



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

**ESTUDIO SOBRE LOS EFECTOS DE CAMPOS
ACÚSTICOS EN LA TRANSMISIÓN DE
CALOR DE UN CALENTADOR DE AIRE DE
ADMISIÓN.**

Proyecto Fin de Carrera

Realizado por:

María Isabel Ramírez Cardona.

Especialidad:

Mecánica.

Dirigido por:

Dr. D. Pablo Olmeda González.

VALENCIA 2015

Agradecimientos

A Oscar, por su paciencia y por tener fe en mí.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A los técnicos Adolfo Guzmán (Fito) y Bernardo Planells (Berni) por sus enseñanzas, su tiempo y simpatía.

Por último al CMT-Motores Térmicos y a mi director Pablo Olmeda, por la oportunidad de trabajar en este proyecto y aprender de este magnífico equipo.

INDICE GENERAL

DOCUMENTO I: MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN.	20
1.2 OBJETO DEL PROYECTO.	21
1.3 ANTECEDENTES.	22
1.4 JUSTIFICACIÓN.	23
1.5 VIABILIDAD.	23
1.6 DESARROLLO.	24

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS MCIA

2.1 INTRODUCCIÓN A LOS MCIA.	30
2.2 GENERALIDADES DE LOS MEC.	30
2.2.1 Funcionamiento de los MEC.	32
2.2.2 El proceso de renovación de la carga.	38
2.2.3 Rendimiento volumétrico.	40
2.3 TRASMISION DE CALOR EN LOS MCIA.	43
2.3.1 Introducción.	43
2.3.2 Modos de transmisión de calor.	44
2.3.2.1 Conducción.	44
2.3.2.2 Convección.	45
2.3.2.3 Radiación.	46
2.3.3 Ecuaciones Semi-empiricas para determinar el calor transmitido.	47
2.3.3.1 Ecuación de Eichelberg.	47
2.3.3.2 Ecuación de Woschni.	48
2.3.3.2 Ecuación de Taylor y Toong.	49

2.3.3.4 Balance energético.	51
2.4 EL ARRANQUE EN LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN.	53
2.4.1 Introducción.	53
2.4.2 Facilidad de inflamación.	53
2.4.3 Temperatura del aire.	54
2.4.3.1 Forma de la cámara de combustión.	54
2.4.3.2 Temperatura del motor.	54
2.4.3.3 Temperatura del aire de admisión.	55
2.4.3.4 Hermeticidad de la cámara de combustión.	55
2.4.3.5 Velocidad de rotación durante el arranque.	55
2.4.3.6 Calidad de la inyección.	56
2.5 CONSIDERACIONES SOBRE EL AUTOENCENDIDO EN EL ARRANQUE EN FRÍO.	56
2.5.1 El inicio de la combustión en un MEC.	56
2.5.2 Sistemas de ayuda de arranque para motores diesel.	59
2.5.2.1 Bujías de Pre calentamiento.	60
2.5.2.1.1 Bujías de resistencia desnuda.	61
2.5.2.1.2 Bujías de resistencia cubierta.	63
2.5.2.1.3 Bujía de espiga incandescente.	64
2.5.2.2 Calentamiento del aire de admisión.	66
<u>CAPÍTULO 3. CAMPOS ACÚSTICOS Y TRANSMISIÓN DE CALOR</u>	
3.1 INTRODUCCIÓN.	70
3.2 TRANSMISIÓN DE CALOR.	71
3.3 ONDAS SONORAS.	72
3.4 MAGNITUDES FÍSICAS DEL SONIDO.	73
3.4.1 Frecuencia y Período.	73
3.4.2 Fase.	74
3.4.3 Longitud de Onda.	75
3.4.4 Amplitud de Onda.	75

3.4.5 Potencia sonora y nivel de potencia sonora.	76
3.5 CARACTERISTICAS O CUALIDADES DEL SONIDO.	76
3.5.1 Tono.	76
3.5.2 Intensidad sonora y nivel de intensidad sonora.	76
3.5.3 Timbre.	77
3.6 OTROS CONCEPTOS RELACIONADOS CON EL SONIDO.	77
3.6.1 Velocidad del sonido.	77
3.6.2 Decibelios.	78
3.6.3 Presión sonora y nivel de presión sonora.	79
3.7 REFLEXIÓN Y TRANSMISIÓN DE ONDAS.	79

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA MAQUETA Y DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

4.1 INSTALACIÓN EXPERIMENTAL.	84
4.1.1 Introducción.	84
4.1.2. Características de la instalación.	85
4.1.3 Funcionamiento de la instalación.	85
4.1.4 Elementos principales del Banco de Flujo estacionario.	88
4.1.5. Descripción de los elementos para la realización de los ensayos.	98
4.1.5.1. Placas.	98
4.1.4.2. Elementos auxiliares.	98
4.1.5 Montaje de geometrías.	99
4.1.6. Rutina de medida.	100
4.2 MAQUETA.	103
4.2.1 Introducción.	103
4.2.2 Descripción.	103
4.3 INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE MEDIDAS.	107
4.3.1 Introducción.	107
4.3.2 Instrumentación para la medida de la temperatura.	107
4.3.2.1 Termoresistencias.	107
4.3.2.2 Termopares.	109

4.4 INSTRUMENTACIÓN DE LA MAQUETA.	111
4.4.1 Data Logger.	112
4.4.2 Sistema informático.	113
4.4.3 Calentador.	113
4.5 INSTRUMENTACIÓN PARA LA MEDIDA DEL RUIDO.	114
4.5.1 Micrófonos.	114
4.5.1.1 Características del micrófono tipo 4935.	115
4.5.2 Amplificador y altavoz.	116
4.5.3 Sistema pulse.	117
4.5.3.1 Hardware del sistema Pulse.	118
4.5.3.2 Software del sistema Pulse.	122
4.5.3.3 Equipo de calibración.	123
4.5.3.4 Pistófono tipo 4228.	124
4.5.3.5 Barómetro corrector.	124
4.5.4 Fuente de ruido blanco.	125
<u>CAPÍTULO 5. ENSAYOS EXPERIMENTALES</u>	
5.1 CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA.	128
5.1.1 Geometría 1: Con Resistencia.	128
5.1.2 Geometría 1: Sin Resistencia.	132
5.1.3 Geometría 2: Con Resistencia.	133
5.1.4 Caracterización en el banco de flujo.	134
5.1.4.1 Ensayos con flujo de aire.	134
5.1.4.2 Ensayos con Aire y Ruido.	135
5.2 ENSAYOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO.	135
<u>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES</u>	
6.1 CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA.	141
6.1.1 Coherencia.	141
6.2 ENSAYOS EN BANCO DE FLUJO	151
6.2.1 Ensayos solo con flujo de Aire (Solo Aire).	151

6.2.2 Ensayos con flujo de Aire y Ruido (Aire y Ruido).	153
6.2.3 Medidas del comportamiento de la temperatura del flujo de aire.	160
6.3 CONCLUSIONES.	163

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.

7.1 CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.	166
---	-----

DOCUMENTO II: PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 1. DESARROLLO DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN.	176
1.2.DESCRIPCION DEL PROYECTO.	176
1.3 DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO.	176
1.3.1 Descripción del contenido de cada documento.	177

CAPÍTULO 2. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN

2.1 BANCO DE FLUJO.	182
2.1.1 Características técnicas de la instalación de medida de flujo.	182
2.1.2.1 Manual del Grupo soplante.	182
2.1.2.2 Manual del Variador de frecuencia.	201
2.1.2.3 Manual del Regulador P.I.D.	213
2.1.2.4 Manual de las Válvulas electroneumáticas.	240
2.1.2.5 Manual de las Válvulas de mariposa.	244
2.1.2.6 Manual del Sensyflow.	248
2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA RUIDO.	285
2.2.1 Hardware PULSE.	285
2.2.2 Software PULSE.	306
2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ADQUISICION	

DE DATOS DE TEMPERATURA.	322
2.3.1 Introducción.	322
2.3.2 Aspecto fundamentales de las mediciones.	322
2.3.3 Cómo eliminar tensiones de ruido de líneas de corriente.	323
2.3.4 Configuración de Mediciones de Temperatura.	323
2.3.6 Fuentes de Error en las Mediciones de Termopar.	326
2.3.7 Limites de alarma.	327

CAPÍTULO 3. APLICACIONES ONFORMÁTICAS DE CONTROL

3.1 FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA PULSE.	330
3.1.1 Configuración del proyecto.	330
3.1.1.1 El organizador de configuración.	330
3.1.1.2 El organizador de medidas.	334
3.1.1.3 Funciones y el organizador de funciones.	337
3.1.1.4 Pantallas y el organizador de pantallas.	340
3.1.1.5 Guardar el proyecto.	342
3.1.1.6 Calibración.	343
3.1.1.7 Adquisición de datos.	345
3.1.1.8 Guardar las medidas realizadas.	345
3.1.2 Barra de herramientas y teclas de acceso rápido.	346

CAPÍTULO 4. NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD

4.1 NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD.	349
REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23/04/1997	349
4.1.1 CAPÍTULO I: Disposiciones Generales	350
4.1.1.1 Artículo 1. Objeto.	350
4.1.1.2 Artículo 2. Definiciones.	351
4.1.2 CAPÍTULO II: Obligaciones del empresario.	351
4.1.2.1 Artículo 3. Obligación general del empresario.	351

4.1.2.2 Artículo 4. Condiciones constructivas.	351
4.1.2.3 Artículo 5. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización.	352
4.1.2.4 Artículo 6. Instalaciones de servicio y protección.	352
4.1.2.5 Artículo 7. Condiciones ambientales.	352
4.1.2.6 Artículo 8. Iluminación.	352
4.1.2.7 Artículo 9. Servicios higiénicos y locales de descanso.	353
4.1.2.8 Artículo 10. Material y locales de primeros auxilios.	353
4.1.2.9 Artículo 11. Información a los trabajadores.	353
4.1.2.10 Artículo 12. Consulta y participación de los trabajadores.	353
4.1.2.11 Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa.	353
4.1.2.12 Disposición final primera. Elaboración de la Guía Técnica de evaluación y prevención de riesgos.	354
4.1.2.13 Disposición final segunda. Habilitación normativa.	354
4.1.2.14 Disposición final tercera. Entrada en vigor.	354
4.1.3 Anexos.	355
4.1.3.1 Anexo I: Condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo.	355
4.1.3.2 Anexo II: Orden, limpieza y mantenimiento.	363
4.1.3.3 Anexo III: Condiciones ambientales en los lugares de trabajo.	364
4.1.3.4 Anexo IV: Iluminación de los lugares de trabajo	366
4.1.3.5 Anexo V: Servicios higiénicos y locales de descanso.	368
4.1.3.6 Anexo VI: Material y locales de primeros auxilios.	371

CAPÍTULO 5. PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE FLUJO

5.1 INTRODUCCIÓN.	375
5.2 PLAN DE MANTENIMIENTO DE SOPLANTES.	375
5.2.1 Trabajos semanales.	375
5.2.2 Después de 500 horas de servicio.	375

5.2.3 Después de 1000 horas de servicio.	376
5.2.4 Después de 4000 horas de servicio.	376
5.2.5 Después de 8000 horas de servicio.	376
5.3 PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS CAUDALÍMETROS DE HILO CALIENTE (SensyFlow).	376

DOCUMENTO III: PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DEL PRESUPUESTO

1.1 INTRODUCCIÓN.	380
1.2.DESGLOSE DEL PRESUPUESTO.	380
1.2.1 Mano de obra.	380
1.2.2 Materiales.	380
1.2.3 Coste de uso de los equipos.	380
1.3 PRESUPUESTO PARCIAL.	381
1.3.1 Mano de obra.	381
1.3.2 Materiales.	381
1.3.3 Coste de uso de equipos e instalaciones.	382
1.3.4 Coste del equipo auxiliar.	382
1.4 PRESUPUESTO TOTAL.	383



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



DOCUMENTO I

MEMORIA

**ESTUDIO SOBRE LOS EFECTOS DE CAMPOS
ACÚSTICOS EN LA TRANSMISIÓN DE CALOR DE UN
CALENTADOR DE AIRE DE ADMISIÓN.**

ÍNDICE MEMORIA**CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

1.1 INTRODUCCIÓN.	20
1.2 OBJETO DEL PROYECTO.	21
1.3 ANTECEDENTES.	22
1.4 JUSTIFICACIÓN.	23
1.5 VIABILIDAD.	23
1.6 DESARROLLO.	24

CAPITULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS MCIA

2.1 INTRODUCCIÓN A LOS MCIA.	30
2.2 GENERALIDADES DE LOS MEC.	30
2.2.1 Funcionamiento de los MEC.	32
2.2.2 El proceso de renovación de la carga.	38
2.2.3 Rendimiento volumétrico.	40
2.3 TRASMISION DE CALOR EN LOS MCIA.	43
2.3.1 Introducción.	43
2.3.2 Modos de transmisión de calor.	44
2.3.2.1 Conducción.	44
2.3.2.2 Convección.	45
2.3.2.3 Radiación.	46
2.3.3 Ecuaciones Semi-empíricas para determinar el calor transmitido.	47
2.3.3.1 Ecuación de Eichelberg.	47
2.3.3.2 Ecuación de Woschni.	48
2.3.3.2 Ecuación de Taylor y Toong.	49
2.3.3.4 Balance energético.	51
2.4 EL ARRANQUE EN LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN.	53
2.4.1 Introducción.	53
2.4.2 Facilidad de inflamación.	53

2.4.3 Temperatura del aire.	54
2.4.3.1 Forma de la cámara de combustión.	54
2.4.3.2 Temperatura del motor.	54
2.4.3.3 Temperatura del aire de admisión.	55
2.4.3.4 Hermeticidad de la cámara de combustión.	55
2.4.3.5 Velocidad de rotación durante el arranque.	55
2.4.3.6 Calidad de la inyección.	56
2.5 CONSIDERACIONES SOBRE EL AUTOENCENDIDO EN EL ARRANQUE EN FRÍO.	56
2.5.1 El inicio de la combustión en un MEC.	56
2.5.2 Sistemas de ayuda de arranque para motores diesel.	59
2.5.2.1 Bujías de Pre calentamiento.	60
2.5.2.1.1 Bujías de resistencia desnuda.	61
2.5.2.1.2 Bujías de resistencia cubierta.	63
2.5.2.1.3 Bujía de espiga incandescente.	64
2.5.2.2 Calentamiento del aire de admisión.	66
<u>CAPÍTULO 3. CAMPOS ACÚSTICOS Y TRANSMISIÓN DE CALOR</u>	
3.1 INTRODUCCIÓN.	70
3.2 TRANSMISIÓN DE CALOR.	71
3.3 ONDAS SONORAS.	72
3.4 MAGNITUDES FÍSICAS DEL SONIDO.	73
3.4.1 Frecuencia y Período.	73
3.4.2 Fase.	74
3.4.3 Longitud de Onda.	75
3.4.4 Amplitud de Onda.	75
3.4.5 Potencia sonora y nivel de potencia sonora.	76
3.5 CARACTERÍSTICAS O CUALIDADES DEL SONIDO.	76
3.5.1 Tono.	76
3.5.2 Intensidad sonora y nivel de intensidad sonora.	76
3.5.3 Timbre.	77

3.6 OTROS CONCEPTOS RELACIONADOS CON EL SONIDO.	77
3.6.1 Velocidad del sonido.	77
3.6.2 Decibelios.	78
3.6.3 Presión sonora y nivel de presión sonora.	79
3.7 REFLEXIÓN Y TRANSMISIÓN DE ONDAS.	79

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA MAQUETA Y DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

4.1 INSTALACIÓN EXPERIMENTAL.	84
4.1.1 Introducción.	84
4.1.2. Características de la instalación.	85
4.1.3 Funcionamiento de la instalación.	85
4.1.4 Elementos principales del Banco de Flujo estacionario.	88
4.1.5. Descripción de los elementos para la realización de los ensayos.	98
4.1.5.1. Placas.	98
4.1.4.2. Elementos auxiliares.	98
4.1.5 Montaje de geometrías.	99
4.1.6. Rutina de medida.	100
4.2 MAQUETA.	103
4.2.1 Introducción.	103
4.2.2 Descripción.	103
4.3 INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE MEDIDAS.	107
4.3.1 Introducción.	107
4.3.2 Instrumentación para la medida de la temperatura.	107
4.3.2.1 Termoresistencias.	107
4.3.2.2 Termopares.	109
4.4 INSTRUMENTACIÓN DE LA MAQUETA.	111
4.4.1 Data Logger.	112
4.4.2 Sistema informático.	113
4.4.3 Calentador.	113
4.5 INSTRUMENTACIÓN PARA LA MEDIDA DEL RUIDO.	114

4.5.1 Micrófonos.	114
4.5.1.1 Características del micrófono tipo 4935.	115
4.5.2 Amplificador y altavoz.	116
4.5.3 Sistema pulse.	117
4.5.3.1 Hardware del sistema Pulse.	118
4.5.3.2 Software del sistema Pulse.	122
4.5.3.3 Equipo de calibración.	123
4.5.3.4 Pistófono tipo 4228.	124
4.5.3.5 Barómetro corrector.	124
4.5.4 Fuente de ruido blanco.	125

CAPÍTULO 5. ENSAYOS EXPERIMENTALES

5.1 CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA.	128
5.1.1 Geometría 1: Con Resistencia.	128
5.1.2 Geometría 1: Sin Resistencia.	132
5.1.3 Geometría 2: Con Resistencia.	133
5.1.4 Caracterización en el banco de flujo.	134
5.1.4.1 Ensayos con flujo de aire.	134
5.1.4.2 Ensayos con Aire y Ruido.	135
5.2 ENSAYOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO.	135

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

6.1 CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA.	141
6.1.1 Coherencia.	141
6.2 ENSAYOS EN BANCO DE FLUJO	151
6.2.1 Ensayos solo con flujo de Aire (Solo Aire).	151
6.2.2 Ensayos con flujo de Aire y Ruido (Aire y Ruido).	153
6.2.3 Medidas del comportamiento de la temperatura del flujo de aire.	160
6.3 CONCLUSIONES.	163

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.

