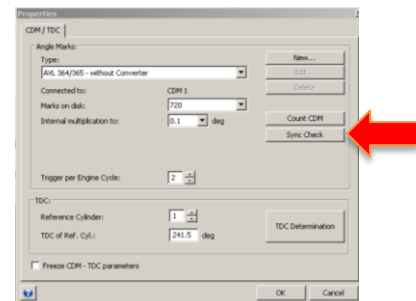


Figura 59. Localización del botón “Sync Check”

El mensaje que aparecerá en la ventana le indicara al usuario a saber si la sincronización es correcta como se muestra en la figura 60.

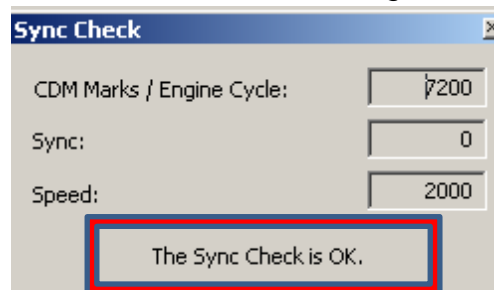


Figura 60. Muestra de una sincronización correcta

Como último paso para terminar esta sección se deberá de dar clic en la opción “Freezen CDM- TDC parameters” y en el botón “OK” para cerrar esa ventana y retornar a la pantalla principal de la parametrización.

### 4.3 Configuración de disparos o “Triggers”

La implementación de los triggers es la parametrización para la obtención de las mediciones según las condiciones de frontera que el usuario lo requiera.

Para comenzar a configurar los triggers el primer paso es darle clic en la pestaña “Measurement control” lo cual desplegará la ventana siguiente.

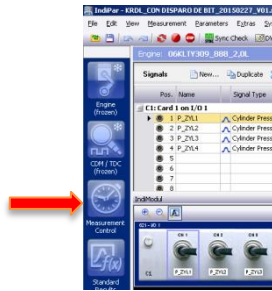


Figura 61. Ventana principal para la adquisición de datos

- “Event/Stopcondition”, para poder hacer una medición con vistas anteriores y posteriores al evento deberá indicar la opción
- “Maximum Speed”, la máxima velocidad será en “8000 RPM”
- “Duration” Los parámetros de duración deberán ser:
  - “Buffer for Continuous”, número de medición totales
  - “Pre-History”, número de ciclos antes del evento
  - “Post-History”, número de ciclos después del evento

Después pasar a la siguiente pestaña mostrado en la figura 62.

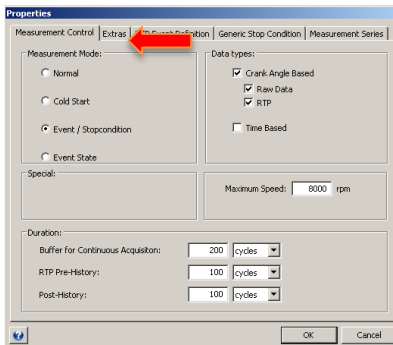


Figura 62. Ventana principal “Measurement”

Esta pestaña se deberá dejar con los parámetros de fábrica. Pasando a la tercera pestaña

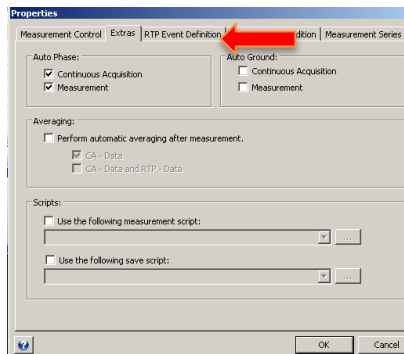


Figura 63. Segunda pestaña

En la tercera pestaña para la definición de los parámetros del evento se harán los siguientes pasos. Ya que este es un sitio crucial de la programación, por ello se genera con mayor detalle. Aquí se implementaran las fronteras para el lanzamiento del trigger de medición y con ello se harán las capturas de los datos.

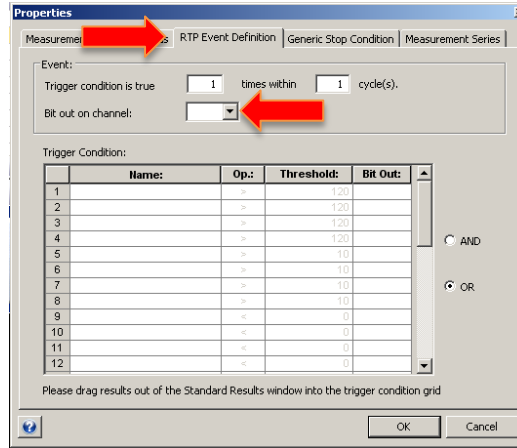


Figura 64. Tercera pestaña e indicaciones.

- La primera parte es seleccionar el canal de salida del bit, una señal digital que se utiliza como método de seguridad en conjunto con la plataforma INCA en el cual los usuarios de inca deberán obtener la señal de una caja ETAS previamente instalada. Se selecciona el canal (2/1/1).

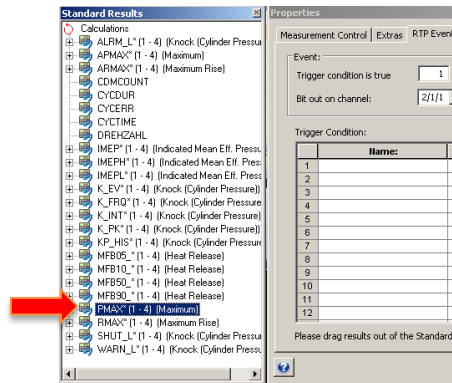


Figura 65. Localización de señal "P MAX"

El programa IndiCom es muy funcional y te permite obtener mucha variedad de mediciones específicas, ahora se seleccionara la opción "P MAX" dando clic en el símbolo de "+" Para que se desplieguen las opciones de los 4 cilindros.

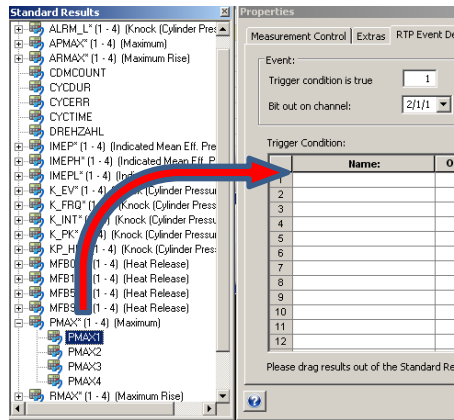


Figura 66. Arrastre de la

Se deberá posar sobre el nombre “PMAx1” después dando clic izquierdo y manteniendo el botón pulsado se deberá arrastrar la señal hasta la casilla correspondiente, según sea el orden. Ya identificada la señal a comparar se debe de establecer el criterio de la comparación, este caso se deberá seleccionar el mayor que “>”

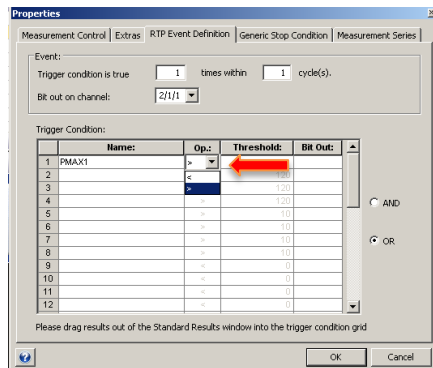


Figura 67. Implementación de criterio

En la columna de “Threshold” deberemos de ingresar el valor de frontera, el cual se compararan en contra de las mediciones obtenidas. En este caso las unidades serán bares.

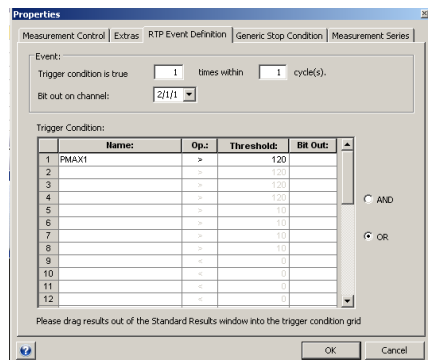


Figura 68. Límite de criterio

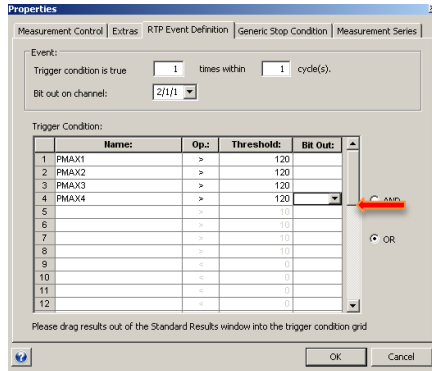


Figura 69. Codificación de canal salida

El mismo procedimiento se deberá hacer para cada uno de las presiones a medir, como se muestra en la figura 69.