7.1 CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.

166

CAPÍTULO 1:
INTRODUCCIÓN

ÍNDICE CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN.	20
1.2 OBJETO DEL PROYECTO.	21
1.3 ANTECEDENTES.	22
1.4 JUSTIFICACIÓN.	23
1.5 VIABILIDAD.	23
1.6 DESARROLLO.	24

1.1 INTRODUCCIÓN.

El arranque en frío de un motor es una condición particular de funcionamiento del mismo, la cual depende del tiempo requerido para que se inicie un proceso de combustión estable en los cilindros que lo integran.

En el proceso de combustión de un motor de encendido por compresión la primera fase se conoce como Tiempo de retraso, que es el tiempo transcurrido desde que comienza la inyección hasta el inicio de la combustión. En los motores de inyección directa este intervalo temporal está comprendido entre el levantamiento de aguja del inyector y el brusco incremento en el registro de presión del motor. Este retraso debe ser lo suficientemente largo para que, cuando se produzca la autoinflamación, haya un volumen apreciable de combustible gasificado y bien mezclado con el aire.

Si bien el retraso depende de varios factores tales como la presión de inyección, la geometría del inyector y la cámara de combustión o el patrón de flujo, básicamente se puede afirmar que los parámetros que, en mayor medida, definen el tiempo de retraso son la composición de combustible, la presión y **la temperatura en el interior de la cámara de combustión**. Por tanto, para un determinado combustible, el tiempo de retraso es función casi exclusivamente de la temperatura, puesto que la influencia de la presión es relativamente pequeña en comparación a la de otros parámetros. Así, el inicio del proceso de combustión en el arranque en frío viene determinado principalmente por la temperatura máxima en el interior del cilindro durante la carrera de compresión. Sin embargo las bajas temperaturas del motor dificultan la consecución de tiempos de retraso adecuados, por lo que se requiere la instalación de dispositivos auxiliares de arranque en frío.

Actualmente, la totalidad de los vehículos automóviles dedicados al transporte de pasajeros y mercancías ligeras, equipados con motores diesel de inyección directa, están dotados de un sistema de arranque en frío integrado por bujías de precalentamiento o por bujías de espiga incandescente, cuyo funcionamiento se explicará más adelante.

El análisis que se realizará a continuación estará centrado en los efectos de determinados campos acústicos en un sistema auxiliar de arranque en frío basado en el calentamiento del aire de admisión, y el estudio de cómo éstos pueden influir en la transmisión de calor entre dicho sistema auxiliar y el aire de admisión en las condiciones de arranque del motor, mejorando su funcionamiento y eficacia.

1.2 OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente proyecto es estudiar el potencial de mejora de la eficiencia de los calentadores de aire de admisión mediante la presencia de ondas acústicas, y la influencia de éstas en la transmisión de calor.

En el montaje de esta instalación se tendrán presentes los siguientes requisitos:

- **Fiabilidad y seguridad.** Cuando se completa una instalación, con el fin de llevar a cabo unos ensayos destinados a la investigación, lo deseable es que dicha instalación funcione correctamente, ya que en caso contrario se sumarían problemas a los ya existentes al mero hecho de investigar. Además, la presencia de un mal comportamiento en la instalación dificulta mucho la interpretación de los resultados de los ensayos, con la consecuente pérdida de tiempo.

Para conseguir un alto nivel de fiabilidad en la instalación, se cuidará la calidad de los materiales empleados, así como los métodos usados para el mecanizado y montaje de los elementos utilizados.

Otro factor importante a tener en cuenta es seguir las normas de seguridad. Para ello se realizará un monitorizado de la instalación totalmente exterior a la sala de ensayos, con el fin de reducir el riesgo de accidentes.

- **Precisión.** Para obtener un elevado grado de precisión, necesario para la obtención de medidas satisfactorias, se debe tener especial cuidado en la selección y montaje de los distintos elementos de medida de parámetros y variables de funcionamiento, además será un factor determinante el calibrado de los equipos de medida.

- **Repetitividad.** El hecho de poder controlar las condiciones del ensayo y lograr una estabilidad en los puntos de funcionamiento, es muy importante a la hora de llevar a cabo cualquier tipo de ensayos, ya que es la única forma de garantizar la repetitividad de las mismas y la constancia de los resultados. Frecuentemente al realizar ensayos variamos una sola magnitud, manteniendo constantes todas las demás, con el fin de comparar posteriormente los resultados obtenidos. Esto sería realmente complicado sino nos fuera posible cada vez reproducir las condiciones iniciales.

- **Controlabilidad.** No sólo es importante conocer en todo momento la situación y valor de los distintos parámetros por medio de la instrumentación necesaria, además es necesario tener un control sobre los parámetros que intervienen en el ensayo, esto es posible gracias a la regulación.

- **Fácil accesibilidad a todos los elementos.** Debido a la gran variedad de ensayos que se pueden llegar a realizar sobre esta instalación, la fácil accesibilidad a los elementos de la misma deberá estar garantizada para asegurar una rápida actuación.

1.3 ANTECEDENTES.

El Departamento de Máquinas y Motores Térmicos (CMT-Motores Térmicos), a lo largo de sus más de 30 años de trabajo, ha realizado numerosos estudios dirigidos a investigar los procesos termo-fluido-dinámicos de los motores de combustión interna alternativos (MCIA). Muchos de estos proyectos de investigación se han emprendido en colaboración con prestigiosas empresas vinculadas directa o indirectamente con los MCIA tales como: Renault Vehículos Industriales, Renault Automóviles, Grupo PSA (Peugeot-Citröen), Nissan, Derbi, ECIA, Iveco, Repsol, RENFE y la EMT de Valencia. La colaboración con estas empresas se ha realizado tanto mediante convenios bilaterales como dentro de proyectos institucionales a nivel nacional y europeo.

La estructura de investigación del CMT ha evolucionado siguiendo dos objetivos: el primero, elevar el nivel de conocimiento y la eficiencia científica, y el segundo, incrementar la capacidad productiva del grupo de investigación. En estos momentos el grupo CMT está estructurado en las siguientes líneas de trabajo:

- Renovación de la carga.
- Gestión Térmica.
- Inyección.
- Combustión.
- Ruido.
- Técnicas ópticas.
- Ingeniería y Laboratorio

Aunque la línea de Gestión térmica es en la que se lleva a cabo el estudio realizado en este proyecto, se ha trabajado junto a la línea de Ruido para desarrollar las ideas formuladas respecto a los medios acústicos a utilizar, empleando instalaciones, software, bibliografía y experiencia personal aportados por ésta para el correcto desarrollo de los ensayos y de su análisis.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

Se ha documentado que la presencia de ondas acústicas puede influir sobre la transferencia de calor, a través de las modificaciones producidas por las ondas en la capa límite. Esta opción presenta a priori ventajas sobre otras formas de mejora de la transferencia de calor, como la corrugación de superficies, ya que su influencia sobre la pérdida de carga es menor y el requerimiento energético es marginal comparado con el del calentador mismo.

Se pretende por ello estudiar el potencial de mejora de la eficiencia de los calentadores de aire de admisión mediante este procedimiento.

1.5 VIABILIDAD.

La ejecución de este proyecto siempre fue viable en todos sus aspectos, técnicos, humanos y económicos.

Los recursos humanos tenían como aval, la experiencia de más de tres décadas dedicada a investigar los MCIAs, período en que se han formado un gran número de profesores, ingenieros, investigadores, técnicos y operarios que constituyen la potencia científica-técnica del instituto CMT.

En la mayoría de los casos, el equipamiento necesario para el desarrollo del proyecto estaba disponible en el laboratorio y el resto se adquirió durante la realización del mismo, sin que esto afectara el cumplimiento de los plazos previstos para cada etapa. Es necesario resaltar que todos los equipos e instrumentos utilizados en el proyecto, contaban con la garantía de calidad que requería cada una de las tareas realizadas en el mismo.

Los recursos económicos necesarios para la ejecución, estaban garantizados por el presupuesto establecido para proyectos internos de investigación del instituto CMT-Motores Térmicos de la Universidad Politécnica de Valencia.

1.6 DESARROLLO.

Este proyecto consta de los siguientes documentos:

- Memoria.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto.

En la memoria se describe la instalación, las mejoras realizadas en ésta, el desarrollo de las investigaciones y los resultados obtenidos, por lo que se ha estructurado en los siguientes capítulos:

Capítulo Primero: Se introduce cual es el objeto del proyecto, cuales son las circunstancias que lo motivan, y con que medios se cuenta para llevarlo a cabo.

Capítulo Segundo: Se hace una pequeña introducción al fundamento teórico del proyecto. Se divide principalmente en dos apartados: Uno hace referencia a los Motores

de Encendido por Compresión (MEC) y sus particularidades. El otro apartado hace referencia al fenómeno principalmente estudiado en este proyecto, el proceso de arranque en frío en MCIA, donde se comentarán los elementos y las condiciones en las que se lleva a cabo y se hace énfasis en diversos sistemas de ayuda de arranque.

Capítulo Tercero: En este capítulo se describen las características básicas del sonido y se exponen diversos estudios y ensayos realizados sobre la relación entre la transmisión de calor y determinados campos acústicos.

Capítulo Cuarto: Se dan todos los detalles sobre el diseño de la maqueta sobre la que se realizan los ensayos experimentales, la instalación utilizada y los diferentes transductores y equipos de adquisición que se han utilizado para realizar las medidas de temperatura y sonido.

Capítulo Quinto: Aquí se describe la metodología de ensayo y toma de datos, además del plan de ensayos seguido.

Capítulo Sexto: Se exponen los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se ha llegado a partir de éstos.

Capítulo Séptimo: En este punto se presentan las conclusiones sobre el proyecto llevado a cabo así como posibles mejoras e investigaciones futuras.

En el Pliego de Condiciones se detallan las condiciones técnicas y de seguridad e higiene y se marcan las pautas a cumplir para el ensayo en este tipo de instalaciones.

En el Documento Presupuesto se estudian los costes asociados a la realización del presente proyecto, detallando los presupuestos parciales de los diferentes recursos humanos y materiales que han intervenido en la realización del proyecto y que se dividen en:

- Presupuesto parcial de mano de obra.
- Presupuesto parcial de amortización de equipos.
- Presupuesto parcial de costes adicionales.

En el último apartado se resume el presupuesto global del proyecto, suma total de los presupuestos parciales junto con los correspondientes términos de gastos no justificables e IVA.



Figura 1 Edificio departamental.

CAPÍTULO 2:
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS
MCIA

ÍNDICE CAPÍTULO 2

2.1 INTRODUCCIÓN A LOS MCIA.	30
2.2 GENERALIDADES DE LOS MEC.	30
2.2.1 Funcionamiento de los MEC.	32
2.2.2 El proceso de renovación de la carga.	38
2.2.3 Rendimiento volumétrico.	40
2.3 TRASMISION DE CALOR EN LOS MCIA.	41
2.3.1 Introducción.	41
2.3.2 Modos de transmisión de calor.	42
2.3.2.1 Conducción.	42
2.3.2.2 Convección.	43
2.3.2.3 Radiación.	44
2.3.3 Ecuaciones Semi-empiricas para determinar el calor transmitido.	45
2.3.3.1 Ecuación de Eichelberg.	45
2.3.3.2 Ecuación de Woschni.	46
2.3.3.2 Ecuación de Taylor y Toong.	48
2.3.3.4 Balance energético.	49
2.4 EL ARRANQUE EN LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN.	51
2.4.1 Introducción.	51
2.4.2 Facilidad de inflamación.	52
2.4.3 Temperatura del aire.	52
2.4.3.1 Forma de la cámara de combustión.	52
2.4.3.2 Temperatura del motor.	53
2.4.3.3 Temperatura del aire de admisión.	53
2.4.3.4 Hermeticidad de la cámara de combustión.	54
2.4.3.5 Velocidad de rotación durante el arranque.	54
2.4.3.6 Calidad de la inyección.	54

2.5 CONSIDERACIONES SOBRE EL AUTOENCENDIDO EN EL ARRANQUE EN FRÍO.	54
2.5.1 El inicio de la combustión en un MEC.	54
2.5.2 Sistemas de ayuda de arranque para motores diesel.	58
2.5.2.1 Bujías de Precalentamiento.	59
2.5.2.1.1 Bujías de resistencia desnuda.	60
2.5.2.1.2 Bujías de resistencia cubierta.	61
2.5.2.1.3 Bujía de espiga incandescente.	62
2.5.2.2 Calentamiento del aire de admisión.	65

2.1 INTRODUCCIÓN A LOS MCIA.

El motor de combustión interna se puede definir como el conjunto de elementos mecánicos que permite obtener energía mecánica a partir del estado térmico del fluido compresible que lo atraviesa, obtenido por un proceso de combustión que tiene lugar en el propio seno del fluido. Si el fluido operante en la máquina se expande en una cámara estanca de volumen variable, produciendo el desplazamiento lineal alternativo de un émbolo, y mediante un mecanismo biela-manivela es transformado en movimiento de rotación de un eje, entonces estamos en presencia de un **Motor de Combustión Interna Alternativo (MCIA)**.

Estos motores se han desarrollado de una manera muy amplia, gracias a una serie de características, como son la posibilidad de utilizar combustibles líquidos de elevado poder calorífico condicionando la autonomía del mismo, o la de poseer aceptables rendimientos térmicos y tener un campo de potencia grande, que en la actualidad va de 0,1 kW a 32 MW.

Las principales clasificaciones se realizan según sea el proceso de combustión o según el modo de realizar el ciclo. Según la primera los motores pueden ser de encendido provocado (MEP) o de encendido por compresión (MEC). El motor MEP o de OTTO se basa en la inflamación por un frente de llama, producido por una chispa, de una mezcla de aire y combustible comprimida. Los MEC o de DIESEL son aquellos en los que se comprime fuertemente una masa de aire hasta tal punto que garantice la auto inflamación al inyectar el combustible.

2.2 GENERALIDADES DE LOS MEC.

Desde 1930 los motores de encendido por compresión (MEC) han tenido una aplicación cada vez mayor en el automovilismo. Aunque inicialmente fueron empleados en vehículos industriales y hasta mediados de los 60 no apareció el primer turismo con

MEC, hoy en día su uso se ha generalizado al disponer de una serie de ventajas frente a sus competidores los motores de encendido provocado (MEP), las cuales son:

- Alto rendimiento.
- Combustible más económico.
- Reducida emisión de contaminantes.

Sin embargo presentan las siguientes desventajas:

- Baja potencia específica.
- Ruido mecánico elevado.
- Elevada emisión de partículas sólidas y NO_x (óxidos de nitrógeno).

El combustible empleado en un MEC es el gasóleo, producto más denso que la gasolina y que tiene algo más de poder calorífico para el mismo volumen. Ha sido creencia vulgar durante mucho tiempo que el gasóleo era un combustible de clase inferior, más basto que la gasolina, siendo la realidad presente más bien la contraria. El gasoil no sólo es un producto refinado sino que ha de estar muy bien filtrado, pues las impurezas físicas más pequeñas perturban el funcionamiento del equipo de inyección, contruidos con ajustes del orden de la milésima de milímetro para poder inyectar a una gran presión unos milímetros cúbicos de combustible, miles de veces por minuto.

Por todo ello, se deduce que el gasóleo ha de cumplir requisitos más exigentes que la gasolina, pues así como a ésta se la puede corregir fácilmente para hacerla antidetonante, pasa lo contrario con el gasóleo, para el que todavía no se ha encontrado ningún producto práctico pre detonante que añadirle.

La tendencia a la auto inflamación se mide por el número de cetano (NC). Cuanto mayor es el NC, mayor es la tendencia al autoencendido del gasoil.

Así, las características del gasoil son:

- No debe contener más de 1% de azufre.
- Su poder calorífico es de 42000 kJ / kg.

- Al tener que ser muy volátil, su curva de destilación debe estar entre los 200 y 370°C.
- El NC debe estar entre 40 y 70.
- Tener un punto de congelación que permita utilizarlo a baja temperatura ambiente.
- Tener cierto poder lubricante.

2.2.1 Funcionamiento de los MEC.

Los motores de encendido por compresión (Diesel) utilizan el calor de un proceso de combustión para impulsar un pistón, pero sin necesidad de chispa como en un motor de encendido provocado. En lugar de ello el combustible, vaporizado, se inyecta y entra en contacto con aire calentado hasta una temperatura suficiente para que aquél arda por sí mismo. Los motores de encendido por compresión emplean aceites pesados (gasoil) en lugar de gasolina que, además, servirá para lubricar el funcionamiento del aparato de inyección, el cual necesita presiones muy altas para pulverizar un combustible tan viscoso.