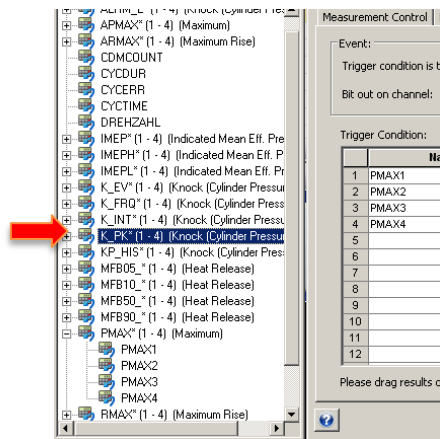


Figura 70. Identificación de señal

Se hará el mismo procedimiento con la señal llama "K\_PK" se desplegaran las señales de los cilindros presionando el icono "+".

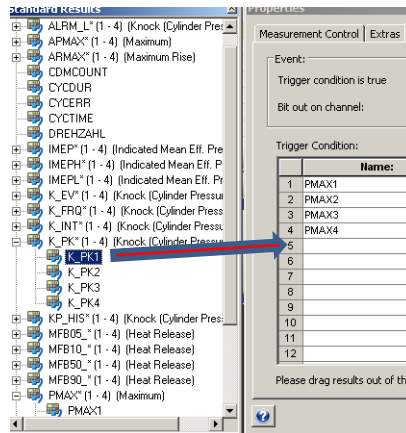


Figura 71. Arrastre de la señal

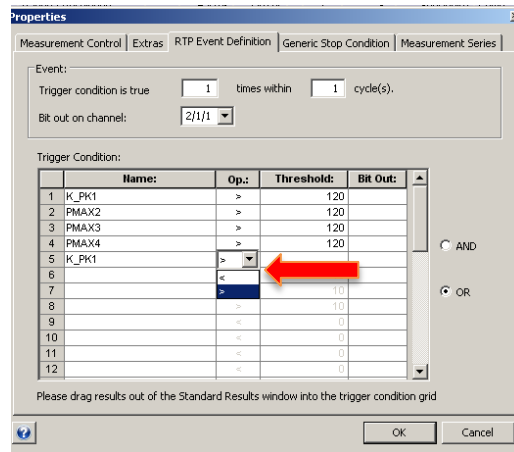


Figura 72. Criterio de evaluación

Para poder parametrizar la siguiente señal se deberá dar clic con el botón izquierdo sobre la señal requerida y manteniendo apretado el botón arrastrar la señal a la fila requerida.

Ya identificada la señal a comparar se debe de establecer el criterio de la comparación, este caso se deberá seleccionar el mayor que “>”.

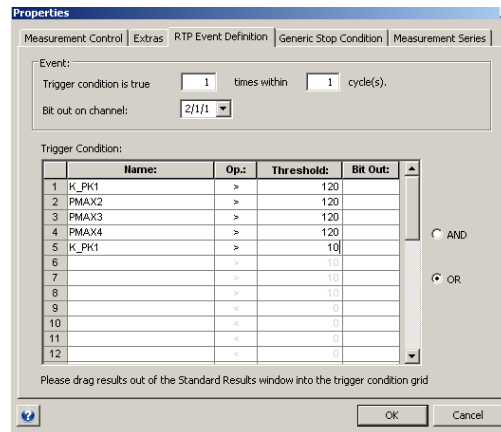


Figura 73. Implementación de criterio de evaluación

En la selección del valor de la variable “K\_Pk” se debe de tomar en cuenta que las unidades de igual forma son de presión (Bares).El usuario deberá de implementar este procedimiento para las cuatro señales de entrada que detecte el amplificador. Dara clic en la pestaña “Measurement Series” para poder avanzar al siguiente paso. En la última pestaña es de las propiedades de la medición, el usuario podrá escoger algunas de las opciones como se muestra en la figura 74.



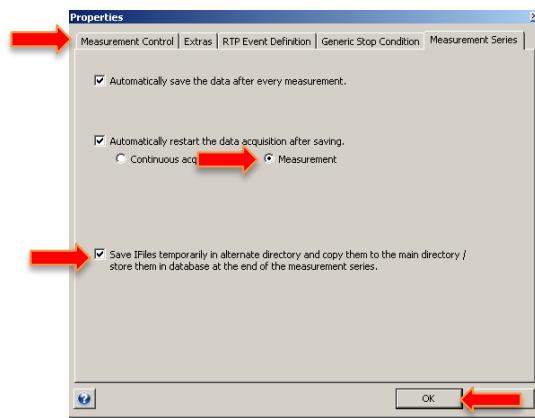


Figura 74. Pestaña “Measurement series”

- Salvado automático de los archivos generados en cada evento
- Reseteo automático de la adquisición de datos
  - Adquisición continua
  - Mediciones

Presionando el botón “OK” terminara con la parametrización de los datos. Lo cual le llevara a la pantalla principal de captura de los parámetros. Aquí se deberá de dirigir a la sección “File”.



Figura 75. Posición de comando

Apretar con clic izquierdo “Save Parameter File” y otorgar un nombre a la parametrización hecha.

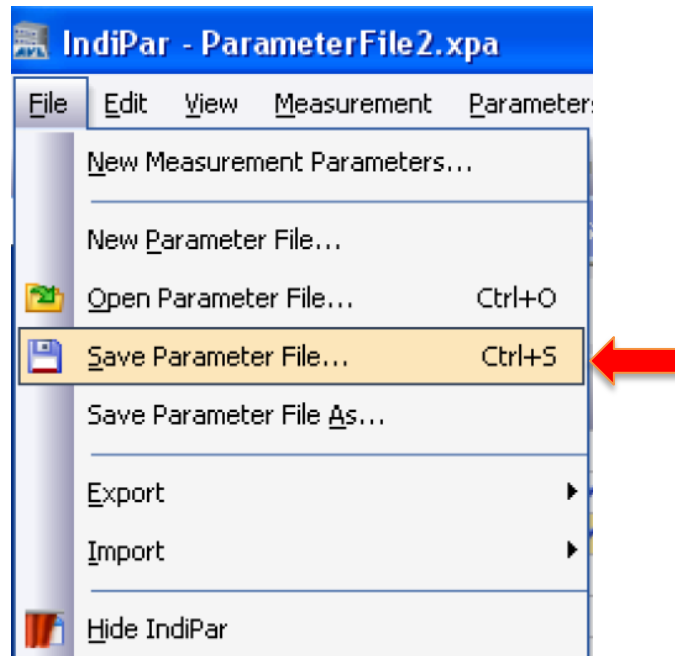


Figura 76. Posición de comando

Después de haber terminado la sección de la parametrización deberá de cerrar la ventana de la introducción de datos y lo conducirá a la ventana principal.

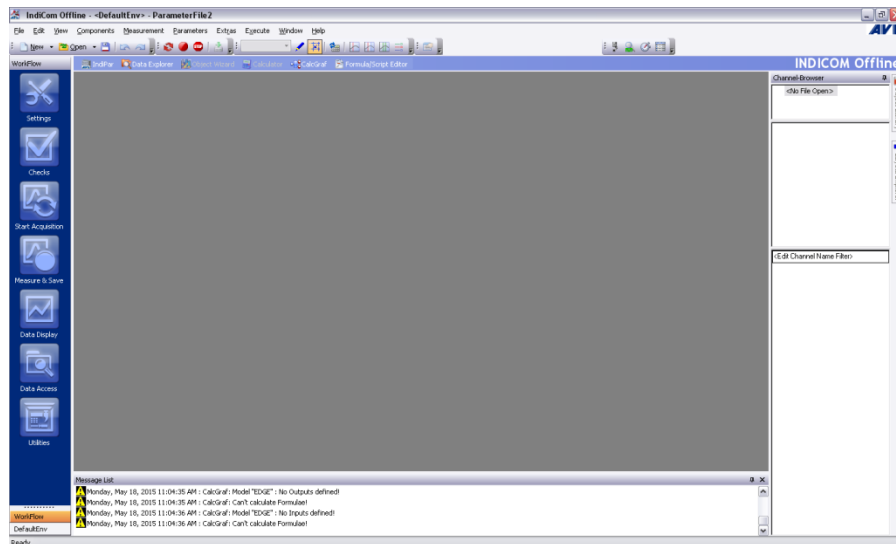


Figura 77. Pantalla principal del programa

### 4.3 Creación de “Layout” o ventana de trabajo

La siguiente sección es el apartado para la creación de la ventana en la cual se mostrará en tiempo real las mediciones obtenidas.



Figura 78. Posición del comando



El primer paso será oprimir el botón de adquisición de datos representado en la figura 79. Esto es para poder empezar a adquirir los datos y crear las ventanas.

Figura 79. Icono del comando

**Esta determinación se deberá hacer con motor caliente, igniciones perdidas, 2000 rpm y un 20% de mariposa abierta.**

Una vez iniciada la adquisición de datos, el usuario deberá de entrar en la sección “Data Display” lo cual desplegara la siguiente pestaña representada en la figura 80.

Lo siguiente será presionar la sección de “New Window” figura 81.

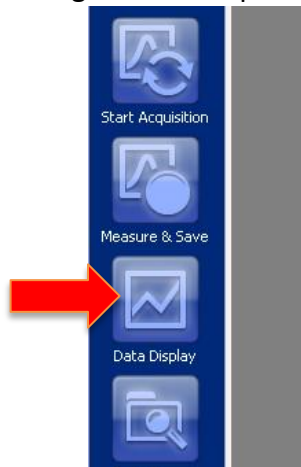


Figura 80. Posición del menú

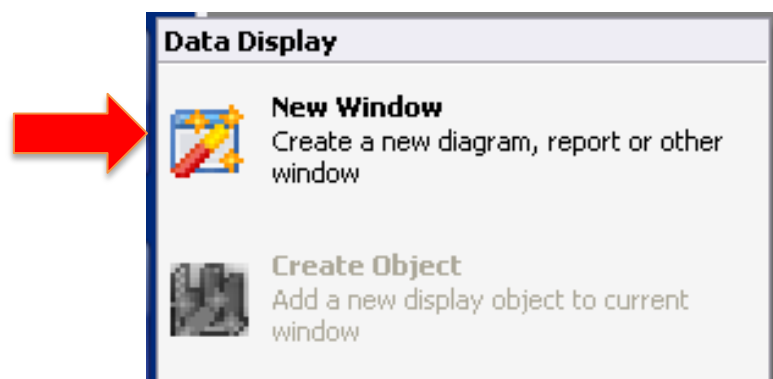


Figura 81. Menú “Data display”

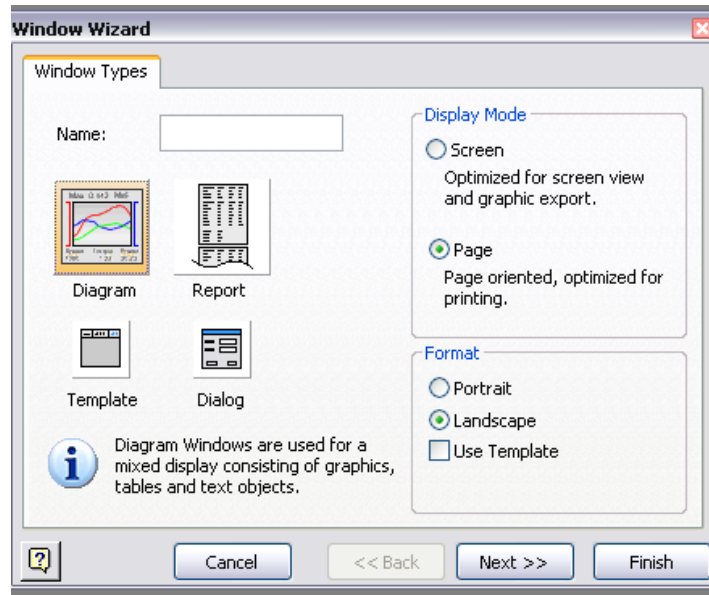


Figura 82. Primera pestaña “Window Wizard”

En la ventana emergente el usuario podrá escoger entre 4 tipos de ventanas para mostrar los datos.

- “Diagram”, el tipo diagrama muestra la adquisición de datos en forma de gráfica, este tipo de ventana puede albergar más de un tipo de muestreo ya sea gráficas, tablas o textos.
- “Report”, el tipo reporte es usado por datos alfanuméricos en la ventana.
- “Template”, esta página se utiliza para la definición de estándares altos de visualización ya sea de diagramas o reportes.
- “Dialog”, la ventana de dialogo se crea para el uso de diálogos específicos.

Una vez seleccionado el tipo de ventana presionar “Next”. Como ejemplo seleccionaremos en el manual el modo “Diagram”

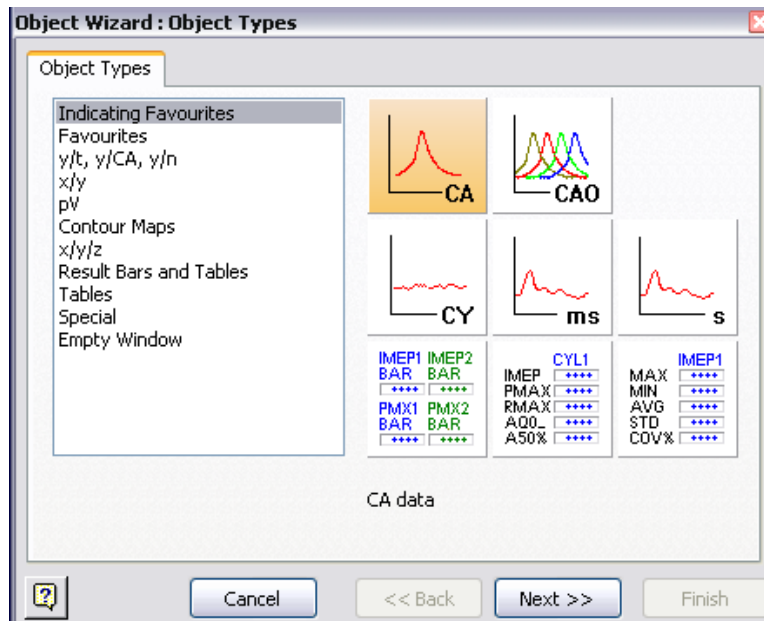


Figura 83. Segunda pestaña “Window Wizard”

En la ventana que aparecerá podrá seleccionar el usuario el tipo de diagrama a mostrar

- “Indicating Favourites”, son los tipos de diagrama sugeridos por AVL para presentar los resultados obtenidos.
- “Favourites”, esta sección contiene un tipo de diagrama de cada una de las secciones siguientes.
- “y/t, y/A, y/n”, son gráficas en dos dimensiones.
- “X/Y”, gráficas de dos dimensiones.
- “pV”, grafica presión volumen, se utiliza comúnmente para representar los tiempos del motor mostrando el ciclo Otto.
- “Contour Maps”, mapas de contorno, se utiliza para representar los “Kennfeld de presión”
- “x/y/z”, gráficas 3D
- “Result bars and tables”, tabla horizontal de comparación de resultados
- “Tables”, tablas de comparación ya sea verticales u horizontales.
- “Special”, diagramas radiales.

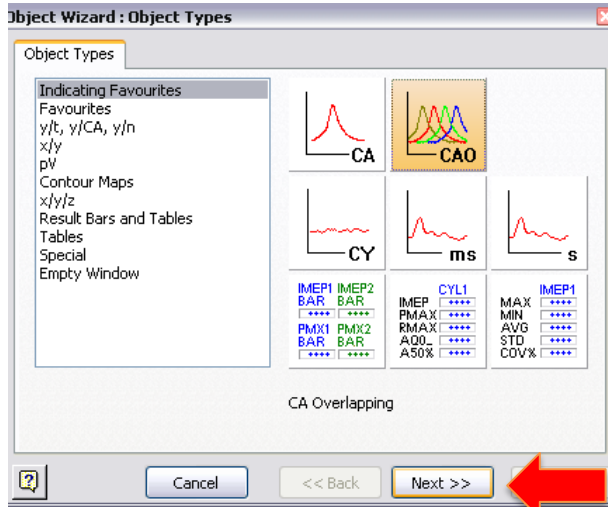


Figura 84. Segunda pestaña "Object Wizard"

En este caso como ejemplo se tomara el diagrama "CAO" de la sección "Indicating Favourites" y presionaremos el botón "Next".