Otra de las diferencias entre MEP y MEC es la regulación de la carga, que mientras en los MEP es cuantitativa (más o menos mezcla de parecida composición), en los MEC es cualitativa (se inyecta más o menos combustible variando la relación aire combustible) con lo que la mezcla puede ser más rica o más pobre.

→Esta relación recibe el nombre de dosado:

$$F = m_{\text{fuel}} / m_{\text{aire}}$$

→Si esta relación es para una reacción estequiométrica, se denomina dosado estequiométrico:

$$F = (m_f / m_a)_e$$

→Siendo el cociente entre ambos dosados el dosado relativo y según sea este valor

$F_r < 1$ → mezcla pobre.

$F_r = 1$ → mezcla estequiométrica.

$F_r > 1$ → mezcla rica.

Los MEP trabajan usualmente con $F_r \approx 1$ mientras que los MEC lo hacen con mezclas globalmente pobres por las dificultades que tienen estos motores para formar la mezcla.

Entre los principales parámetros que intervienen en los diferentes procesos de funcionamiento del motor se encuentran entre otros: La cilindrada del motor, que viene dado por el número de cilindros, el diámetro de la camisa o cámara de combustión y la carrera del vástago.

$$V_{\text{total}} = Z \cdot A_d$$

Z → Número de cilindros.

V_d → Cilindrada unitaria → $V_d = A_d \cdot S$

D → Diámetro de la cámara.

S → Carrera

S/D → Relación carrera diámetro

A_p → Área del pistón → $A_d = (\pi \cdot D^2 / 4)$

Otra característica importante es el número de revoluciones por minuto o régimen de giro (n).

Un valor a tener en cuenta en el funcionamiento del motor es la potencia, tanto indicada como efectiva, que vendrá determinada por las presiones medias. Los valores indicados se obtienen de la suma de los efectivos (lo que obtenemos en el eje del cigüeñal), más las pérdidas mecánicas.

$$N_i = p_{mi} \cdot V_d \cdot Z \cdot n \qquad N_e = N_i - N_{pm}$$

Dentro de las pérdidas mecánicas se puede encontrar un conjunto de pérdidas que integran la diferencia expuesta en el párrafo anterior entre indicada y efectiva. Pudiendo sub-clasificar estas pérdidas en cuatro grandes grupos:

- Pérdidas por fricción: Debidas al rozamiento entre los diversos órganos móviles del motor.
- Pérdidas de bombeo: Aquellas que tienen lugar durante el proceso de renovación de la carga, es decir, es el trabajo realizado por el émbolo contra los gases para realizar los procesos de escape y de admisión.
- Pérdidas de accionamiento auxiliares: Debidas a la potencia absorbida para accionar los diversos elementos auxiliares del motor como son: bomba de aceite, bomba de agua, ventilador, etc....
- Pérdidas de accionamiento compresor: Potencia absorbida por la bomba de barrido en motores de 2 tiempos o compresores de accionamiento mecánico. Por lo que es cero para los turbo sobrealimentados.

La reducción de estas pérdidas incide directamente en el aumento del rendimiento mecánico, mientras que para mejorar el rendimiento indicado del motor se deberán trabajar los parámetros que influyen en el ciclo termodinámico del motor.

Desde del punto de vista de la potencia del motor es interesante el estudio de la renovación de la carga, teniendo en cuenta las definiciones anteriormente enunciadas.

En la actualidad, no cabe esperar mejoras importantes en el rendimiento efectivo de los motores a plena carga. Por otra parte el dosado máximo admisible está limitado por las características de los humos de escape, por lo tanto la potencia a plena carga del motor es prácticamente proporcional al gasto másico de aire.

Para llevar a cabo el análisis general del proceso de renovación de la carga, se definen varios coeficientes de los cuales el más usado es el rendimiento volumétrico.

Ciclo de trabajo.

El MEC de cuatro tiempos posee un ciclo que se corresponde con cuatro carreras del émbolo. Cada una de estas carreras ocupa 180° de giro del cigüeñal. Estos cuatro tiempos son: Admisión, compresión, combustión y escape.

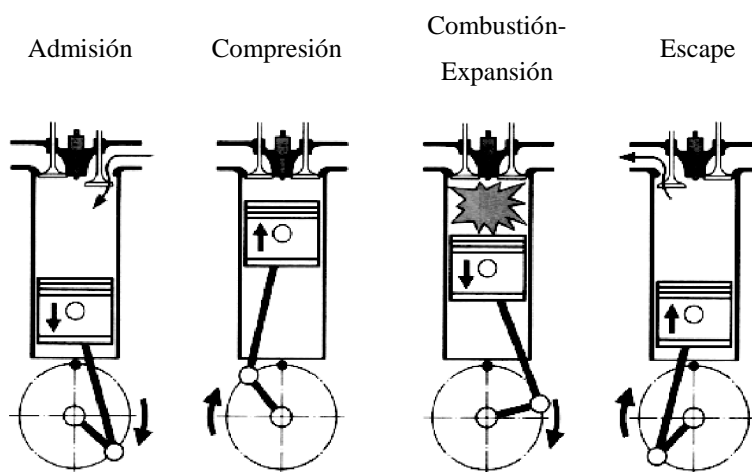


Figura 2.1 Ciclo de un MEC de cuatro tiempos

- 1ª media vuelta: **Admisión**. Durante esta carrera la válvula de admisión permanece abierta mientras el pistón realiza el movimiento desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI), provocando una depresión debido al aumento de volumen que se experimenta. Esta depresión hace que entre aire por la válvula y ocupe "la totalidad" del cilindro.

- 2ª media vuelta: **Compresión.** Al comienzo de este tiempo la válvula de admisión se cierra. El pistón realiza la carrera desde el PMI al PMS comprimiendo fuertemente el aire que se ha admitido en el tiempo anterior, quedando finalmente confinado en el volumen de la cámara de combustión. Debido a que la compresión ocurre de forma casi adiabática, el aire comprimido se calienta de modo que experimenta un aumento de temperatura, lo que hace que al final de este tiempo se alcance una densidad entre 30 y 35 kg/m³ y una temperatura de 500°C.
- 3ª media vuelta: **Combustión-Expansión.** Al final de la compresión, el inyector introduce en la cámara de combustión una cierta cantidad de combustible pulverizado, debido a la alta presión con que es inyectado, que al entrar en contacto con el aire caliente se inflama espontáneamente. Desde el punto de vista físico-químico la combustión se realiza en tres fases bien diferenciadas, como se verá en el apartado siguiente. Esta combustión provoca un elevado incremento de presión, que obliga al pistón a moverse desde el PMS al PMI produciendo trabajo. Antes de que el pistón alcance el PMI se inicia la apertura de la válvula de escape, iniciándose el llamado escape espontáneo originado por la elevada presión de los gases quemados respecto a la atmósfera.
- 4ª media vuelta: **Escape.** Al llegar el pistón al PMI, comienza a realizar su movimiento desde éste al PMS. Al encontrarse la válvula de escape abierta, el pistón empuja los gases quemados que se encuentran en el interior del cilindro hacia el exterior. Este proceso es lo que se conoce como escape inducido.

Antes de que el pistón alcance el PMS, la válvula de admisión se abre, cerrándose la válvula de escape cuando el pistón inicia la carrera de admisión, dando comienzo un nuevo ciclo. Al proceso que engloba el primer y cuarto tiempo (admisión y escape) se le conoce como renovación de la carga, ya que en ellos se desechan los residuos de la combustión del ciclo anterior y se introduce aire limpio para el ciclo siguiente.

Diagrama de distribución.

Por los fenómenos de compresibilidad e inercia del fluido, así como por las ondas de presión reflejadas de los fluidos que circulan por el motor, no se pueden abrir

y cerrar las válvulas exactamente en los puntos muertos, ya que no se optimizaría el funcionamiento del motor. Además, por problemas tecnológicos las aperturas y cierres no pueden producirse instantáneamente.

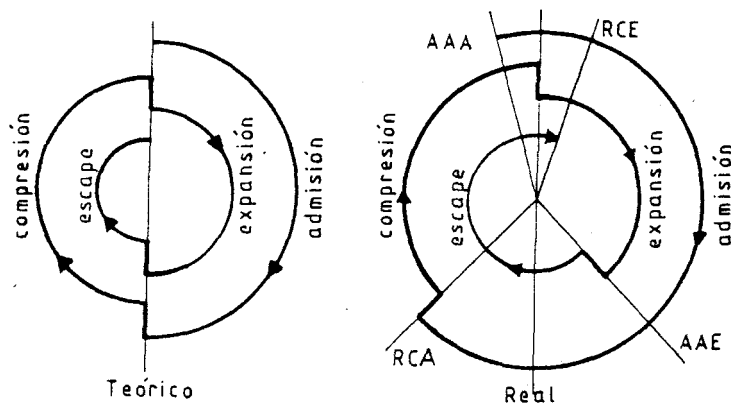


Figura 2.2 Avance y retraso de la apertura y cierre de las válvulas.

Es decir, básicamente cuando se abre una válvula de admisión se produce una onda de depresión que recorre todo el sistema de admisión volviendo como una onda reflejada de presión que introducirá más aire en la cámara si la válvula continúa abierta.

Y lo mismo ocurrirá con las válvulas de escape pero a la inversa. Ya que al abrir una válvula de escape los gases quemados saldrán como una onda de presión recorriendo todo el sistema de extracción hasta llegar al silencioso; que la devolverá como una onda de depresión (por debajo de la presión atmosférica), la cual al llegar a la válvula, si está abierta sacará más gas o más rápido si es en el ciclo siguiente.

Por estos motivos los colectores y tubos de ambos sistemas deben tener unas geometrías muy determinadas para favorecer la renovación de la carga. Como por ejemplo las longitudes, ya que según éstas, las ondas tardarán más o menos en recorrerlos y, por lo tanto, quedarán fijadas por el tiempo de apertura y cierre de las válvulas o a la inversa siendo estas las fijadas por las primeras.

Hay otros factores que también tienen influencia, como el régimen de giro del motor, del cual dependerá el decalaje de avance de apertura y retraso al cierre de válvulas con los puntos muertos.

2.2.2 El proceso de renovación de la carga.

La evolución del fluido en los motores de combustión interna alternativos es básicamente: admisión del fluido en el cilindro, compresión del mismo, combustión y expansión, y por último, expulsión o escape de los productos quemados.

La admisión y el escape son las fases que llamamos proceso de renovación de la carga, es decir, es el proceso por el cual tiene lugar la sustitución de los productos quemados por mezcla sin quemar con el fin de repetir el proceso termodinámico que tiene lugar en el motor. En los motores de encendido por compresión (MEC), en lugar de mezcla fresca, únicamente se admite aire.

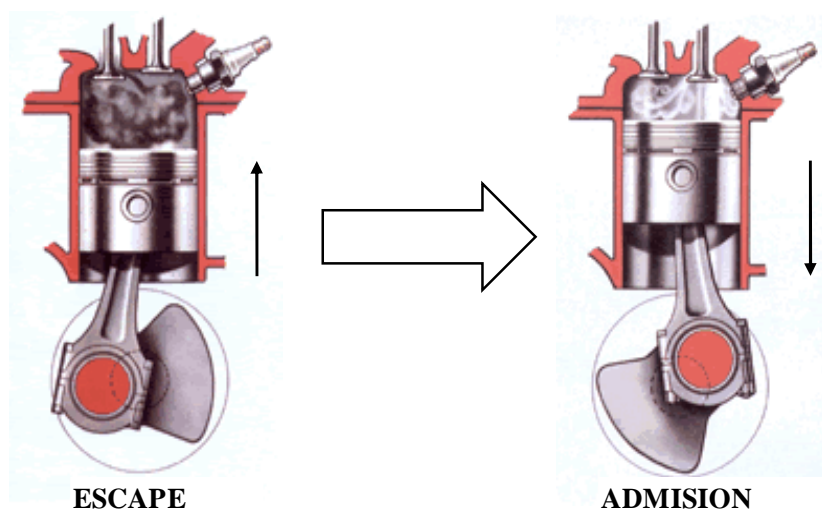


Figura 2.3 Escape y Admisión

Los motores de 4 tiempos se encargan de llevar a cabo este proceso durante dos de las cuatro carreras que componen un ciclo de funcionamiento. El proceso de vaciado de los gases quemados del cilindro, lo realiza el pistón cuando asciende desde el punto muerto inferior (PMI) al punto muerto superior (PMS). No todos los gases de escape son evacuados por el empuje del pistón (escape inducido); al final de la carrera de expansión y al principio de la carrera de escape existe una gran presión dentro del cilindro, por lo que los gases quemados salen por la alta diferencia de presiones. A este

periodo del escape donde los gases salen sin la ayuda del pistón se le conoce como “escape espontáneo”, para lograrlo es necesario abrir la válvula de escape durante la etapa final de la carrera de expansión.

El llenado de los cilindros ocurre en la siguiente carrera descendente del pistón, que va desde el PMS al PMI. El pistón, en su carrera descendente, succiona los gases frescos procedentes del colector de admisión.

El interés que presenta el estudio de la renovación de la carga puede ponerse de manifiesto en primer lugar desde el punto de vista de la potencia del motor. La potencia tiene como expresión:

$$N_e = m_f \cdot H_c \cdot \eta_e = m_a \cdot F \cdot H_c \cdot \eta_e$$

Siendo:

m_f → Gasto másico del fluido.

H_c → Poder calorífico inferior

η_e → Rendimiento efectivo.

m_a → Gasto másico del aire.

F → Dosado absoluto.

En el estado actual de la técnica, no podemos esperar mejoras importantes en el rendimiento efectivo de los motores a plena carga. Por otra parte, el dosado máximo en los MEC viene limitado por la cantidad de partículas de los humos en el escape. Por tanto, la potencia a plena carga del motor es prácticamente proporcional a la masa de aire admitida por unidad de tiempo. (Si $F=cte.$)

En ambos procesos, escape y admisión, las ondas producidas por la variación de presión en el cilindro mientras las válvulas están abiertas, tienen una gran importancia en el proceso de renovación de la carga.

2.2.3 Rendimiento volumétrico.

Se define como la relación entre la masa de mezcla fresca que entra en el motor por ciclo y la que llenaría la cilindrada en unas condiciones de referencia.

Como los motores alternativos son motores de desplazamiento positivo, la masa de aire admitida por unidad de tiempo es proporcional a la cilindrada, al régimen de giro y a la densidad del fluido, en algún punto característico del sistema de admisión.

$$\eta_v = \frac{1}{C} \frac{m_a}{(V_t * \rho_{ia} * n * i)}$$

Siendo:

ρ_{ia} → Densidad del aire seco a la presión y temperatura de referencia.

C → Relación entre el volumen ocupado por el aire y el ocupado por la mezcla

admitida.

i → Número de ciclos por revolución.

n → Régimen (Velocidad angular a la que gira el cigüeñal).

Como se ha podido ver en esta explicación, el proceso de renovación de la carga no puede ser el ideal. Confirmado esto cabe decir que el proceso no es adiabático, ya que se produce una transferencia de calor entre la cámara de combustión, los metales y el líquido refrigerante.

Por tanto, los factores de funcionamiento más importantes que afectan al rendimiento volumétrico en los MEC son:

- Condiciones operativas esenciales:

- Régimen de giro.
- Grado de admisión (sólo en los MEP.).

- Condiciones operativas ambientales:
 - Presión exterior (despreciable).
 - Temperatura exterior.
 - Humedad (despreciable).

- Reglajes:
 - Relación combustible - aire.
 - Temperatura del agua.

- Otros: Vaporización del combustible (solo en los MEP.).

- Sección de paso de las válvulas y forma de las mismas.
- Colector de admisión y número de cilindros.
- Relación carrera - diámetro.
- Diagrama de distribución.

2.3 TRASMISION DE CALOR EN LOS MCIA.

2.3.1 Introducción.

La refrigeración de los MCIA no viene impuesta por razones termodinámicas, siendo deseable, desde este punto de vista, que la evolución del fluido en el motor sea adiabática. La transmisión de calor al medio refrigerante, que se conceptúa como una pérdida, viene impuesta por exigencias de tipo mecánico, es decir, por la necesidad de mantener acotada la temperatura de diversos elementos del motor compatible con una correcta lubricación, dilataciones moderadas, etc.

A título indicativo cabe señalar las temperaturas medias que se pueden alcanzar en condiciones normales en las caras internas de las principales piezas del motor:

Cilindro.....	150°C
Centro del pistón.....	360°C
Culata.....	300°C
Válvula de escape.....	700°C
Segmentos.....	250°C

Estos valores son simplemente orientativos y depende del tamaño del motor y de las condiciones operativas.

Aunque la refrigeración viene obligada por las razones antes señaladas, lleva consigo las correspondientes pérdidas de calor con la consiguiente influencia negativa sobre el rendimiento. Conviene recordar al respecto que las pérdidas de calor repercuten en mayor o menor cuantía sobre el rendimiento, según el punto de la evolución en que tienen lugar. Se comprende fácilmente que las pérdidas de calor que se producen en la proximidad del punto muerto superior afectan más al rendimiento que las que tienen lugar, por ejemplo, al final de la expansión, mientras las que se producen durante el proceso de escape no tienen influencia sobre el rendimiento.