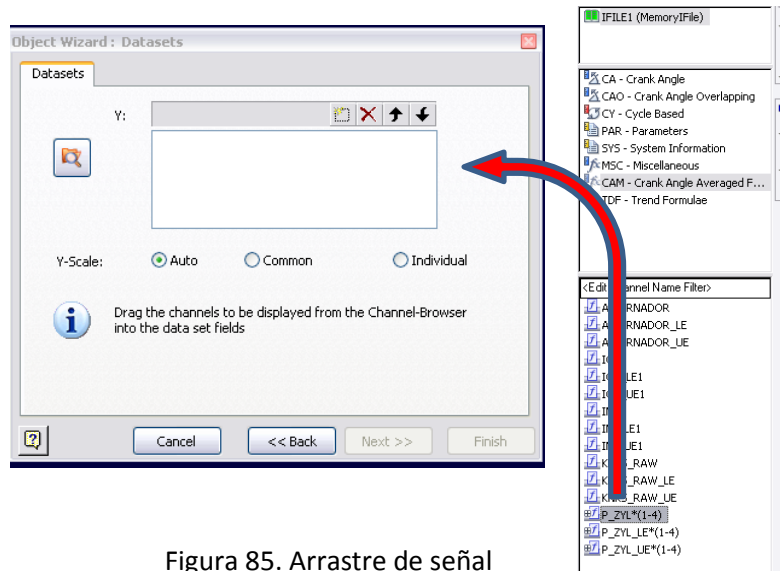


Figura 85. Arrastre de señal

En la ventana emergente, el usuario deberá de seleccionar la señal que quiere mostrar en la gráfica. En este caso tomaremos como ejemplo la señal "P\_ZYI\*(1-4)". El usuario deberá de presionar con clic izquierdo el nombre de la señal y arrastrarlo dentro del recuadro como se muestra en la figura 85.

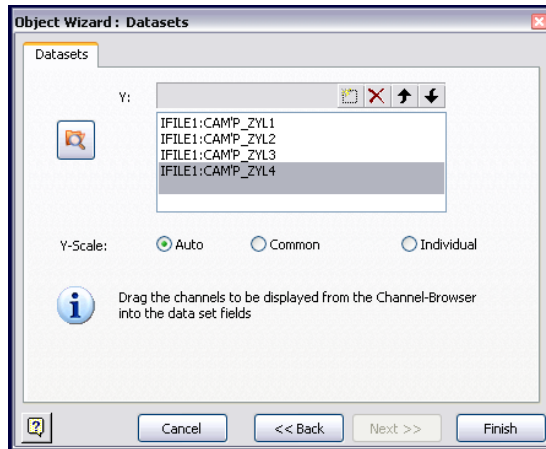


Figura 86. Señales ya seleccionadas

Al tener las señales que se quieren graficar en la misma ventana, deberá de presionar “Finish”.

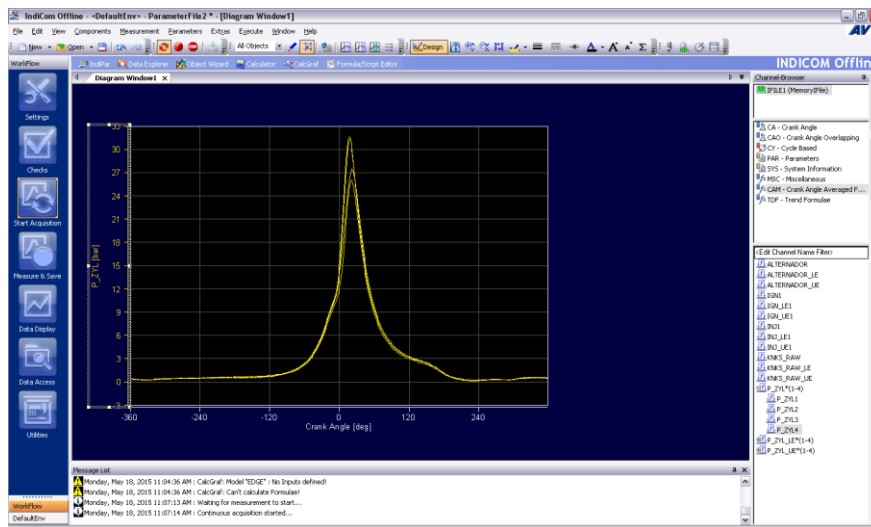


Figura 87. Señal de presión calculada en tiempo real

#### 4.4 Programación del almacenamiento de datos

Esta sección del manual está dedicada a la programación del almacenamiento de los datos, el usuario deberá entrar a la ventana que se muestra en la figura 88 “Save Measurement Data”.

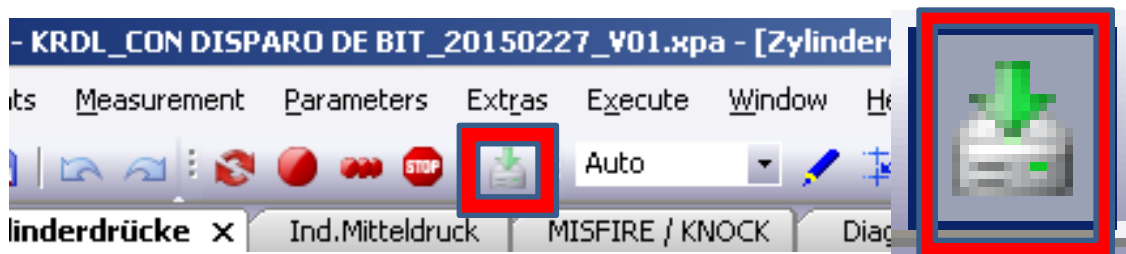


Figura 88. Localización de comando

El cual desplegara la siguiente ventana.

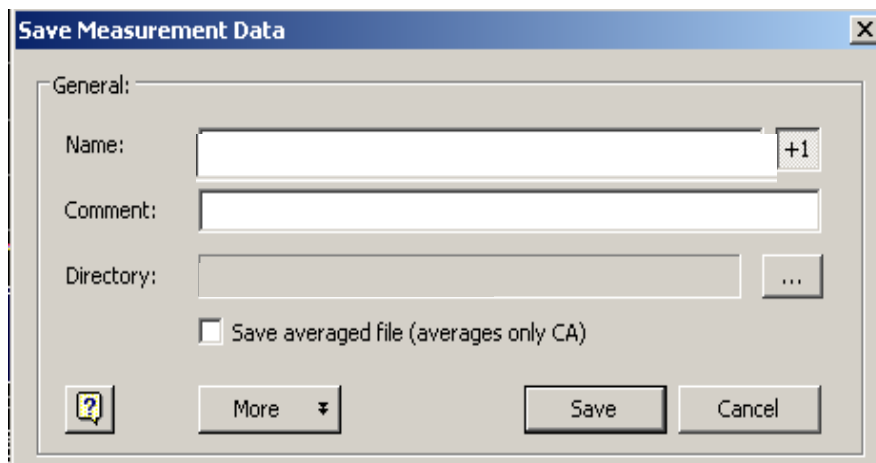


Figura 89. Ventana principal “Save data”

En esta ventana se podrán definir los siguientes parámetros.

- “Name”, Nombre asignado a la medición
- “Comment”, Comentarios, algún comentario que se quiera efectuar sobre el estado de los sensores o del equipo
- “Directory”, Lugar de almacenamiento de las mediciones
- “Save averaged file”, Salvar archivos promediados





Figura 90. Ventana de asignación de nombre

Los siguientes parámetros es un ejemplo del nombre para un mejor control de las mediciones.

1. Fecha del inicio de la prueba (AAAAMMDD)
2. Tipo de prueba que se está efectuando
3. Tipo de moto
4. Cilindrada del motor
5. Tipo de emisiones
6. Número del motor
7. Nombre del software de prueba
8. Nave en el cual se prueba
9. Numero de cámara o de dinamómetro
10. Tipo de gasolina
11. Numero de medición (la medición se puede empezar desde 000 o desde 001) dependerá del siguiente cuadro de selección ya sea que este en "+1" o "-1"



Figura 91. Comando para el conteo de las mediciones

En la parte de direccionar el almacenamiento de los datos como tal el usuario podrá seleccionar la carpeta de destino para las mediciones obtenidas.

Presionando el botón como se muestra en la figura 92 se desplegara la siguiente ventana "Browse for folder". La opción "Save averaged file" es una opción para reducir el número de medios puesto que hace un promedio de los valores obtenidos y los guarda como una sola medición.

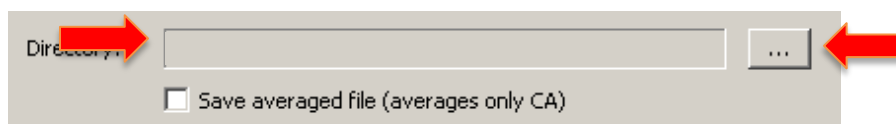


Figura 92. Asignación de carpeta contenedora

El usuario tendrá que crear la carpeta de destino tomando en cuanto lo siguiente

1. Número de nave
2. Cámara donde se está realizando la prueba del motor
3. Tipo de prueba que se está efectuando
4. Tipo de motor en prueba
5. Numero de motor

Se seleccionara la carpeta de destino posteriormente creada por el usuario. Presionando “OK” para que identifique la dirección de destino y le lleve a la siguiente ventana.

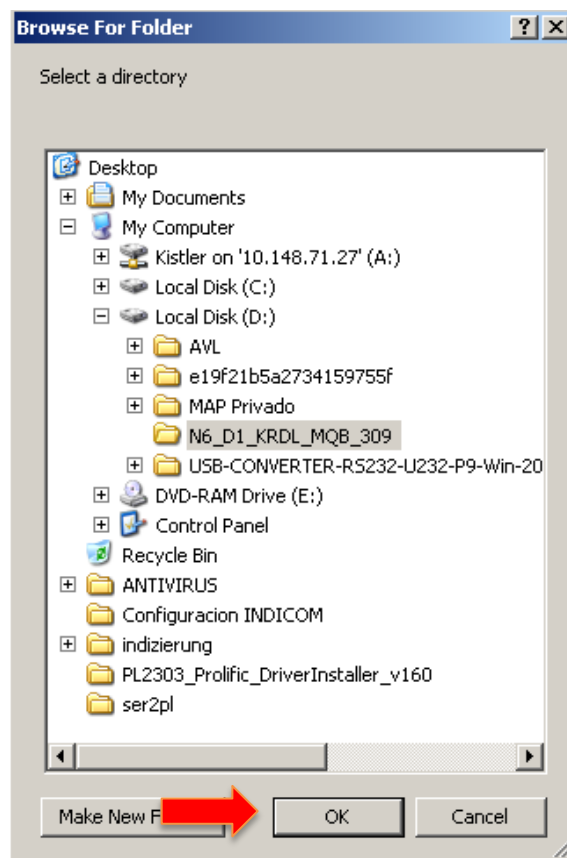


Figura 93. Selección de folder según buscador

Después de haber revisado que todo está correcto deberá de presionar el botón “Save” para terminar esta sección.

## 4.5 Codificación de alarma para el dinamómetro

La implementación de la siguiente alarma es una opción para la seguridad del motor, el usuario podrá o no implementarla según sea el caso y los requerimientos de la prueba.

Es necesario contar con el cable fabricado dentro de la empresa, con la entrada del pin-25 y salida BNC-macho como se muestra en la sección de hardware.



Figura 94. Localización de comando

El primer paso será en la sección de “Measurement Control” el cual desplegará la siguiente ventana. Aquí se dirigirá a la pestaña de nombre “RTP Event Definition” y aparecerá la ventana de la que ya se había codificado antes.

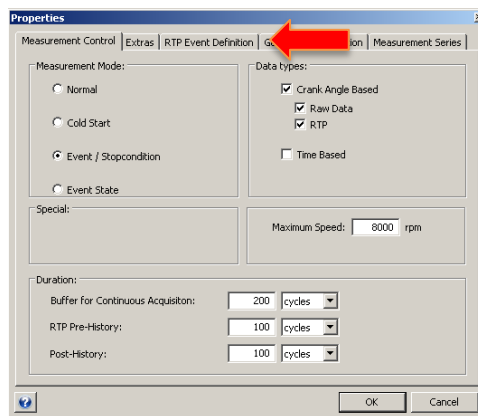


Figura 95. Ventana principal “Measurement Control”

Se tomará la señal “Pmax\*”, el asterisco significa que se tomará la señal de presión de los cuatro cilindros y se le pondrá el mismo criterio de evaluación con un valor más alto de frontera.

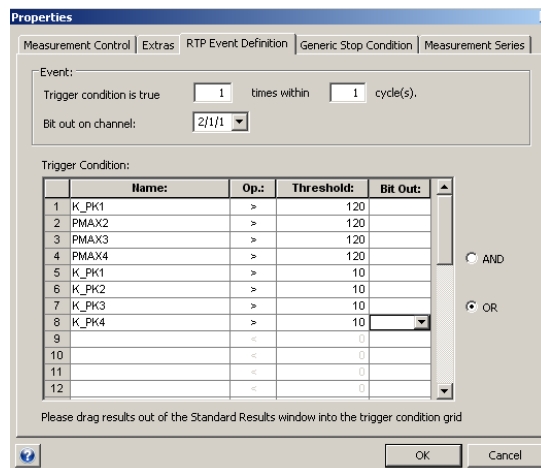


Figura 96. Tercera pestaña “RTP Event Definition”

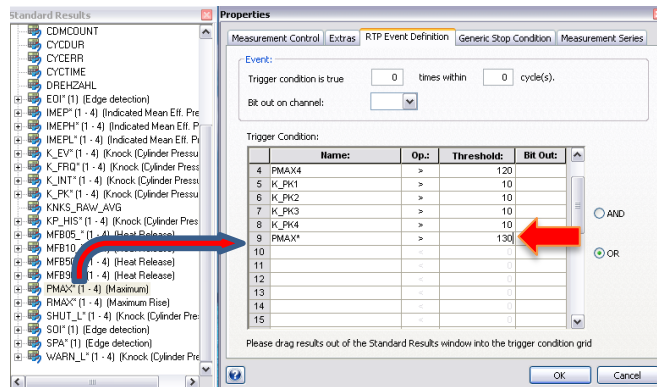


Figura 97. Arrastre de la señal y configuración del criterio a evaluar

Los criterios serán los siguientes en la parte de comparación el símbolo “>” mayor que, y en la parte de “Threshold” el criterio según se determine en el departamento. Un ejemplo son 130 bars.

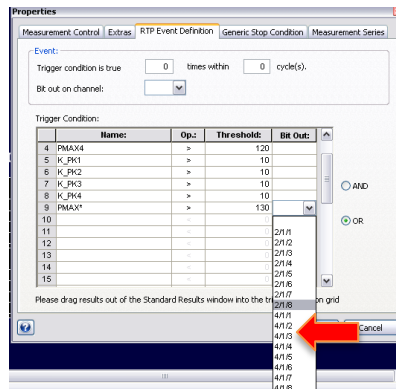


Figura 98. Selección del canal de salida

El siguiente paso para el usuario será la selección del canal digital por el cual saldrá el bit de comunicación deberá elegir el canal “2/1/8” ya que el cable proporcionado está construido con esa codificación.

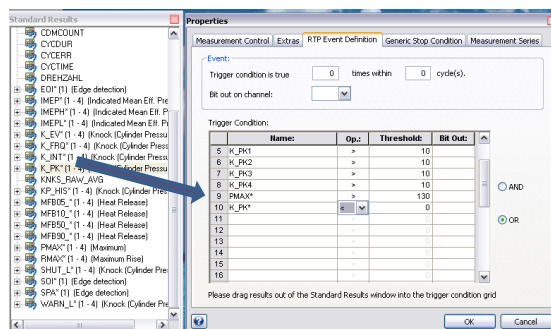


Figura 99. Arrastre de señal y codificación de limite a evaluar

Se tomara ahora la señal “K\_PK\*” de igual forma como en la alarma anterior, el asterisco en el nombre quiere significa que se hará la comparación de todas las señales de cascabeleo en los 4 cilindros como se muestra en la figura 99.

Los criterios serán los siguientes en la parte de comparación el símbolo “>” mayor que, y en la parte de “Threshold” el criterio que se determine con el responsable de la prueba. Aquí se puso un ejemplo de 15 bars.