2.3.2 Modos de transmisión de calor.

2.3.2.1 Conducción.

La conducción es el único mecanismo de transmisión del calor posible en los medios sólidos opacos. Cuando en estos cuerpos existe un gradiente de temperatura en la dirección x , el calor se transmite de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura, siendo el calor transmitido por conducción Q_k , proporcional al gradiente de temperatura dT/dx , y a la superficie A , a través de la cual se transfiere, esto es:

$$Q_k \propto A (dT/dx)$$

Donde T es la temperatura y x la dirección del flujo de calor (no el sentido).

El flujo real de calor depende de la conductividad térmica k , que es una propiedad física del cuerpo, por lo que la ecuación anterior se puede expresar en la forma:

$$Q_k = -k A (dT/dx)$$

En la que si la superficie A de intercambio térmico se expresa en m^2 , la temperatura en Kelvin (K), la distancia x en metros y la transmisión del calor en W , las unidades de k serán $W/m K$. Esta ecuación se conoce como Ley de Fourier.

El calor transmitido por conducción a través de la cara de un cilindro, de las paredes, y del pistón, a través de los segmentos hacia las paredes de los cilindros y a través del bloque motor hacia los colectores, son algunos ejemplos visibles de transmisión de calor por conducción.

2.3.2.2 Convección.

El calor es transmitido a través de fluidos en movimiento. Cuando el movimiento es producido por fuerzas distintas a la de la gravedad, se puede tratar de Convección forzada, que es la que se usa en MCIA.

El calor se transfiere por fuerzas de convección entre los gases del interior del cilindro con las paredes del mismo, la cara superior, las válvulas, y el pistón durante los procesos del ciclo: Admisión, Compresión, Expansión y Escape. El calor es transmitido desde las paredes del cilindro y la cara superior hacia el líquido refrigerante (el cual puede ser un líquido o un gas), y desde el pistón hacia el lubricante o hacia los otros pistones refrigerados. Una sustancial transmisión convectiva de calor ocurre en las válvulas de escape, asiento válvula y colector de escape durante el proceso de

expansión. El calor cedido en el sistema de admisión se usa para incrementar las temperaturas de la carga de entrada al motor. Este calor también es transmitido por el motor hacia el ambiente mediante la convección natural.

En un flujo estable de convección forzada, el flujo de calor q transmitido a la superficie sólida a la temperatura T_w desde una corriente de fluido a temperatura T , se determina con la ley de enfriamiento de Newton:

$$q = h_c \cdot (T - T_w)$$

Donde h_c se denomina el coeficiente de película. Para alguna geometría de flujo, tal como a través de las pipas o los platos de válvula, h_c es dada de la siguiente relación:

$$(h_c \cdot L / k) = \text{cte.} \cdot (\rho \nu L \cdot \mu^{-1})^m \cdot (C_p \cdot \mu \cdot k^{-1})^m$$

Donde L y μ son la longitud y velocidad característica. Los términos de los corchetes son de izquierda a derecha: **Nusselt**, **Reynolds** y **Prandtl**, números adimensionales para el cálculo de transmisión de calor por convección.

2.3.2.3 Radiación.

El calor intercambiado por radiación ocurre a través de la emisión y absorción de ondas electromagnéticas. La longitud de onda de la energía es transformada en energía térmica en un rango visible de $0.4 \mu\text{m}$ a $0.7 \mu\text{m}$. El calor que se transmite por radiación ocurre desde la alta temperatura de los gases de combustión y la zona de llama hacia las paredes de la cámara de combustión, aunque la magnitud de esta radiación de transmisión relativa de calor sobre la transmisión de forma convectiva es solo

significante en motores diesel. El calor transferido por radiación al entorno se produce desde las partes calientes externas del motor.

La teoría de calor transmitido por radiación comienza desde el concepto de **Cuerpo negro**: Es aquel cuerpo que desde la superficie emite o absorbe toda la radiación de todas las longitudes de onda y no deja reflejar, ni escapar ninguna de las radiaciones proyectadas. El flujo calor desde un cuerpo negro a una T_1 hacia otro de T_2 paralelo a éste, se refleja en la ley de **Stefan-Boltzmann**:

$$q = \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

Donde σ es la constante de Stefan Boltzmann, con el valor $5.7 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$. Los cuerpos reales no cumplen las especificaciones de un radiador ideal, sino que emiten radiación con un ritmo inferior al de los cuerpos negros.

Si a una temperatura igual a la de un cuerpo negro emiten una fracción constante de la energía que emitirían considerados como cuerpo negro para cada longitud de onda, se llaman cuerpos grises.

2.3.3 Ecuaciones Semi-empíricas para determinar el calor transmitido.

2.3.3.1 Ecuación de Eichelberg.

Parte, como en la práctica totalidad de las ecuaciones de transmisión de calor en un motor, de una ecuación de tipo convectivo:

$$Q = h_g \cdot (T_g - T_w) \cdot A$$

Donde:

$h_g \rightarrow$ Coeficiente instantáneo de película de gas.

$T_g \rightarrow$ Temperatura media instantánea del gas.

T_w → Temperatura media de las paredes del motor.

A → Superficie expuesta a la transmisión de calor.

Para la determinación del coeficiente de película instantáneo, Eichelberg corrigió empíricamente la ecuación propuesta por Nusselt, aplicable a cámaras esféricas con transmisión de calor debida a convección libre, obteniendo la siguiente expresión:

$$h_g = 7.8 \cdot 10^{-3} \cdot (Cm)^{1/3} \cdot (p)^{1/2} \cdot T_g$$

Donde:

h_g viene dado en $W/m^2 \cdot ^\circ C$

Cm viene dado en m/s

P viene dado por N/m^2

T_g expresado en K

2.3.3.2 Ecuación de Woschni.

La ecuación de Woschni parte de la misma expresión general de transmisión de calor por convección, pero este valor del coeficiente de película se obtiene a partir de la ecuación adimensional de transmisión de calor en conductos, de la forma:

$$Nu = k \cdot Re^{0.8}$$

Donde se utiliza como longitud característica el diámetro del cilindro. A partir de la ecuación anterior realizando una serie de hipótesis, y ajustando los valores experimentales, Woschni propone la ecuación:

$$h_g = 1.3 * 10^{-2} * D^{-0.2} * p^{0.8} * T_g^{-0.53} * \left[C_1 * Cm + C_2 * \frac{Vt * T_{CA}}{P_{CA} * V_{CA}} * (P - P_0) \right]^{0.8}$$

Siendo:

h_g → Coeficiente de película en $W/m^2 \text{ } ^\circ C$

D → Diámetro del cilindro en m.

P → Presión instantánea en N/m^2

T_g → Temperatura instantánea del gas en K.

Cm → Velocidad lineal en m/s

Vt → Volumen desplazado por el embolo en m^3 .

T_{CA} → Temperatura de la carga final de la admisión en K.

p_{CA} → Presión carga final de la admisión en N/m^2

V_{CA} → Volumen al final de la carga de la admisión

p_0 → Presión instantánea con el motor arrastrado en N/m^2

Por otra parte las constantes C_1 y C_2 varían con el tipo de motor y con la fase de trabajo considerada según la siguiente tabla.

Cámara abierta.....	$C_2 = 3.24 \cdot 10^{-03} \text{ m/s} \cdot \text{K}$
Cámara dividida.....	$C_2 = 6.22 \cdot 10^{-03} \text{ m/s} \cdot \text{K}$
Proceso de renovación de la carga.....	$C_1 = 6.18 + 0.417 \text{ Cu} / \text{Cm}$
Compresión y expansión.....	$C_1 = 2.28 + 0.308 \text{ Cu} / \text{Cm}$

El termino **Cu** representa la componente tangencial de la velocidad del gas en la cámara de combustión, que puede medirse en un banco de ensayos estacionarios. Caso de no tener información al respecto puede despreciarse puesto que la influencia porcentual del término es reducida. Analizando la ecuación, se observa que el término comprendido entre los corchetes representa la velocidad media de los gases considerando tanto el movimiento del émbolo como el proceso de combustión.

La ecuación de Woschni es tal vez la ecuación mas utilizada para evaluar las pérdidas de calor en un motor, aunque su exactitud es menor en los MEP que en los MEC, para los que fue desarrollada en el principio.

2.3.3.2 Ecuación de Taylor y Toong.

Las ecuaciones anteriores permiten determinar la cantidad de calor transmitido por unidad de tiempo, e integrando a lo largo del ciclo determinar la cantidad de calor total transmitido por ciclo. Estas ecuaciones son en consecuencia necesarias para realizar cálculos paso a paso de la evolución del fluido en el motor, es decir, para la modelización del proceso de combustión.

La ecuación de Taylor y Toong en cambio está prevista para calcular directamente la cantidad media de calor transmitido por unidad de tiempo al medio refrigerante en función de un coeficiente global de película, y tomando como sección de transmisión la sección del émbolo. La ecuación puede plantearse como:

$$Q_r = h_m \cdot A_p \cdot (T_g - T_r)$$

Siendo:

h_m → Coeficiente global de película

T_g → Temperatura media de un gas a lo largo de un ciclo

T_r → Temperatura media del refrigerante.

Para determinar el valor del coeficiente global de transmisión de calor, los autores de la ecuación correlacionaron el número de Nusselt y el número de Reynolds, ambos definidos respecto al diámetro del motor, para una serie de motores diferentes, encontrando una correlación clara entre ambos, representada en la figura 2.4 y cuya ecuación se expresa como:

$$\text{Nu} = 10.4 \cdot \text{Re}^{0.75}$$

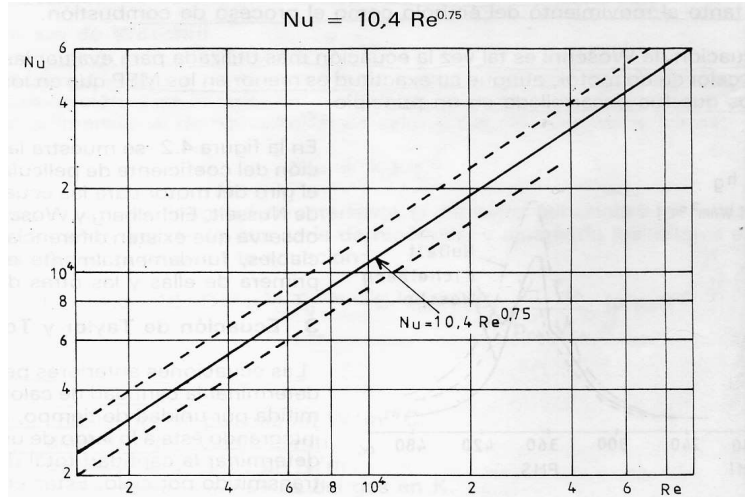


Figura 2.4 correlación entre Nu y Re

$$h_m = 10.4 \cdot (K_g / \mu^{0.75}) \cdot m^{0.75} \cdot D^{-0.25}$$

Siendo:

K_g → conductividad térmica del gas

μ → Viscosidad del gas

m → gasto masico

2.3.3.4 Balance energético.

La ecuación del balance térmico de un motor referida a la unidad de tiempo, puede escribirse como:

$$Q_t = Q_n + Q_r + Q_g + Q_{res} + Q_a + Q_{rad}$$

Siendo:

Q_t → Calor equivalente introducido en el motor debido al combustible.

Q_n → Calor equivalente a la potencia efectiva obtenida del motor.

Q_r → Calor transmitido al refrigerante.

Q_g → Calor equivalente al estado térmico perdido en gases de escape.

Q_{res} → Calor equivalente a la combustión incompleta.

Q_a → Calor transmitido al aceite de lubricación.

Q_{ra} → Calor transmitido por radiación.

El calor disipado en el sistema de refrigeración es debido al calor transmitido en los gases contenidos en el cilindro, pero en parte también es consecuencia del calor generado por fricción entre los diversos órganos móviles del motor.

El aceite cumple también una función refrigerante, disipando una fracción importante del calor generado por fricción, así como una parte de calor de los gases contenidos en el cilindro. Finalmente una fracción reducida de las pérdidas de calor del motor se produce en forma de radiación. De las consideraciones se desprende que realizar un cálculo exacto de todos estos flujos térmicos resulta muy difícil, puesto que son variables con el tipo de motor y las condiciones operativas del mismo.

Finalmente conviene introducir el concepto de mapa térmico del motor, que se obtiene dibujando las líneas de $Q_r / Q_n = \text{cte}$ sobre un diagrama $p_m e - C_m$ del motor.

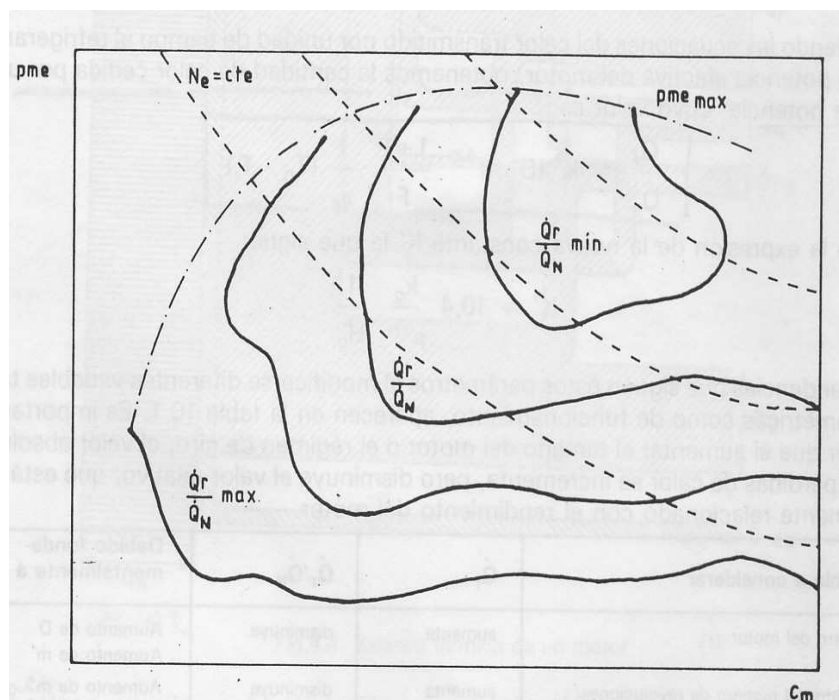


Figura 2.5 Mapa térmico del motor

Estos mapas son de gran utilidad para el diseño del sistema de refrigeración del motor y además suministran información sobre el funcionamiento óptimo en relación a las pérdidas de calor. Las variaciones de Q_r / Q_n en estos gráficos son debidas a las modificaciones del dosado, gasto de aire y rendimiento mecánico que acompañan a la variación de C_m y P_{me} .

2.4 EL ARRANQUE EN LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN.

2.4.1 Introducción.

El arranque de los motores Diesel se produce por la autoinflamación del combustible, inyectado como un aerosol en el cilindro cuando el pistón se acerca al punto muerto superior.

Para garantizar esta autoinflamación el aire en el interior del cilindro al momento de la inyección debe estar lo suficientemente caliente para evaporar el combustible e inflamarlo.

La autoinflamación del combustible en el momento de la inyección está determinada por tres factores básicos:

- Temperatura del aire en el interior del cilindro cuando comienza la inyección.
- Volatilidad y facilidad de inflamado del combustible.
- Calidad de la inyección.

2.4.2 Facilidad de inflamación.

Esta característica del combustible se valora con el Número de Cetano, de forma que a mayor Número de Cetano, mayor tendencia al autoencendido del gasoil.

En los casos de temperaturas exteriores bastante por debajo de 0 grados Celsius el combustible Diesel puede adquirir cierto carácter de gel, lo que impide su adecuado paso por los filtros, no llega a la bomba de inyección e imposibilita el arranque. Aun cuando el combustible no esté gelificado en el tanque, puede hacerlo al ser inyectado en aerosol dentro del cilindro y entrar en contacto con las paredes sumamente frías de la cámara de combustión, generando una combustión ineficiente con la posibilidad de daño potencial a la culata y bujías de precalentamiento del motor.

2.4.3 Temperatura del aire.

En la temperatura final del aire durante la carrera de compresión influyen varios factores entre los que están:

- Forma de la cámara de combustión.
- Temperatura del motor.
- Temperatura del aire de admisión.
- Hermeticidad de la cámara de combustión.
- Velocidad de rotación durante el arranque.

2.4.3.1 Forma de la cámara de combustión.

Durante la carrera de compresión el aire contenido en el cilindro se comprime fuertemente y esta compresión hace que aumente su temperatura. Este aire comprimido está confinado al volumen sobre el pistón y en contacto con las superficies que forman este volumen, de manera que puede transferir parte del calor generado a esas superficies si están mas frías, como es el caso del arranque del motor frío.

Para garantizar las menores pérdidas de calor durante la compresión y así lograr el arranque del motor, la superficie de la cámara de combustión debe ser la menor posible. La utilización de la inyección directa reduce notablemente la superficie de la cámara de combustión con respecto a los motores de cámara separada, y por este motivo, estos motores tienen un arranque en frío mas seguro, pudiendo llegar a arrancar sin grandes dificultades a temperaturas cercanas a los 0 grados Celcius, sin necesidad de dispositivos calentadores, mientras que los motores de inyección indirecta generalmente requieren de dispositivos precalentadores aun en condiciones de temperatura ambiente de mas de 30 grados Celcius.