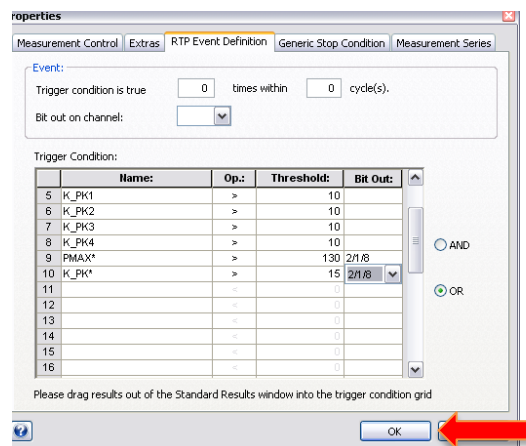


Figura 100. Ejemplo de la configuración para la alarma

El usuario deberá de hacer la selección del canal digital por el cual saldrá el bit de comunicación, deberá elegir el canal “2/1/8” ya que el cable proporcionado está construido con esa codificación.

Para terminar con esta sección el usuario deberá de verificar que todos los datos insertados son correctos, después de ello presionar la tecla “OK” para salir de esa sección.

## 4.6 Puesta en marcha prueba

Para iniciar la prueba tendrá el usuario la siguiente barra de tareas en la ventana principal del IndiCom.



Figura 101. Localización de barra de tareas

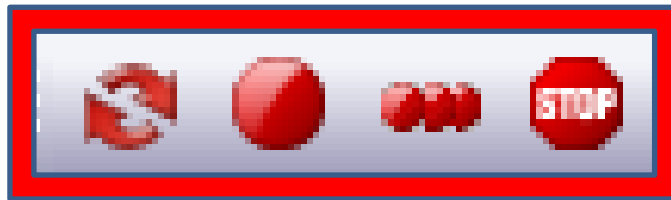
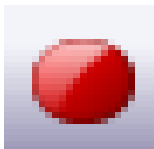


Figura 102. Barra principal de acciones para la prueba



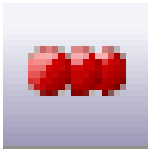
- Botón de adquisición de datos (esta es una opción otorgada por el programa que permite al usuario hacer pruebas sin obtener alguna medición)

Figura 103. Botón de adquisición de datos



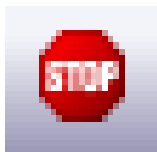
- Botón de arranque para grabación de una sola medición( al presionar este botón el usuario iniciara la prueba pero el IndiCom al obtener una medición se detendrá)

Figura 104. Botón de arranque



- Botón Adquisición continua (como su nombre lo dice este botón permitirá la obtención de un número N de mediciones el cual acabara cuando el motor se detenga)

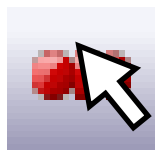
Figura 105. Botón de adquisición continúa



- Botón de paro (es el botón que se deberá de al finalizar la prueba ya que detiene la adquisición de datos)

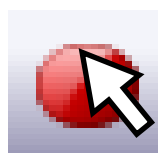
Figura 106. Botón de paro

Para poder iniciar la prueba teniendo en cuenta la obtención de datos continua y la grabación en los eventos el usuario deberá presionar los siguientes botones de acuerdo a la sucesión dicha en este manual.



El primer botón deberá ser el de adquisición continua ya que esto le permitirá al programa IndiCom seguir en marcha después de un evento.

Figura 107. Puesta en marcha Indicom



El siguiente paso a seguir será dar clic en el botón de arranque de grabación de una sola medición.

Figura 108. Adquisición de una sola medición

Por último se podrá ver en la pantalla la obtención de datos y las gráficas con las mediciones, mostrando los resultados obtenidos por los sensores piezoeléctricos, los moduladores, amplificadores, y todos los materiales utilizados.

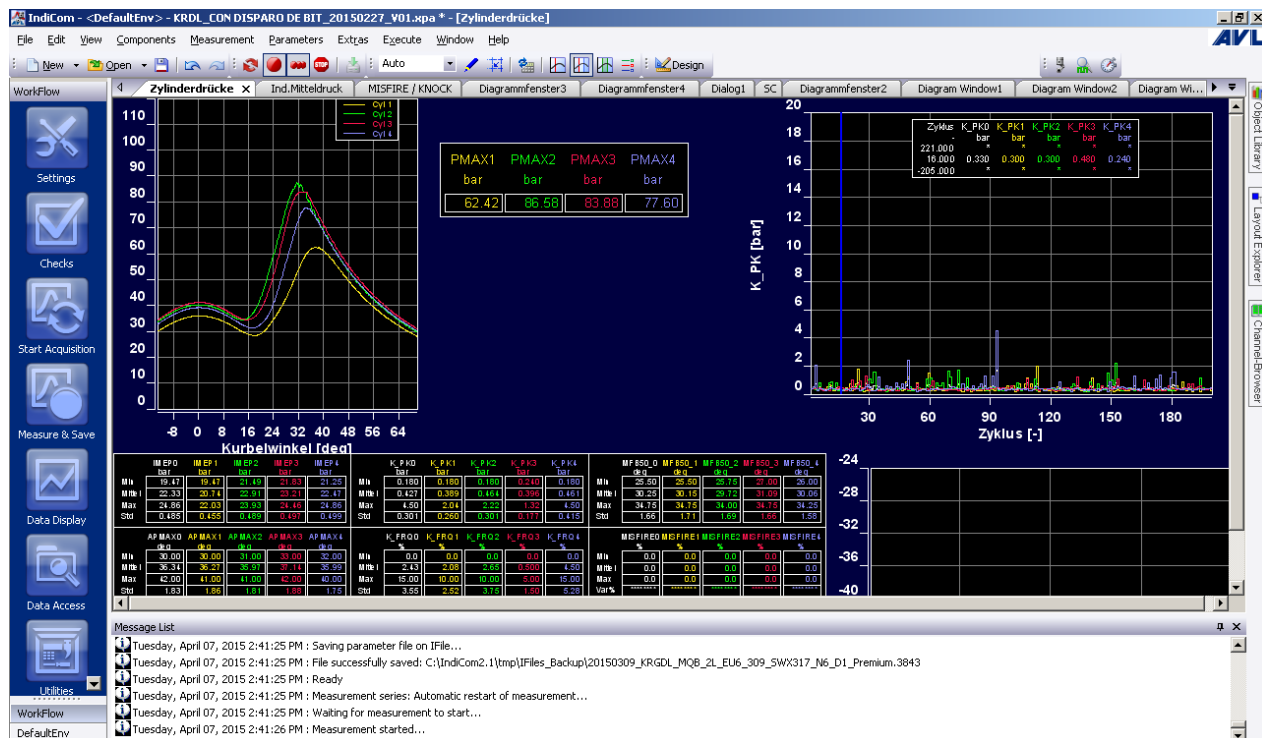


Figura 109. Pantalla del programa indizierung con los elementos necesarios para una prueba

## Capítulo 5

### Descripción e información de material

#### 5.1 Sensores de presión Piezoeléctricos

Los sensores de presión trabajan con un principio electrostático de carga que se centra en cargas mecánicas sobre los cristales. Estos activan la medición directamente proporcional a la carga aplicada sobre ellos.

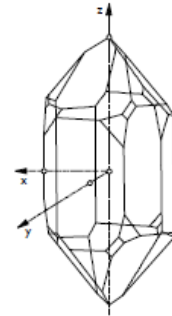


Figura 110. Cristal de cuarzo

	<b>Direct piezoelectric effect</b>	<b>Reciprocal piezoelectric effect</b>
<b>Description</b>	A mechanical deformation of a piezoelectric body causes a change in the electric polarisation that is proportional to the deformation.	An external electrical Field E causes mechanical stresses proportional to the field, which alter the size of the piezo-crystal.
	<p>Diagrama de un cristal rectangular sometido a una fuerza compresiva F aplicada en sus extremos superiores e inferiores. Se muestran líneas de carga positiva (+) y negativa (-) en las caras laterales del cristal.</p>	<p>Diagrama de un cristal rectangular sometido a un campo eléctrico E aplicado en sus caras laterales. Se muestran líneas de carga positiva (+) y negativa (-) en las caras superiores e inferiores del cristal.</p>
<b>Application</b>	For measuring mechanical parameters, especially of forces, pressures and accelerations	In ultrasonic and telecommunications engineering

Tabla 4. Descripción del efecto de la presión en el cuarzo

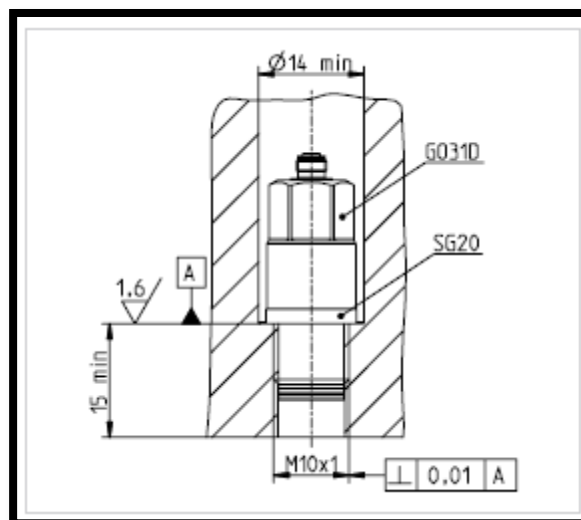


Figura 111. Dibujo 2D de un sensor ya fabricado



## 5.2 IndiModul 621 (con fuente de alimentación)



Figura 112. Vista frontal del IndiModul 621

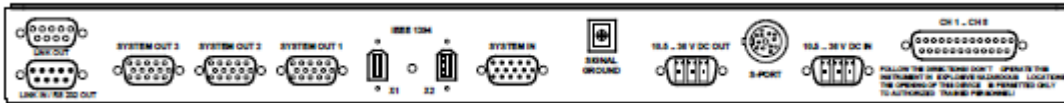


Figura 113. Vista trasera del IndiModul 621

### Funcionamiento básico

En los 8 canales de entradas digital tanto en la parte trasera como en la frontal están conectados los receptores 1 a 1 en paralelo. En ellos se conectan las señales mandadas por el microIFEM en los canales analógicos y la señal mandada por el angle encoder. El IndiModul 621 reúne y sincroniza estas dos señales para posteriormente mandarla al siguiente equipo.

### Vista frontal

CH1 – CH8 Entradas analógicas 1-8

TRIG La luz de este foto se enciende después del inicio de una medición, cuando la señales del trigger está en funcionamiento.

CDM Se enciende esta luz después del inicio de una mediación, cuando la señal del “angle encoder” está aplicada. Se utiliza para garantizar que el “angle encoder” está correctamente conectado

POWER El foto LED funciona cuando la corriente de suministro está correctamente conectada.

D OUT Para sincronización y pulsos de salida

D IN1/D IN 2 Dos canales de entrada digital para diferentes (TTL level).

DIG IN Entrada digital de 8 pines (TTL level).

DIG OUT Salida digital de 8 pines

## **Vista trasera**

LINK OUT Conexión de salida para el ordenador.

LINK IN/RS 232 OUT

LINK IN: Por conexión del IndiModul 621 para la Pc vía Link cable,

SYSTEM OUT1, 2,3 Salida para la conexión de un segundo, tercer o cuarto IndiModul 621 en cascada.

IEEE 1394: X1, X2 Entrada para conexión FireWire con la PC u otro 621.

SYSTEM IN Entrada para señales distintas.

10.5 – 36 V DC IN Entrada de voltaje para suministro de energía 10.5 – 36 V.

10.5 – 36 V DC OUT Suministro de voltaje de salida IndiModul 621.

CH1 ... CH8 Entradas Analógicas 1 – 8. Estas entradas están conectadas en paralelo con las entradas del panel frontal.

### 5.3 MicroIFEM Piezo Module 4FPX

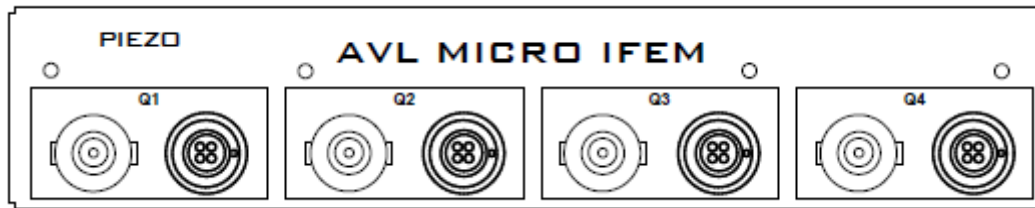


Figura 114. Vista trasera del MicroIFEM Piezo Module

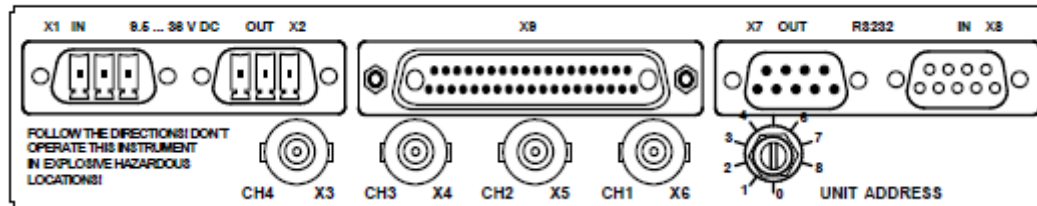


Figura 115. Vista trasera del MicroIFEM Piezo Module

### Funcionamiento básico

El componente MicroIFEM recibe la señal de los amplificadores piezoeléctricos en unidades de Pico Coulombs sobre bar (pc/b), este modela y amplifica las señales mandándola por los canales (CH1-4) al amplificador IndiModul.

### Vista Frontal

Q1 a Q4 Conexiones para los sensores de presión

Mano-izquierda conexión analógica para los sensores de presión

Mano- derecha Conexión 4-pin FISCHER conector para la es sensor de presión de adquisición de datos

Conector (SDC)

LEDs Distintos tipos de estatus para los canales del amplificador.

VERDE Estado regular de operación

NARANJA El reconocimiento de una señal de control

ROJO Parpadeo Los canales del amplificador están saturados.

## **Vista Trasera**

X1 Entrada 9.5 ... 36 V DC Suministro de energía (9.5 a 36 V DC)

X2 Salida 9.5 ... 36 V DC Voltaje de salida. Si se tiene un segundo microIFEM están en cascada, El siguiente microIFEM puede ser conectado en este conector de salida de voltaje.

X3 ... X6

CH4 ... CH1 BNC Salida de conectores analógicos conectores para el amplificador.

X7 RS232 Salida Conexión seria para otro microIFEM si los microIFEM están en cascada.

X8 RS232 Entrada Conexión para la PC o para otro puerto RS232 Salida conexión de un microIFEM previamente conectado si los microIFEM están en cascada.

## 5.4 AVL Angle Encoder 365C con complemento 365 Electronics

- Adaptador de volante
- Marcador de disco 365X
- El eje de accionamiento (enlace entre el motor y dinamómetro)
- Sensor óptico recoger 365X
- tubo flexible , radio de curvatura al menos 30 mm
- Apoyo entre el bloque motor y óptica recoger

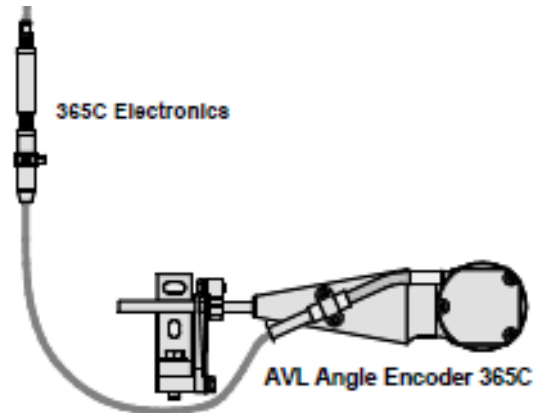


Figura 116. Representación en diagrama AVL Angle Encoder 365C

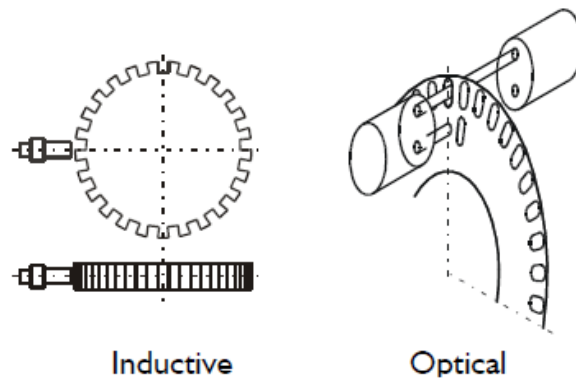


Figura 117. Transductores ópticos e inductivos

Posición del Angle encoder respecto al motor y el dinamómetro.