2.4.3.2 Temperatura del motor.

Resulta evidente que las pérdidas de calor a través de las paredes de la cámara de combustión durante la compresión tratadas en el punto anterior, son mayores a medida que el cuerpo del motor esté mas frío, por eso el arranque del motor que ha permanecido en reposo durante muchas horas se dificulta un tanto mas que el del que está aun caliente por el trabajo previo. Todos los motores Diesel arrancan bien con el motor caliente sin ayuda de elementos precalentadores.

2.4.3.3 Temperatura del aire de admisión.

Cuando el aire de admisión esta muy frío, la temperatura final de este en el momento de la inyección no llega a los valores que se alcanzan con el aire de admisión más cálido. La temperatura final puede no ser suficiente para la inflamación del combustible.

2.4.3.4 Hermeticidad de la cámara de combustión.

Si debido al desgaste por el uso, o alguna avería, se pierde la hermeticidad de la cámara de combustión (mal cierre de las válvulas, anillos desgastados etc.) las fugas del aire de admisión hacen que se reduzca notablemente el volumen de aire comprimido, y con ello su temperatura final, pudiendo llegar a valores tan bajos que imposibilitan el arranque cuando el motor está frío. En casos graves el arranque no se produce aun con el motor caliente.

2.4.3.5 Velocidad de rotación durante el arranque.

Si la velocidad de rotación del motor Diesel es baja durante el arranque, el tiempo de contacto entre el aire en compresión y las paredes de la cámara es muy largo, y por lo tanto las pérdidas de calor a través de las superficies frías de la cámara de combustión se incrementan notablemente, a esto hay que agregarle que las pérdidas de aire por las fugas entre el pistón y el cilindro y por las válvulas se incrementan también, el resultado de estos dos factores negativos puede hacer que la temperatura final del aire en el momento de la inyección no alcance la temperatura suficiente para producir la inflamación del combustible y que el motor no se ponga en marcha.

2.4.3.6 Calidad de la inyección.

Si la presión de apertura o la hermeticidad del inyector no es correcta, las gotas del aerosol de combustibles son más grandes, esto hace que la evaporación y posterior inflamación de éste se dificulte, perjudicando la capacidad de arranque.

2.5 CONSIDERACIONES SOBRE EL AUTOENCENDIDO EN EL ARRANQUE EN FRÍO.

2.5.1 El inicio de la combustión en un MEC.

El arranque en frío de un motor es una condición particular de funcionamiento del mismo, la cual depende del tiempo requerido para que se inicie un proceso de combustión estable en los cilindros que lo integran.

El proceso de combustión de un motor de encendido por compresión está dividido básicamente en tres etapas o fases:

Tiempo de retraso: Tiempo transcurrido desde que comienza la inyección hasta el inicio de la combustión. En los motores de inyección directa este intervalo temporal está comprendido entre el levantamiento de aguja del inyector y el brusco incremento en el registro de presión del motor. Este retraso debe ser lo suficientemente largo para que, cuando se produzca la autoinflamación, haya un volumen apreciable de combustible gasificado y bien mezclado con el aire.

La segunda fase es el **Periodo de rápida combustión** (combustión premezclada), durante la cual se quema la mayor parte de combustible gasificado y mezclado con el aire que haya sido inyectado en el tiempo de retraso.

Finalmente, el combustible que todavía no se ha quemado, junto con el inyectado posteriormente, se quema con una velocidad que será función del oxígeno disponible para su combustión; este periodo es la **Fase final de combustión** (combustión por difusión).

Según lo anterior el tiempo de retraso es la fase de la que depende el inicio de la combustión, puesto que si éste es muy elevado la carrera de expansión comenzará antes de que se inicie la combustión.

El tiempo de retraso está caracterizado por dos fenómenos distintos y yuxtapuestos:

El retraso físico, a su vez integrado por:

- la atomización del chorro de combustible líquido.
- la evaporación de las gotas de carburante.
- la formación de la mezcla gasificada aire-combustible.

El retraso químico, que es el tiempo requerido para que las pre-reacciones químicas entre el aire, el combustible y la mezcla gasificada comiencen el proceso de combustión.

Si bien el retraso depende de varios factores tales como la presión de inyección, la geometría del inyector y la cámara de combustión o el patrón de flujo, básicamente se puede afirmar que los parámetros que, en mayor medida, definen el tiempo de retraso son la composición de combustible, la presión y la temperatura en el interior de la cámara de combustión. Por tanto, para un determinado combustible, el tiempo de retraso es función casi exclusivamente de la temperatura, puesto que la influencia de la presión es relativamente pequeña en comparación a la de otros parámetros.

Así, el inicio del proceso de combustión en el arranque en frío viene determinado principalmente por la temperatura máxima en el interior del cilindro durante la carrera de compresión. Sin embargo las bajas temperaturas del motor dificultan la consecución de tiempos de retraso adecuados debido a los siguientes motivos:

. La disminución de las propiedades viscosas del aceite, lo cual implica, por un lado, la disminución de la velocidad de giro proporcionada por el motor de arranque debido al incremento de las pérdidas por fricción. Por otro el aumento de las pérdidas de la masa atrapada en el cilindro por blow-by (fenómeno físico asociado a las fugas de masa de aire que se producen en el interior de la cámara de combustión a través de los juegos existentes en el cilindro, segmentos y válvulas), como consecuencia del menor régimen de giro del motor y la no formación de la película de aceite que sella la cámara de combustión.

. El rendimiento de la batería disminuye a bajas temperaturas. Por otro lado, dispositivos eléctricos adicionales conectados a la misma reducen la cantidad de energía disponible para el arrastre del motor.

. Los bajos regímenes de giro registrados durante el proceso de arranque reducen la generación de turbulencia en el interior del cilindro, dificultando el proceso de mezcla aire-combustible.

. Las bajas temperaturas de las paredes del motor, unido al bajo régimen de giro incrementan las pérdidas de calor del aire durante la etapa de compresión.

. El cumplimiento de las normas de contaminación ambiental y acústica obliga a la disminución de la relación de compresión volumétrica de los motores diesel modernos. Tanto la presión como la temperatura en el interior del cilindro dependen fuertemente de esta relación de compresión.

Algunas de las soluciones adoptadas para mejorar las condiciones de arranque en frío del motor son:

. La inyección de una gran cantidad de combustible: eleva la relación de compresión e incrementa la probabilidad del inicio de la combustión, mientras que la porción de combustible sin quemar contribuye al sellado de la cámara de combustión.

. El inicio de la inyección de combustible para ángulos de avance adecuados: implica que el combustible es introducido en el cilindro cuando la presión y la temperatura en el interior del mismo son máximas.

. La instalación de sistemas que faciliten un mejor control sobre el proceso de inyección de combustible (common rail), adoptando leyes de inyección que mejoren la calidad del proceso.

Aún así, estas soluciones no suelen ser eficientes para conseguir que el arranque del motor, a determinadas temperaturas (-20°C) se realice en un tiempo aceptable, por lo que se requiere la instalación de dispositivos auxiliares de arranque en frío.

Actualmente, la totalidad de los vehículos automóviles dedicados al transporte de pasajeros y mercancías ligeras, equipados con motores diesel de inyección directa, están dotados de un sistema de arranque en frío integrado por bujías de precalentamiento. Mediante el empleo de este dispositivo el inicio de la combustión se produce mediante la ubicación de una superficie a muy elevada temperatura (1000°C) en las proximidades del inyector, o en una zona en la que el chorro de combustible es repelido por las paredes del cilindro. Al contacto con esta superficie (bujía de

precalentamiento) cualquier porción estequiométrica de mezcla aire-combustible formada en el interior del cilindro se autoinflama, iniciando de este modo el proceso de combustión.

Estos dispositivos también se emplean en motores diesel de mediana y gran cilindrada, que utilizan combustibles con bajo índice de cetano, cuyo funcionamiento no sería posible sin un aporte energético externo, en cualesquiera condiciones de funcionamiento.

2.5.2 Sistemas de ayuda de arranque para motores diesel.

Los motores Diesel cuando están fríos presentan dificultad de arranque o combustión ya que las pérdidas por fugas y de calor al comprimir la mezcla, disminuyen la presión y la temperatura al final de la compresión. Bajo estas circunstancias es especialmente importante la aplicación de sistemas de ayuda de arranque.

En comparación con la gasolina, el combustible Diesel tiene una elevada tendencia a la inflamación. Es por ello que los motores Diesel de inyección Directa (DI) arrancan espontáneamente en caso de arranque por encima de 0 °C. La temperatura de autoencendido del gas-oil de 250 °C es alcanzada durante el arranque con el régimen de revoluciones que proporciona el motor de arranque al motor de térmico. Los motores de inyección directa (DI), necesitan a temperaturas inferiores a 0°C un sistema de ayuda al arranque, mientras que los motores de inyección indirecta (IDI) o cámara de turbulencia necesitan un sistema de ayuda al arranque para cualquier temperatura.

Los motores de antecámara y de cámara auxiliar de turbulencia (inyección indirecta), tienen en la cámara de combustión auxiliar una bujía de espiga incandescente (GSK) (también llamados “calentadores”) como “punto caliente”. En motores pequeños de inyección directa, este punto caliente se encuentra en la periferia de la cámara de combustión. Los motores grandes de inyección para vehículos industriales trabajan alternativamente con precalentamiento del aire en el tubo de admisión (precalentamiento del aire de admisión) o con combustible especial con alta facilidad

para el encendido (Starpilot), que se inyecta en el aire de admisión. Actualmente se emplean casi exclusivamente sistemas con bujías de espiga incandescente.

2.5.2.1 Bujías de Pre calentamiento.

En las máquinas, en ocasiones es necesario calentar previamente ciertas partes antes de ponerlas en marcha. Lo más común es calentar el aceite de lubricación o de los dispositivos hidráulicos. Esto se logra casi siempre a través de calentadores eléctricos termostataados acoplados a las partes en cuestión.

Las bujías de pre calentamiento o bujías incandescentes son dispositivos dotados de una resistencia eléctrica y accionados desde la llave del encendido, que se utilizan para facilitar el arranque en frío de los motores de combustión interna, especialmente los Diesel.

Estas bujías sirven para producir un punto incandescente (o muy caliente) dentro de la cámara de combustión, que es alcanzado por el aerosol del combustible inyectado. Al entrar en contacto parte del aerosol con la zona caliente de la bujía de pre calentamiento, el combustible se evapora e inflama, produciendo el arranque del motor aun en condiciones de bajas temperaturas. Adicionalmente a esto, los materiales de que están hechas estas bujías tienen en su composición elementos como platino o iridio que tienen un efecto catalítico sobre el proceso de combustión.

Una vez producido el arranque, y unos segundos después, se retira la corriente eléctrica de la bujía al no ser necesaria su función ya que la cámara de combustión se ha calentado como para producir la auto inflamación del combustible sin ayuda. Debido a la naturaleza de las cámaras de inyección directa, estas bujías de pre calentamiento comúnmente no son necesarias en los motores provistos de este tipo de cámara, mientras que en los motores con inyección separada se convierten en un dispositivo indispensable para garantizar un arranque seguro en todas condiciones.

Hay dos tipos básicos de bujías de pre calentamiento:

- . De resistencia eléctrica desnuda, utilizadas tradicionalmente.

. De resistencia eléctrica protegida, que se han introducido más recientemente.

2.5.2.1.1 Bujías de resistencia desnuda.

La Figura 2.6 muestra una clásica bujía de precalentamiento con la resistencia eléctrica desnuda.

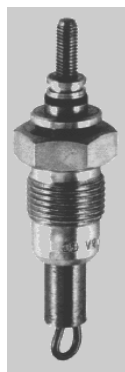


Figura 2.6 Bujía de precalentamiento con resistencia eléctrica desnuda.

En un cuerpo de acero provisto de una rosca para ser instalada en el motor, tal y como lo hace la bujía de encendido de los motores de gasolina, se coloca aislada de cuerpo, y en su centro, un conductor que termina en el extremo inferior en una resistencia eléctrica de grueso alambre en forma de lazo. El otro extremo de la resistencia se conecta al cuerpo de acero y con ello a tierra.

Este conductor central termina en el extremo superior en un perno roscado para conectar el cable de alimentación.

El dispositivo tiene suficiente longitud como para que la resistencia eléctrica (lazo) llegue al interior de la cámara de combustión, y el perno de conexión esté en el exterior del motor, al alcance del cable de alimentación.

La resistencia eléctrica está construida de aleaciones metálicas muy resistentes al ambiente altamente corrosivo de la cámara de combustión, y a la erosión que producen los gases de la combustión para lograr una larga vida útil.

Cuando se va a poner en marcha el motor frío, primero se conecta la corriente de

la batería de acumuladores a la bujía el tiempo suficiente para que el lazo interior se caliente al rojo incandescente, usando una posición al efecto de la llave de encendido del motor. Una vez transcurrido ese tiempo, se gira la llave de encendido a la posición de arranque, con este cambio se producen dos efectos: se alimenta el motor de arranque para hacer girar el motor de combustión y, se retira la corriente a la bujía.

La gran masa del grueso alambre de la resistencia la mantiene caliente unos segundos después de retirarle la corriente, con lo que se garantiza que algunos ciclos de inyección posteriores al arranque se produzcan con eficiencia. En el motor poli-cilíndrico hay una bujía de precalentamiento por cada cilindro y otra que sirve como testigo, al alcance de la vista del conductor en el tablero de instrumentos. Como todas las bujías son iguales, observando el color de la bujía testigo, el conductor podrá saber en que momento las que están colocadas en los cilindros están a buena temperatura para proceder a intentar el arranque.

2.5.2.1.2 Bujías de resistencia cubierta.

Las bujías de precalentamiento con la resistencia cubierta son una mejora tecnológica de la bujía tradicional pero su función básica es la misma.

La diferencia principal con la bujía tradicional es que la resistencia eléctrica está constituida de dos partes, es de alambre más fino y está cubierta con una funda resistente al ambiente para protegerla.

En estas bujías, la resistencia calentadora está formada por dos resistencias eléctricas conectadas en serie, una que funciona como elemento calefactor, de resistencia casi constante con la temperatura, y la otra como elemento regulador de la corriente ya que está hecha de un material que aumenta notablemente la resistencia eléctrica con el incremento de la temperatura.



Figura 2.7 Bujía de resistencia cubierta.

Como la resistencia calefactora es de alambre muy fino, su inercia térmica es baja y se calienta muy rápidamente con peligro de avería si no fuera porque comunica el calor a la otra resistencia conectada a ella en serie, esta última aumenta rápidamente la resistencia eléctrica y limita la corriente a un valor seguro para las dos, por lo que la temperatura final queda limitada.

La funda protectora está rellena de un material en polvo (óxido de magnesio) buen conductor de calor, por lo que el calor generado se transfiere rápidamente a las paredes metálicas de la funda tornándose incandescente en pocos segundos. En los vehículos con estos tipos de bujías, lo más común es que el testigo en el tablero de instrumentos sea una lámpara de aviso.

El rápido calentamiento de estas bujías y el desarrollo actual de los componentes eléctricos y electrónicos ha permitido que este tipo de bujías funcionen de manera automática sin la intervención del conductor en algunos modelos de automóviles.

2.5.2.1.3 Bujía de espiga incandescente.

La espiga de la bujía está montada a presión de forma fija y estanca a los gases de escape en un cuerpo de la bujía, y consta de un tubo metálico resistente a los gases calientes y a la corrosión, que lleva en su interior un filamento incandescente rodeado de polvo compactado de óxido de magnesio. Este filamento incandescente consta de dos resistencias conectadas en serie: el filamento calefactor dispuesto en la punta del tubo

incandescente, y el filamento regulador. Mientras que el filamento calefactor presenta una resistencia casi independiente a la temperatura, el filamento regulador tiene un coeficiente positivo de temperatura (PTC).



Figura 2.8 Bujía de espiga incandescente.

Su resistencia aumenta en las bujías de espiga incandescente de nueva generación (GSK2), al aumentar la temperatura con mayor intensidad todavía que en las bujías de espiga incandescente convencionales (tipo S-RSK). Las bujías GSK2 recientes se caracterizan por alcanzar con mayor rapidez la temperatura necesaria para el encendido (850 °C en 4 seg.) y por una temperatura de inercia más baja; la temperatura de la bujía se limita así a valores no críticos para sí misma. En consecuencia, la bujía de espiga incandescente puede continuar funcionando hasta tres minutos después del arranque. Esta incandescencia posterior al arranque da lugar a una fase de aceleración y calentamiento mejorados con una reducción importante de emisiones y gases de escape así como reducción del ruido característico en frío de los motores Diesel.

Unidad de control de tiempo de incandescencia.

Dispone, para la activación de las bujías de espiga incandescente, de un relé de potencia, así como de bloques de conmutación electrónica. Estos bloques controlan, por ejemplo, los tiempos de activación de las bujías de espiga incandescente, o bien realizan funciones de seguridad y de supervisión.

Con la ayuda de sus funciones de diagnóstico, las unidades de control del tiempo de incandescencia todavía más perfeccionadas, reconocen también el fallo de bujías

incandescentes aisladas, comunicándolo entonces al conducto. Las entradas de control hacia la unidad de control de tiempo de incandescencia están construidas como un conector múltiple, y la vía de corriente hacia las bujías de espiga incandescente se conduce mediante pernos roscados o conectores apropiados, con el fin de impedir caídas de tensión no deseadas.

Funcionamiento.