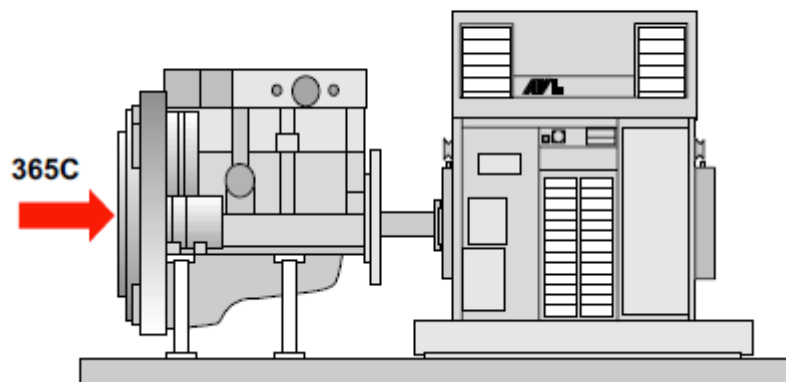


Figura 118. Representación gráfica de la posición del angle encoder

## 5.5 IndiCom (Software)

Es un sistema de adquisición de datos una herramienta con un alto grado de aplicación en la industria.

Amplias capacidades de cálculo en línea.

Fácil integración y probado en cualquier entorno de automatización de células de ensayo con interfaces adaptadas y genéricos.

Mejor precisión y fiabilidad con una cadena de medición perfectamente sincronizada.



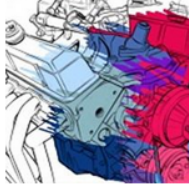
<p><b>Advanced and customizable User Interface:</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clear and easy data visualization enables quick understanding of the combustion process.</li> <li>• Easy creation of professional layouts and reports.</li> </ul>
<p><b>AVL CalcGraf:</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extensive calculation capabilities allow for implementation of customer-specific algorithms and methodologies.</li> <li>• Calculations and measurement tasks can be standardized, easily managed, shared and applied to different test and engine setups.</li> </ul>
<p><b>Real-time calculations:</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reliable delivery of cycle-by-cycle combustion characteristics allows safe testrun automation.</li> <li>• Enables the usage of real-time controllers for drastic reduction of calibration time (e.g. torque mapping).</li> <li>• Ideal in combination with AVL CAMEO.</li> </ul>

Tabla 5. Especificaciones del programa indizierung

## 5.6 Información teórica

### 5.6.1 Coeficiente politrópico

La palabra significa, literalmente, "muchas formas". Se verá como las politrópicas constituyen una gran familia de evoluciones que permiten estudiar gran cantidad de fenómenos reales.

Politrópicos y significado:

Al momento de entender lo que son las politrópicas debemos tener presente que hasta el momento las evoluciones que tenemos por estudiar tienen un respaldo físico. Así tenemos a:

- Las *isóbaras* (presión constante). Del tipo  $p = Cte$ .
- Las *isócoras* (volumen constante). Del tipo  $V = Cte$ .
- Las *isotermas* (temperatura constante). Del tipo  $p \cdot V = Cte$ .
- Las *adiabáticas sin roce* ( $DQ = 0$ , que después llamaremos *isentrópicas*) Del tipo  $p \cdot V^\beta = Cte$ .

Todas estas evoluciones tienen un significado físico preciso. Estas evoluciones las ilustramos en la figura 119.

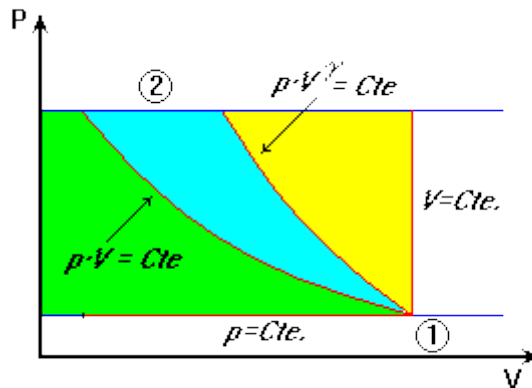


Figura 119. Significado físicas de las evoluciones

Las politrópicas tienen la forma genérica del tipo:

$$p \cdot V^n = Cte.$$

En que  $n$  es el coeficiente politrópico. El valor de  $n$  puede variar de 0 a infinito. Debemos tener claro que una politrópica es simplemente un ajuste de una exponencial a una evolución real. Por lo tanto es un modelo de ajuste y uno debe tener claro que el significado físico detrás de una politrópica puede ser muy diferente en diversos casos.

En la figura 120 vemos ilustradas una serie de politrópicas, con distintos valores de exponente  $n$ . Vamos ahora al significado físico que puede haber detrás de cada politrópica.

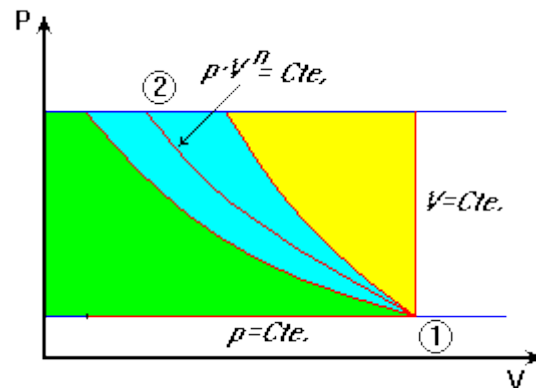


Figura 120. Representación del valor de  $n$

Si el coeficiente  $n$  es 0, la politrópica se asemeja a una isóbara; si  $n$  vale 1, será semejante a una isoterma; cuando  $n$  vale  $g$ , se asemejará a una adiabática sin roce y cuando  $n$  tiende a infinito, se parecerá a una isocora.

Para comprender más a fondo lo que representa una politrópica, veamos un caso particular en que  $n = 1,22$ . En este caso el exponente  $n$  es menor que  $g$  y mayor que 1. Consideremos el caso entre **1** y **2** ilustrado en la figura 120. Es claro que al final de la compresión,  $p_2$  es igual en el caso de la isentrópicas, la isoterma y la politrópica. Pero las temperaturas y volúmenes específicos están ordenados de acuerdo a lo siguiente:

$$T_{isot} < T_{politropica} < T_{isentropica}$$

$$V_{isot} < V_{politropica} < V_{isentropica}$$

Esto necesariamente permite concluir que:

- En la compresión el fluido *pierde* calor hacia el exterior. Mientras más se acerca el valor de  $n$  a 1, más calor se pierde.
- Con respecto al trabajo necesario para la compresión, este es *menor* que en el caso de la adiabática sin roce si la politrópica es sin roce.

El cálculo correcto de los trabajos y calores intercambiados en las politrópicas requiere, necesariamente, tener claro el trasfondo físico de la evolución descrita por la politrópica. En los próximos puntos analizaremos más en detalle cada tipo de evolución.



## Capítulo 6

### Anexos

#### 6.1 Conclusiones

El uso de un manual o de alguna información concreta sobre un tema en específico, mejora considerablemente los tiempos de acción y la productividad en las pruebas realizadas. El correcto análisis y uso de los resultados obtenidos en las pruebas, no solo pueden ayudar a encontrar razones de las preigniciones que se buscan, si no de igual forma puede ayudar a la economización de los recursos dados por la empresa.

También se puede concluir que no solo el estudio de los resultados de los archivos obtenidos son necesarios para la investigación, de la misma forma son los elementos físicos de los cuales se puede obtener detalles valiosos para el enriquecimiento de la investigación, por ello es recomendable el planteamiento y la aplicación de nuevas alarmas para los dinamómetros como la propuesta en este documento. Así el usuario tendrá la oportunidad que analizar daños en las piezas o rastros de algún defecto.

Al tener un mayor conocimiento de la plataforma utilizada se pudieron obtener un mayor número de datos para su estudio y comprensión, con el mismo conocimiento obtenido se pudo enriquecer a este documento.

## 6.2 Bibliografía

1. AVL product guide. IndiPar. Parameter explorer . Alfred Kristoferitsch Business Development Manager-AVL List, Graz-Austri. 2009.
2. INDICATING AND COMBUSTION DEVELOPMENT TOOLS. Alfred Kristoferitsch. Business Development Manager AVL List, Graz-Austria. 2011
3. Indizierungsgrundlagen. Prof. Dr.-Ing. Victor Gheorghiu. AVI Products. 2005
4. Cengel, Y. A.; Boles, M.A.: Termodinamica. Mc Graw-Hill, 1996.