El proceso de preincandescencia y de arranque se realiza con el interruptor de arranque. Con la posición de la llave “encendido conectado” comienza el proceso de preincandescencia. Al apagarse la lámpara de control de incandescencia, las bujías de espiga incandescente están suficientemente calientes para poder iniciar el proceso de arranque. En la fase de arranque las gotas de combustible inyectadas se evaporan, se inflaman en el aire caliente comprimido, y el calor producido origina el proceso de combustión.

La incandescencia después de que el motor ha arrancado contribuye a un funcionamiento de aceleración y de ralentí sin fallos y con poca formación de humo y una disminución del ruido característico del motor en frío. Si no arranca, ocurrirá una desconexión de seguridad de la bujía de espiga.

En caso de acoplamiento de la unidad de control de tiempo de incandescencia a la unidad de control del sistema EDC (Electronic Diesel Control), pueden aprovecharse las informaciones existentes allí para optimizar la activación de la bujía de espiga en los diversos estados de servicio.

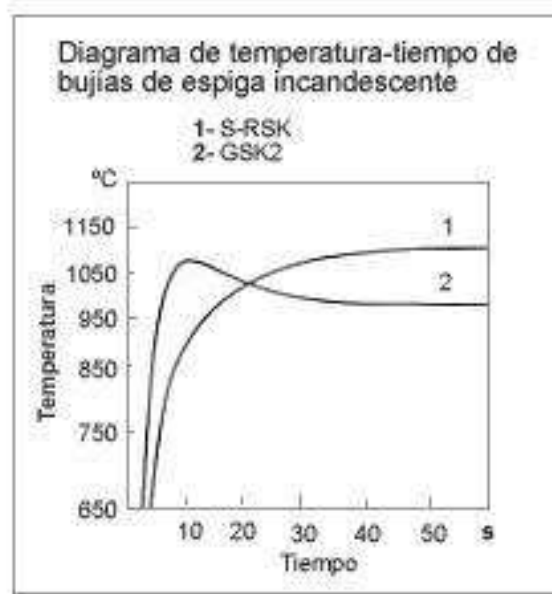


Figura 2.9 Diagrama de temperatura-tiempo de bujía de espiga incandescente.

2.5.2.2 Calentamiento del aire de admisión.

Las bujías de precalentamiento dejan de ser efectivas para cámaras de combustión grandes por el pequeño volumen al que afecta el aumento de temperatura de la bujías de precalentamiento. Esto se debe a que el arranque de los motores con cámaras de combustión grandes se basa en la más favorable relación superficie/volumen que los hace más adiabáticos y la menor tasa de blow-by.

Entre las ventajas que presenta el calentador del aire de admisión se pueden citar las siguientes:

1. Buena capacidad de arranque.
2. Bajas emisiones de gases durante el arranque y fases de calentamiento.
3. Tiempo de precalentamiento corto.
4. Posibilidad de alto calentamiento del aire de admisión.
5. Excepcional durabilidad y fiabilidad.
6. Baja resistencia al flujo de aire.
7. Calentamiento del aire de admisión en otras condiciones.

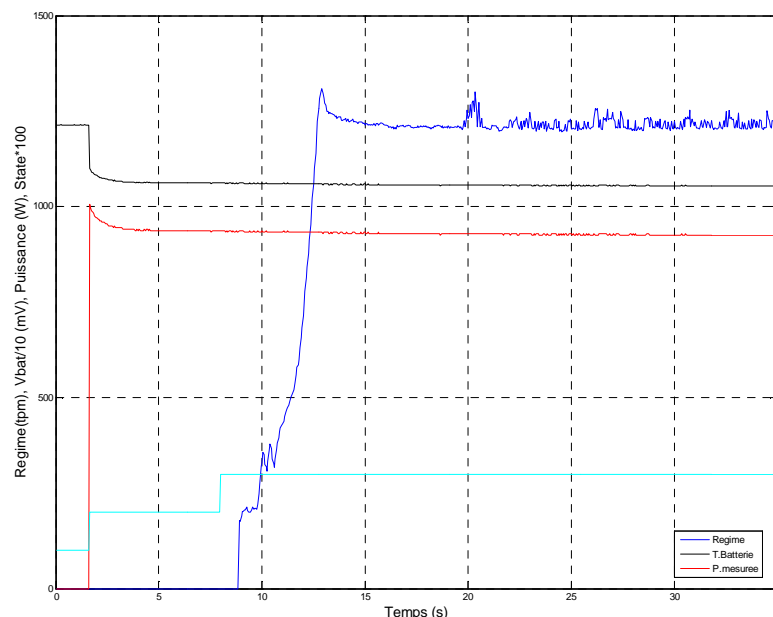


Figura 2.10 Precalentamiento y Postcalentamiento de calentadores de placas.

En la figura 2.10 se observa un calentador posicionado en el colector de admisión con una potencia de hasta unos 1000 W, el cual necesita tiempos de precalentamiento del orden de 7s para una temperatura ambiente de -23°C . Este sistema de calentamiento se ubica en el colector de admisión y su función es calentar el aire de admisión que admite el motor. Por tanto, el sistema será tanto más eficaz cuanto más cerca de la pipa de admisión en la culata del motor se efectúe el calentamiento. En general, se ha observado que, hasta un cierto límite, durante el arranque en frío es más importante un mayor régimen de giro que un aumento de la temperatura del aire de admisión.

Por ello, al disminuir la temperatura ambiente, lo que produce una menor tensión de batería, suele existir un sistema de control que regula el suministro de energía a la resistencia del calentador para poder aumentar el régimen de giro del motor de arranque hasta que el motor alcanza el régimen de ralentí, momento en el cual se vuelve a suministrar plena energía a la resistencia para mejorar la calidad de los gases de escape y disminuir el ruido durante el calentamiento.

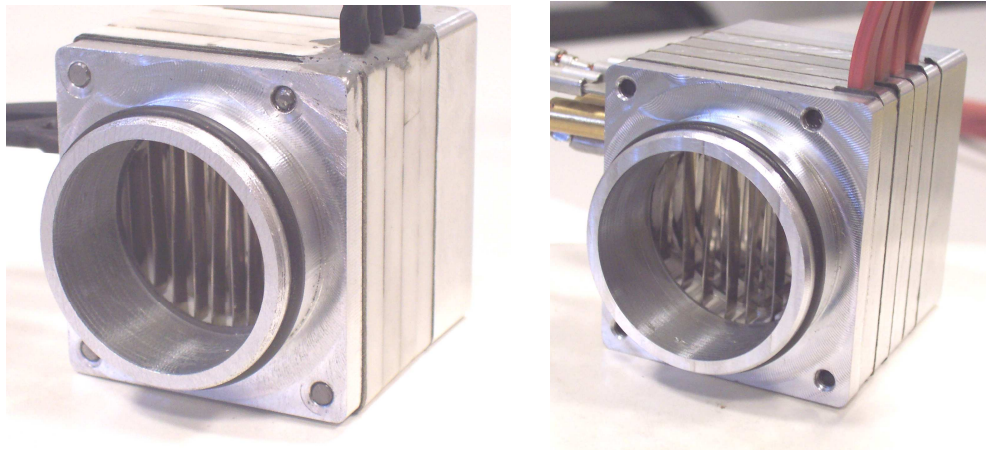


Figura 2.11 Calentadores colector de admisi• n.

CAPÍTULO 3:
CAMPOS ACÚSTICOS Y TRANSMISIÓN
DE CALOR

ÍNDICE CAPÍTULO 3

3.1 INTRODUCCIÓN.	70
3.2 TRANSMISIÓN DE CALOR.	71
3.3 ONDAS SONORAS.	72
3.4 MAGNITUDES FÍSICAS DEL SONIDO.	73
3.4.1 Frecuencia y Período.	73
3.4.2 Fase.	74
3.4.3 Longitud de Onda.	75
3.4.4 Amplitud de Onda.	75
3.4.5 Potencia sonora y nivel de potencia sonora.	76
3.5 CARACTERÍSTICAS O CUALIDADES DEL SONIDO.	76
3.5.1 Tono.	76
3.5.2 Intensidad sonora y nivel de intensidad sonora.	76
3.5.3 Timbre.	77
3.6 OTROS CONCEPTOS RELACIONADOS CON EL SONIDO.	77
3.6.1 Velocidad del sonido.	77
3.6.2 Decibelios.	78
3.6.3 Presión sonora y nivel de presión sonora.	79
3.7 REFLEXIÓN Y TRANSMISIÓN DE ONDAS.	79

3.1 INTRODUCCIÓN.

La interacción del calor y del sonido ha interesado a los científicos desde 1816, cuando Laplace corrigió el cálculo realizado por Newton de la velocidad del sonido en el aire. Newton había asumido que las expansiones y las compresiones de una onda acústica en un gas se suceden sin afectar la temperatura. Laplace consideró las pequeñas variaciones de temperatura que de hecho ocurren, y calculó nuevamente la velocidad del sonido en el aire, un valor que es un 18 por ciento más rápido que la estimación de Newton.

Tales efectos térmicos también explican por qué los sopladores de vidrio del siglo pasado oyeron a veces que sus recipientes emitían sonidos de tonos puros, cuando estos estaban calientes.

Después de un siglo los científicos pensaron en el efecto opuesto. **Si una diferencia de temperatura podría crear sonidos, podría el sonido producir una diferencia de temperatura, caliente en una cara y fría en la otra.**

El Efecto termoacústico se refiere a la transferencia, y cambio de sonora a térmica, de la energía; debido al contacto de ondas sonoras producidas en un fluido compresible con una pared rígida. Esta transformación puede darse en dos sentidos: transformación de energía sonora a térmica, y de energía térmica a sonora. El descubrimiento de que la energía de una onda acústica puede convertirse en energía térmica y producir un flujo de calor es mucho más reciente. Fue hecho por Merkli y Thomann en 1975 y su completa comprensión y aplicaciones tecnológicas están siendo apenas estudiadas en diversos centros de investigación del mundo.

Supongamos que una onda acústica excita un gas que estaba inicialmente a cierta temperatura y presión. En algún punto, la temperatura aumentara como la presión, asumiendo que esto sucede bastante rápidamente como para que el calor no tenga tiempo para fluir lejos. El cambio en la temperatura que acompaña a las compresiones acústicas depende de la magnitud de las fluctuaciones de la presión. Para sonidos

comunes, los cambios relativos de la presión están en el orden de solamente una parte por millón (equivalente a 74 decibelios), y la variación de temperatura asociada es una diez milésima de un grado centígrado. Incluso para los sonidos en el umbral auditivo del dolor (120dB), la temperatura oscila en 0.02 grados. Los cambios de temperatura que las ondas acústicas producen son demasiado pequeños para ser útiles, sin embargo permiten la existencia de los fenómenos termoacústicos.

Para manejar diferencias más grandes de temperatura, el gas se debe poner en contacto con un material sólido. Los sólidos tienen capacidades de calor mucho más altas por unidad volumen que los gases, así que pueden intercambiar una cantidad considerable de calor sin cambiar de temperatura en forma apreciable. Si en un gas hay una onda acústica cerca de una superficie sólida, el sólido tenderá a absorber el calor de la compresión, manteniendo la temperatura estable. Lo opuesto es también verdadero: del sólido saldrá el calor cuando el gas se expande, evitando que se enfríe.

El estudio de los efectos de diversos factores sobre el flujo de aire alrededor de cuerpos rígidos dentro de conductos ha sido el objetivo de varias investigaciones donde se tienen en cuenta tanto las características de los cuerpos (generalmente placas con bordes cuadrados o semicirculares) como las del flujo (velocidad, frecuencia).

Los fenómenos acústicos que ocurren a velocidades de flujo específicas en un conducto donde se encuentra una placa de sección rectangular son los que se han tomado en cuenta para el análisis del estudio llevado a cabo en este proyecto.

3.2 TRANSMISIÓN DE CALOR.

Siempre que existe una diferencia de temperatura en el universo, la energía se transfiere de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura. De acuerdo con los conceptos de la termodinámica, esta energía transmitida se denomina calor.

Las leyes de la termodinámica tratan de la transferencia de energía, pero siempre se refieren a sistemas que están en equilibrio, y sólo pueden utilizarse para predecir la

cantidad de energía requerida para cambiar un sistema de un estado de equilibrio a otro, por lo que no sirven para predecir la rapidez con que puedan producirse estos cambios.

La ciencia llamada transmisión o transferencia de calor complementa los principios primero y segundo de la termodinámica clásica, proporcionando los métodos de análisis que pueden utilizarse para predecir la velocidad de la transmisión del calor, además de los parámetros variables durante el proceso en función del tiempo.

Para un análisis completo de la transferencia del calor es necesario considerar mecanismos fundamentales de transmisión: conducción, convección y radiación, (tratados en el capítulo anterior) además del mecanismo de acumulación. El análisis de los sistemas y modelos de intercambio de calor requieren familiaridad con cada uno de estos mecanismos y sus fundamentos, así como de sus interacciones.

3.3 ONDAS SONORAS.

El sonido audible es la sensación detectada por nuestro oído producida por la rápida variación de presión en el aire, por encima y por debajo de un valor estático. Cuando estas variaciones de presión, ondas mecánicas, se centran entre 20 y 20000 veces por segundo (20 Hz y 20 kHz) el sonido es potencialmente audible, por lo que se denominan ondas sonoras.

La mayoría de los sonidos que escuchamos se transmiten a través del aire, sin embargo, el sonido puede también propagarse en líquidos y sólidos. De manera que, cualquier perturbación producida en el seno de un medio homogéneo, se transmite a través de éste, llegando a alcanzar al cabo del tiempo a todos los puntos de una superficie esférica con centro en el punto perturbado.

Cuando la dirección del movimiento de las partículas en el medio es perpendicular a la dirección de propagación, se dice que las ondas son transversales. En aquellos casos, donde el movimiento de las partículas en el medio tiene lugar en la misma dirección de la propagación, se dice que las ondas son longitudinales.

Las ondas longitudinales representan un cambio de volumen, pudiéndose propagar en cualquier medio, tanto fluido como sólido, dado que ambos medios poseen elasticidad de volumen. Un caso típico son **las ondas sonoras**.

Las ondas transversales sólo pueden propagarse en los medios sólidos, pues en los fluidos, al no haber ninguna fuerza que se oponga al desplazamiento de unas moléculas sobre otras, no existen las necesarias reacciones elásticas que tienden a llevar de nuevo la partícula desplazada a su posición de equilibrio. Ejemplos típicos son la transmisión de ondas electromagnéticas y las ondas en los sólidos.

El “frente de onda”, en la propagación de un movimiento ondulatorio es definido como el lugar geométrico de todos los puntos del medio que están en el mismo estado de vibración, los cuales se hallan formando una superficie.

Las ondas acústicas planas pueden definirse como ondas progresivas libres unidimensionales que viajan en dirección “x” y que sus frentes de ondas son planos infinitos perpendiculares al eje “x” y paralelos entre sí en todo momento.

3.4 MAGNITUDES FÍSICAS DEL SONIDO.

3.4.1 Frecuencia y Período.

Se denomina frecuencia al número de ciclos o vibraciones por segundo característicos de una onda. Generalmente la frecuencia se mide en “Hertz”, abreviadamente “Hz”, siendo 1 Hertz = 1 ciclo/s. El tiempo transcurrido en un ciclo se conoce por “período”, que se simboliza por “T”.

$$f = \frac{1}{T}$$

Frecuencias bajas (vibraciones lentas): Sonidos graves.

Frecuencias altas (vibraciones rápidas): Sonidos agudos.

El sonido tiene un margen muy amplio de frecuencia, sin embargo se considera que el margen audible por un ser humano oscila, como máximo, entre 20 Hz y 20.000

Hz. En baja frecuencia, las partículas de aire vibran lentamente produciendo tonos graves, mientras que en alta frecuencias vibran rápidamente originando tonos agudos.

A menudo la frecuencia suele venir referida en términos de frecuencia angular. Para una frecuencia de vibración f , le corresponde una frecuencia angular ω , dada por:

$$2\pi f = \omega$$

3.4.2 Fase.

La fase indica la situación instantánea en el ciclo, de una magnitud que varia cíclicamente.

En el caso de una onda sinusoidal que avanza en el sentido de los x crecientes, si A_0 es la amplitud, ω la pulsación (en radianes por segundo), k el número de onda (en 1/m), t el tiempo (en segundos) y x la posición (en metros), podemos escribir:

$$A(x, t) = A_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$$

El ángulo de **fase** de esta onda es el argumento $\varphi = (kx - \omega t + \varphi_0)$ en el caso general toda onda estacionaria puede representarse mediante una función del tipo:

$$\mathbf{A}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{A}_0(\mathbf{r}) \cos(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t + \varphi_0)$$

Y en ese caso general la fase es el argumento de la función que contiene la dependencia del tiempo $\varphi = (\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t + \varphi_0)$, siendo φ_0 la fase inicial.

No se puede determinar el ángulo de fase de una onda basándose en una sola medida de la onda. Midiendo los valores en función del tiempo o de la posición, se puede deducir el ángulo de fase, pero con una indeterminación de un múltiplo entero de 2π .

En realidad, el valor del ángulo de fase no es muy útil. El valor realmente útil es la diferencia de fase o desfase entre dos sitios, dos instantes o dos ondas.

3.4.3 Longitud de Onda.

Se define por “longitud de onda”, λ , a la distancia entre dos picos máximos sucesivos de presión o entre dos picos mínimos sucesivos de presión de una onda plana.

La relación de λ , c , y f viene dada por la expresión:

$$c = \lambda \cdot f$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT = \frac{2\pi c}{\omega} = \frac{2\pi}{k}$$

Donde k es el “número de onda”.

3.4.4 Amplitud de Onda.

La amplitud se define como el desplazamiento máximo que experimenta una partícula en vibración.

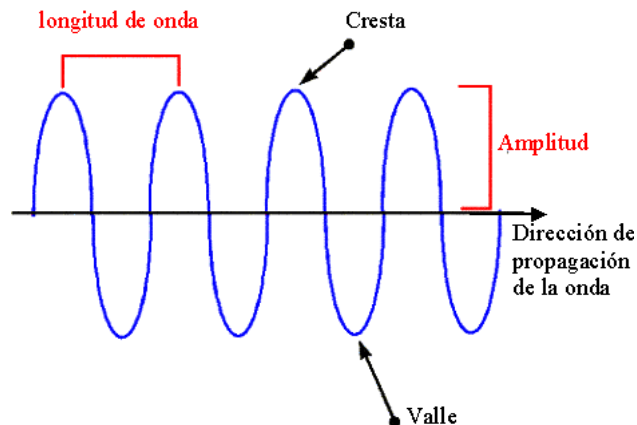


Figura 3.1 Descripción de algunas magnitudes físicas del sonido.

La amplitud de vibración del sonido ambiental es prácticamente despreciable, del orden de 10^{-7} mm hasta algunos mm. Las amplitudes más pequeñas corresponden a sonidos que son prácticamente imperceptibles, mientras que las amplitudes más altas corresponden a sonidos molestos.

3.4.5 Potencia sonora y nivel de potencia sonora.

La potencia sonora es una propiedad física de la fuente de ruido y constituye el parámetro más importante.

El nivel de potencia sonora es una medida de la energía acústica emitida por la fuente sonora, y se define como:

$$L_w = \text{SWL (dB)} = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

$$W_0 = \text{Potencia de referencia} = 10^{-12} \text{ W}$$

La potencia sonora es un valor intrínseco de la fuente y que no depende de dónde se ubique.

3.5 CARACTERÍSTICAS O CUALIDADES DEL SONIDO.

3.5.1 Tono.

El Tono viene determinado por la frecuencia fundamental de las ondas sonoras y es lo que permite distinguir entre sonidos graves, agudos o medios.

3.5.2 Intensidad sonora y nivel de intensidad sonora.

La intensidad sonora o flujo de energía es un vector que describe la dirección y el flujo neto de energía acústica en una posición dada. Por tanto, sus unidades son energía por unidad de tiempo y por unidad de área, es decir, potencia sonora por unidad de área: W/m^2 .

La intensidad sonora es una magnitud vectorial (módulo y dirección) en contraposición a la presión sonora que es una magnitud escalar (módulo).

Analíticamente, responde a la expresión:

$$\bar{I}(t) = p(t) * \bar{u}(t)$$

$I(t)$ = Vector intensidad sonora.

$p(t)$ = Presión sonora.

$U(t)$ = Vector velocidad de la partícula en movimiento.

Una de las propiedades de la intensidad sonora es que permite distinguir entre la parte del campo sonoro que se propaga (parte activa), y la que no se propaga (parte reactiva), propiedad que la presión sonora no posee.

Así, un medidor de intensidad sonora sólo responde a la parte activa ignorando la parte reactiva del campo sonoro.

El nivel de intensidad sonora se define como:

$$L_I = NI(\text{dB}) = 10 * \log \frac{I}{I_0}$$

Donde:

I = Intensidad sonora medida.

I_0 = Intensidad de referencia = 10^{-12} W/m²

3.5.3 Timbre.

El Timbre es la cualidad que confiere al sonido los armónicos que acompañan a la frecuencia fundamental. Esta cualidad es la que permite distinguir dos sonidos, por ejemplo, entre la misma nota con igual intensidad producida por dos instrumentos musicales distintos.

3.6 OTROS CONCEPTOS RELACIONADOS CON EL SONIDO.

3.6.1 Velocidad del sonido.

La velocidad de propagación de las ondas sonoras depende de la masa y de la elasticidad del medio en el que se propagan.

Para el aire, la elasticidad es función de la presión atmosférica, la cual a su vez está relacionada con la temperatura y las condiciones higrométricas. Para condiciones normales de transmisión del sonido en el aire, la expresión de cálculo de la velocidad de transmisión de una onda viene dada por:

$$c = \sqrt{\frac{1.4 * P_o}{\rho}}$$

c = velocidad en m/s

P_o = presión atmosférica en Nw/m^2

ρ = densidad del aire en Kg/m^3

$\gamma = 1.4 = C_p/C_v$

Para $0^\circ C$ y 1 atmósfera, la velocidad de transmisión del sonido en el aire es de 331.20 m/s.

Para otras condiciones de temperatura, la velocidad de transmisión viene dada por la expresión:

$$c = 331.20 \sqrt{1 + \frac{T}{273}}$$

Para condiciones normales, la velocidad del sonido es prácticamente 340 m/s.

3.6.2 Decibelios.

Dado que el sonido son variaciones de la presión del aire debido a que las partículas que lo forman están vibrando, las unidades de medida del sonido serán las unidades de presión, que en el Sistema Internacional es el Pascal (Pa).

$$1 \text{ Pa} = 1N/m^2$$

Sin embargo, el oído humano registra presiones que oscilan entre 20×10^{-6} Pa y 100 Pa, es decir con una relación entre ellas mayor de un millón a 1, por lo que la aplicación de escalas lineales es inviable. En su lugar se utilizan las escalas logarítmicas cuya unidad es el decibelio (dB) y que tiene la siguiente definición:

$$n = 10 \log \frac{R}{R_o}$$

n = N° de decibelios

R = magnitud que se está midiendo

R_o = magnitud de referencia

Otro motivo para utilizar esta escala logarítmica se basa en el hecho de que el oído humano tiene una respuesta al sonido que se parece a una función logarítmica, es decir, la sensación que se percibe es proporcional al logaritmo de la excitación recibida.

3.6.3 Presión sonora y nivel de presión sonora.

Se define como la variación de la presión atmosférica en un punto, consecuencia de la propagación a través del aire de una onda sonora.

Las variaciones de presión producidas por la propagación de una onda sonora a través del aire son muy pequeñas comparadas con la presión estática atmosférica. La mínima presión audible es de 20×10^{-6} Pa, y esta presión está superpuesta a la presión ambiente atmosférica que es del orden de 10^5 Pa.

El concepto de nivel de presión sonora, NPS, o SPL en inglés, se define como:

$$L_p = \text{NPS (dB)} = 20 \log \frac{P_{\text{rms}}}{P_0}$$

P_{rms} = Valor cuadrático medio de la presión que estamos midiendo.

P_0 = Presión de referencia = 20×10^{-6} Pa

3.7 REFLEXIÓN Y TRANSMISIÓN DE ONDAS.

Una onda que incide sobre la superficie que separa dos medios de distintas propiedades mecánicas, ópticas, etc., en parte se refleja y en parte se transmite.

Cuando una onda de cualquier tipo alcanza la frontera de dos medios distintos una parte de su energía se transmite al segundo medio dando lugar en este a otra onda de características semejantes a las de la **onda incidente** y que recibe el nombre de **onda transmitida**. Otra parte de la energía se emplea en generar otra onda que se propaga hacia atrás en el primer medio y que se llama **onda reflejada**.

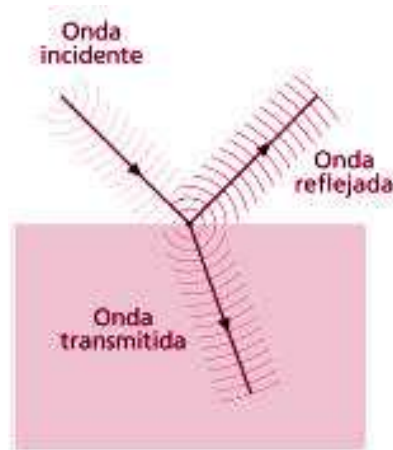


Figura 3.2 Reflexión y transmisión de ondas.

Así, en el caso en que la onda incidente choca contra un medio rígido, la reflexión de dicha onda es total. Si por el contrario la barrera o pared es flexible, parte de la energía también se transmite.

En este proceso se conserva la frecuencia de onda, lo que implica que la longitud de onda λ_t de la onda transmitida es diferente a la longitud de onda λ_i de la incidente pues también cambia la velocidad de la onda en cada medio.

$$\lambda = V / F \quad \lambda_t = V_2 / F \quad \lambda_i = V_1 / F$$

La velocidad de propagación de las ondas cambia al pasar de un medio a otro, pero no cambia la frecuencia angular. La onda transmitida siempre está en fase con la onda incidente, sin embargo la onda reflejada puede estar en fase o en oposición de fase dependiendo de que la velocidad de propagación en el segundo medio (V_2) sea mayor que en el primero (V_1) o al contrario.

Las ondas transmitida y reflejada no dependen exclusivamente de la onda incidente y su ángulo de incidencia, sino también de las propiedades del medio más allá de la frontera a atravesar.

CAPÍTULO 4:
DISEÑO DE LA MAQUETA Y
DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

ÍNDICE CAPÍTULO 4

4.1 INSTALACIÓN EXPERIMENTAL.	84
4.1.1 Introducción.	84
4.1.2. Características de la instalación.	85
4.1.3 Funcionamiento de la instalación.	85
4.1.4 Elementos principales del Banco de Flujo estacionario.	88
4.1.5. Descripción de los elementos para la realización de los ensayos.	98
4.1.5.1. Placas.	98
4.1.4.2. Elementos auxiliares.	98
4.1.5 Montaje de geometrías.	99
4.1.6. Rutina de medida.	100
4.2 MAQUETA.	103
4.2.1 Introducción.	103
4.2.2 Descripción.	103
4.3 INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE MEDIDAS.	107
4.3.1 Introducción.	107
4.3.2 Instrumentación para la medida de la temperatura.	107
4.3.2.1 Termoresistencias.	107
4.3.2.2 Termopares.	109
4.4 INSTRUMENTACIÓN DE LA MAQUETA.	111
4.4.1 Data Logger.	112
4.4.2 Sistema informático.	113
4.4.3 Calentador.	113
4.5 INSTRUMENTACIÓN PARA LA MEDIDA DEL RUIDO.	114
4.5.1 Micrófonos.	114
4.5.1.1 Características del micrófono tipo 4935.	115
4.5.2 Amplificador y altavoz.	116
4.5.3 Sistema pulse.	117
4.5.3.1 Hardware del sistema Pulse.	118
4.5.3.2 Software del sistema Pulse.	122

4.5.3.3 Equipo de calibración.	123
4.5.3.4 Pistófono tipo 4228.	124
4.5.3.5 Barómetro corrector.	124
4.5.4 Fuente de ruido blanco.	125

4.1 INSTALACIÓN EXPERIMENTAL.

4.1.1 Introducción.

La realización de este proyecto está basada en los resultados obtenidos de los ensayos sobre la maqueta diseñada para la caracterización de la teoría a analizar. En este caso la instalación experimental utilizada es la de Banco de flujo, que en este capítulo se va a describir, así como la rutina de medida para obtener de forma fiable los gastos máxicos de aire que pasarán a través de la maqueta y sobre los que se llevan a cabo las mediciones de temperatura.

La instalación del Banco de Flujo está situada en el laboratorio que el Departamento de Máquinas y Motores Térmicos (DMMT) posee, y que junto a otras dos instalaciones; Banco de Impulsos y Cámara Semianecóica, componen la infraestructura experimental de la Línea de Ruido.

En la actualidad, en el Banco de Flujo se desarrollan una variedad importante de ensayos enfocados en la obtención de la pérdida de carga que se produce en los elementos del sistema de renovación de la carga, tanto de forma individual como conjuntamente y que son consecuencia de la fricción que experimenta el fluido con las paredes internas de los conductos así como los cambios de sección y restricciones al paso del flujo.

Entre estos ensayos se pueden destacar: la caracterización de culatas por el método de Tippelmann o rectificador de flujo, medida del coeficiente de descarga de los elementos que componen el sistema de admisión o escape de motores, calibración de medidores de caudal y estudio de la pérdida de carga producida por prototipos de silenciadores. Al final de este capítulo se explicará el método de trabajo y la rutina de medida empleados, describiendo detenidamente los pasos a seguir en cada momento en la preparación de los ensayos y su posterior ejecución.

4.1.2. Características de la instalación.

La instalación del Banco de Flujo se compone de una serie de elementos que se ven representados en el siguiente esquema:

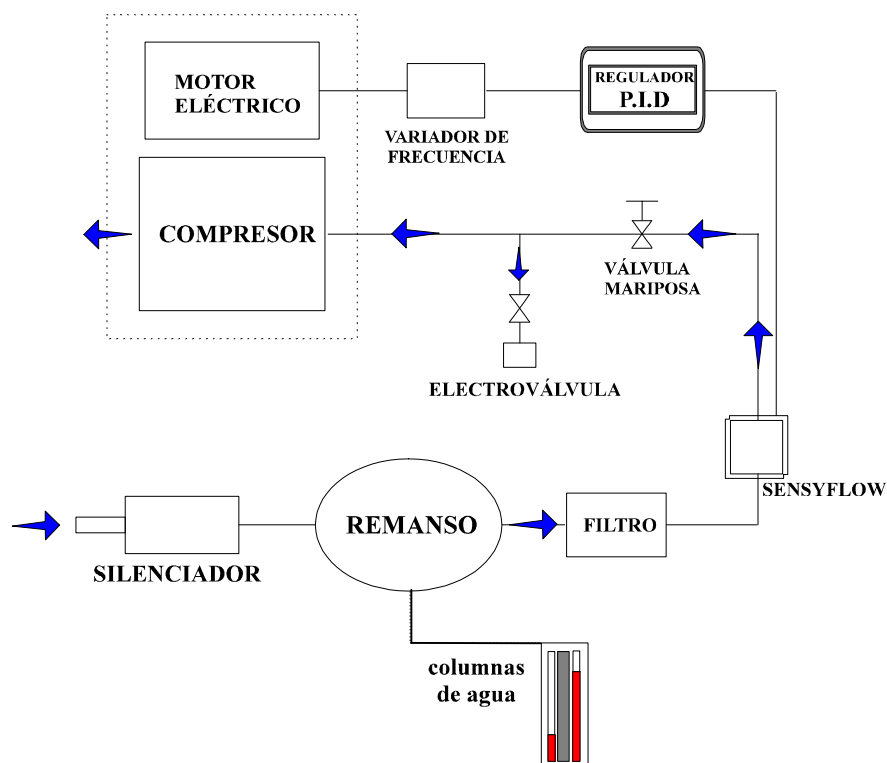


Figura 4.1 Esquema de la instalación Banco de Flujo.

El Banco de Flujo está formado por dos líneas separadas, alimentadas por dos compresores de lóbulos rotativos. La diferencia estriba principalmente en que mientras una de las líneas es utilizada para flujo estacionario, la otra línea puede ser utilizada, además, para flujo transitorio. En ambas para medir el gasto se utiliza un medidor de placa caliente (Sensyflow). A continuación se describe en concreto la línea utilizada para realizar los ensayos en este proyecto, la línea de flujo estacionario.

4.1.3 Funcionamiento de la instalación.

Como generador del flujo, la instalación dispone de un compresor volumétrico que se encuentra en una sala separada del resto de la instalación, debido al nivel elevado de ruido que genera su funcionamiento. En esta misma sala se encuentran

también, el motor eléctrico que lo acciona, así como las válvulas electroneumáticas de control, las válvulas de mariposa y el variador de frecuencia.



a)



b)

Figura 4.2: a) Grupo soplante, b) Conjunto válvulas y remanso.

En el funcionamiento de la instalación para el caso de flujo en impulsión, teniendo en cuenta que en aspiración el flujo realiza el mismo camino pero en sentido contrario, el compresor aspira aire del exterior e impulsa el flujo hacia un primer depósito (remanso), donde es estabilizado, eliminando así las variaciones de presión producidas por el compresor, y mediante tuberías de PVC llega hasta la sala de ensayos donde se encuentra la maqueta.

Para controlar el gasto másico circulante por el elemento en cada momento, se dispone de un variador de frecuencia conectado al motor eléctrico que arrastra al compresor. Un regulador PID comanda el variador de frecuencia teniendo la posibilidad de trabajar de forma manual o automática. Cuando se trabaja de forma manual se varía el porcentaje de régimen de giro del motor eléctrico. De forma automática el regulador recibe la señal eléctrica emitida por la electrónica del anemómetro digital y la compara con el valor de gasto introducido previamente como consigna. Si ambos valores no coinciden se encarga de modificar el régimen de giro del motor a través del variador de frecuencia, ya que el gasto aspirado o impulsado

depende de este parámetro. Si el valor de la consigna y el leído son iguales el regulador PID no actúa porque el proceso está correctamente regulado.

El gasto mínimo que es capaz de ser impulsado o aspirado a través de la línea puede ser demasiado elevado aunque el compresor esté girando a muy pocas revoluciones, de manera que el regulador es incapaz de alcanzar la consigna introducida. Esto es especialmente apreciable en el caso de que se esté caracterizando un elemento con poca pérdida de carga.

Como solución, se añaden dos entradas más, una para trabajar en aspiración y otra en impulsión, controladas por sendas válvulas electroneumáticas, cuyo fin es modificar el gasto másico de aire para conseguir que el regulador PID sea capaz de regular el proceso. Por ejemplo, si se ensaya en aspiración y el regulador no es capaz de gobernar el proceso, se puede abrir la válvula electroneumática de aspiración. De esta manera se consigue que el gasto circulante por el elemento a ensayar sea menor y el regulador sea capaz de alcanzar la consigna introducida automáticamente.

El caso contrario también puede darse, es decir que no se consiga alcanzar el valor introducido porque la válvula electroneumática está demasiado abierta. Obviamente debe seguirse el proceso inverso al explicado anteriormente. Su apertura y cierre se controla desde la sala mediante una fuente de intensidad. El flujo de aire restante circula a través de un conducto de PVC hasta la sala de medida, donde una válvula de mariposa manual abierta le dejará paso a la línea de medida de flujo estacionario. Este flujo pasará a través de un gran filtro antes de atravesar el medidor de placa caliente (medidor de gasto), ya que el medidor es muy sensible al polvo. Después desembocará en un segundo remanso donde el aire se estabiliza garantizando condiciones de parada en el mismo. Por último, el flujo de aire al salir del remanso atravesará el elemento a ensayar, desembocando al exterior.

En la Figura 4.3 se muestra la disposición de las válvulas y el remanso que se encuentran en la sala del compresor, en este esquema las válvulas están dispuestas para que la instalación funcione en impulsión y para que trabaje en aspiración.

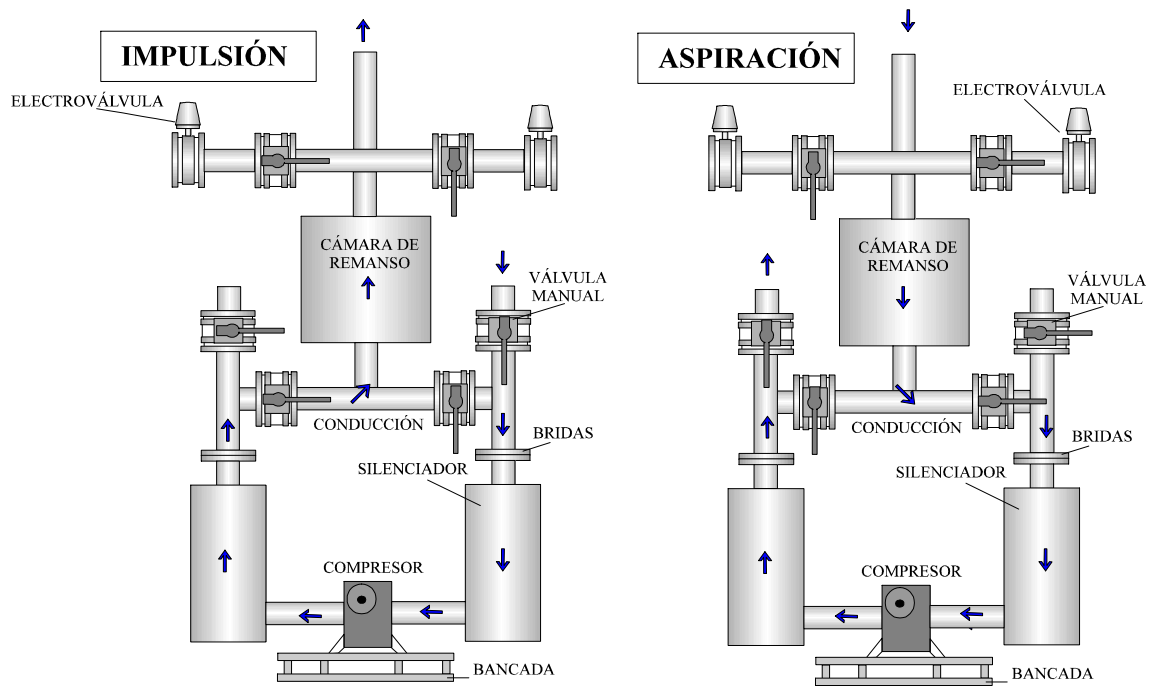


Figura 4.3 Disposición de válvulas y remanso.

4.1.4 Elementos principales del Banco de Flujo estacionario.

- Compresor volumétrico tipo roots.
- Motor eléctrico.
- Variador de frecuencia.
- Regulador P.I.D.
- Válvulas electroneumáticas lineales.
- Válvulas de mariposa.
- Remansos.
- Columnas verticales de agua y de mercurio.
- Tubo de PVC.
- Caja de control de las válvulas (Rack).
- Sensyflow.
- Termorresistencias.

A continuación se describe a cada uno de ellos. Sus especificaciones técnicas se encuentran detalladas en el pliego de condiciones.

- **Compresor volumétrico.**

El compresor volumétrico utilizado es de tipo roots y su función es la de impulsar o aspirar el caudal de aire requerido para el funcionamiento de esta instalación.

El compresor de lóbulos rotativos se encuentra situado, como ya se ha mencionado, en una sala aislada acústicamente del resto de la instalación. Las principales características del roots empleado son:

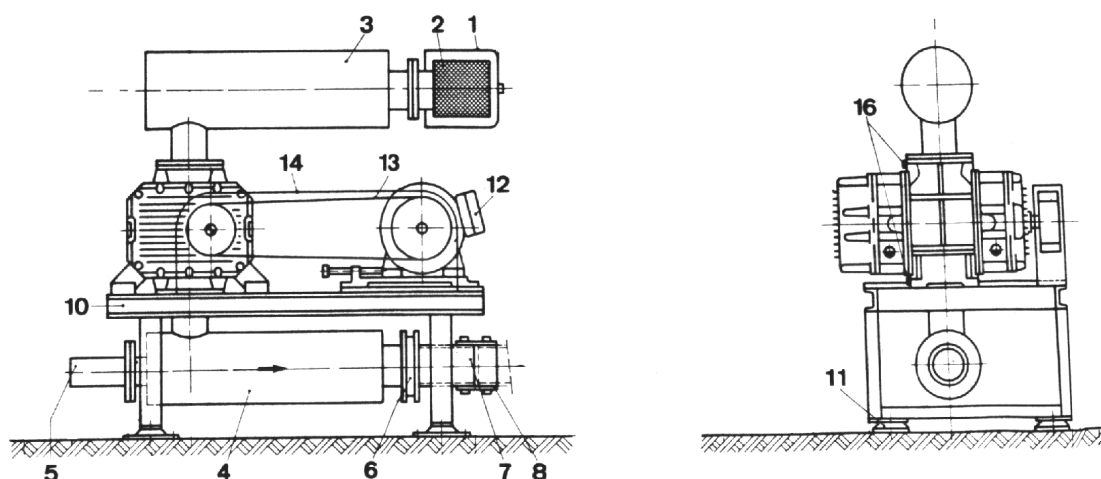
Tipo	RN
Tamaño	21.30
Número de fabricación	239
Condiciones de servicio	
<i>Fluido a vehicular</i>	Aire (sin aceite)
<i>Peso específico</i>	1.2 kg/m ³
<i>Caudal aspirado</i>	12 ± 5% m ³ /min
<i>Presión de aspiración</i>	0.2 bar
<i>Temperatura de aspiración</i>	20°C
<i>Presión de impulsión</i>	1 bar
<i>Diferencia de presión</i>	0.7 bar
<i>Temperatura final</i>	61°C
<i>Velocidad de giro de la soplante</i>	2700 rpm
<i>Velocidad de giro de accionamiento</i>	3000 rpm
<i>Potencia absorbida</i>	16.2 ± 5% kW
<i>Potencia motor</i>	18.5 kW
<i>Factor de inercia de la soplante</i>	0.3 kg/m ²
<i>Capacidad de aceite del cárter del lado del accionamiento</i>	0.5 litros
<i>Capacidad de aceite del cárter opuesto al lado del accionamiento</i>	0.95 litros
<i>Nivel de ruido aproximado</i>	100 dB
<i>Peso</i>	320 kg

- **Motor eléctrico.**

El accionamiento del compresor se realiza mediante un motor eléctrico asíncrono trifásico que satisface sus necesidades en cuanto a potencia y velocidad de accionamiento. Sus características principales son: potencia nominal 18.5 kW., velocidad de giro 3000 rpm y frecuencia 50 Hz.

La transmisión del movimiento del motor al compresor se realiza a través de correas trapezoides del tipo SPZ-2120. Los diámetros de las poleas del motor y la soplante son 150 y 160 milímetros respectivamente, siendo ambas del tipo SPZ.

El conjunto formado por motor eléctrico y compresor descansa sobre una bancada realizada mediante perfiles laminados. Su diseño permite la correcta ubicación de estos elementos así como el tensado de las correas gracias la posibilidad de variar la distancia entre los ejes de las poleas del motor eléctrico y el compresor. El montaje utilizado para el conjunto compresor roots y motor eléctrico se muestra en la Figura 4.4



- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. Caperuza de protección antilluvia. | 8. Manguito de gomas con abrazaderas. |
| 2. Filtro de aspiración. | 10. Bancada de perfiles laminados. |
| 3. Silenciador "L". | 11. Pies elásticos con pernos de anclaje. |
| 4. Silenciador "L-VS". | 12. Motor de accionamiento. |
| 5. Válvula de seguridad. | 13. Poleas y correas. |
| 6. Válvula de clapeta antirretorno. | 14. Protección transmisión. |
| 7. Tubo brida. | |

Figura 4.4 Montaje compresor – motor eléctrico.

- **Variador de frecuencia.**

Para obtener el gasto deseado el motor eléctrico está conectado a un variador o convertidor de frecuencia, que permite regular la velocidad de giro del motor.

El variador presenta cuatro modos distintos de funcionamiento:

- control V/F en lazo abierto.
- control V/F en lazo cerrado.
- control vectorial en lazo abierto.
- control vectorial en lazo cerrado.

También incorpora un control de flujo vectorial y esto le permite proporcionar el 150% del par desde 0 Hz, así como el control de par. La precisión de velocidad es del 0.2% en lazo abierto y llega hasta el 0.02% en lazo cerrado asegurando una velocidad sin tener en cuenta los cambios en la carga.



Figura 4.5 Variador de frecuencia de la instalación.

- **Regulador P.I.D.**

Para regular el gasto automáticamente se utiliza un regulador P.I.D., que es el tipo de reguladores de procesos lineales más empleado, y proporciona tres tipos de acciones:

Acción Proporcional. Permite disminuir el tiempo de respuesta del proceso si aumenta su valor (el sistema se hace más rápido a causa de que se apliquen acciones

de control más energéticas). La acción proporcional también ayuda a corregir errores estacionarios.

Acción Integral. Permite eliminar errores estacionarios cuando una simple acción proporcional es incapaz de hacerlo. Ante un error permanente, el valor de la integral aumenta con el tiempo y por tanto la acción de control es cada vez mayor hasta conseguir que el sistema alcance el valor deseado.

Acción Derivada. Produce una acción de control proporcional a la derivada del error. Con esta acción se dota al regulador de un cierto sentido de anticipación, ya que la derivada indica la pendiente del error en cada instante del tiempo. Es empleada para mejorar el transitorio, haciéndolo más rápido y menos oscilatorio.

- **Válvulas electroneumáticas.**

Estas válvulas operan mediante dos discos deslizantes con orificios rectangulares que cierran el uno contra el otro, y son movidos por un pistón de accionamiento neumático equipado con un posicionador, con lo que se produce un cambio lineal del área transversal en relación con la carrera.



Figura 4.6 Válvulas electroneumáticas de la instalación.

Las dos válvulas empleadas son del tipo 8043/44 de 100 milímetros de diámetro nominal. Sus características principales son:

<i>Material del cuerpo</i>	Acero al carbono y acero inoxidable
<i>Rango de temperatura del fluido</i>	Cuerpo de -10 °C a 300 °C
<i>Rango de temperatura del posicionador</i>	De -10 °C a 60 °C
<i>Características</i>	Lineal o igual porcentaje
<i>Regulación</i>	40:1
<i>Histéresis</i>	1%
<i>Consumo de aire del posicionador</i>	Entre 300-500 litro/hora por 6 bar de presión suministrada

- **Válvulas de mariposa.**

Situadas a continuación de las válvulas electroneumáticas, se encuentran dos válvulas de mariposa manuales cuya función es la de asegurar la estanqueidad de la instalación cuando el sentido del flujo es inverso al de funcionamiento de las válvulas electroneumáticas.

Otra serie de válvulas de este tipo, son utilizadas para seleccionar el sentido de flujo en la instalación (aspiración o impulsión) por medio de distintas combinaciones.

En la sala de medida se encuentran otras dos válvulas de mariposa, una de las cuales servirá para permitir o no el paso de flujo a la línea que se esté usando y en la que se encuentran el medidor de placa caliente, el remanso y el elemento en cuestión. La otra servirá para dar paso a la línea empleada para los ensayos de caracterización de culatas o flujo transitorio.

- **Remanso.**

El remanso está situado al final de la línea de la instalación, y su función es la de garantizar condiciones de parada antes del elemento a ensayar.

Este remanso consiste en un depósito cilíndrico de hierro, montado sobre una bancada construida con perfiles del mismo material. El depósito tiene un volumen de 800 lt aproximadamente. Este volumen es el que se encarga de eliminar cualquier fluctuación o pulsación que no ha podido ser atenuada en el remanso previo o que se puedan producir por las singularidades presentes a lo largo de la tubería o al propio elemento ensayado.

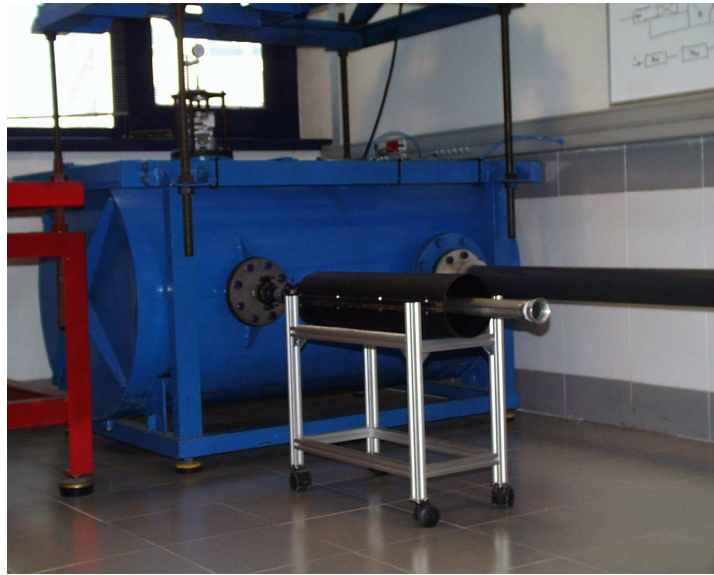


Figura 4.7 Remanso.

- **Columnas verticales de agua y mercurio.**

Las columnas están formadas por un tubo de cristal con un sistema de vasos comunicantes que en su interior contiene agua teñida con anilina. Entre los tubos de cristal se sitúa una regla graduada en milímetros; un extremo del tubo esta a presión atmosférica, mientras que el otro esta conectado al remanso, por lo que sobre la regla se puede medir directamente la diferencia de presión entre ambos extremos, es decir entre la atmósfera y el remanso, aguas arriba y aguas abajo del elemento a caracterizar.

Debido a que la columna líquida es el sistema más preciso y además está autocalibrado para la medida de presiones estáticas, para la caracterización de silenciadores desde el punto de vista de las pérdidas de carga, generalmente se emplearán columnas de agua verticales. El mayor inconveniente de este sistema radica en la imposibilidad de medir grandes diferencias de presión. En ese caso se emplearán columnas de mercurio, que permitirán un rango de medida mucho mayor a costa de perder precisión.

Las columnas de agua, como ya se ha mencionado, están coloreadas de rojo y de azul con anilina para facilitar la lectura de las medidas.



Figura 4.8. Columnas verticales de agua y mercurio.

- **Tuberías de PVC.**

La tubería de PVC es el elemento a través del cual se conduce el flujo desde el conjunto del compresor hasta la sala de medida. El tubo tiene unas dimensiones de 110 mm de diámetro por 5.3 mm de espesor, cumpliendo la norma UNE 53112.

- **Caja de control (RACK).**

Las válvulas electroneumáticas se controlan de forma remota, mediante una caja de control cuyo panel está compuesto principalmente por dos potenciómetros y dos indicadores numéricos en los que se puede leer directamente la intensidad de corriente suministrada a las válvulas en cada momento. Dicho valor de la intensidad tiene una relación lineal con el gasto másico circulante a través de la válvula, por lo que servirá de referencia para controlar el gasto másico circulante por el sistema de medida. Junto a éstos, también se dispone de un termómetro electrónico, que da la lectura de la temperatura ambiental y de la temperatura en el remanso, ambas medidas con termorresistencias.



Figura 4.9 Caja de control (RACK).

- **Sensyflow.**

El Sensyflow es un transductor que permite medir directamente el gasto másico de aire que circula por la instalación, mediante la técnica de anemometría de placa caliente. El principio de funcionamiento consiste en la variación de la resistencia eléctrica de un material con la temperatura, este fenómeno se aprovecha para generar una señal que permite determinar el enfriamiento de la resistencia debido a la velocidad que posee el fluido.

El método utilizado para aprovechar este fenómeno recibe el nombre de “Método de la Temperatura Constante”. La variación de la resistencia con la temperatura cumple la siguiente ecuación:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_0))$$

siendo:

R_0 = Resistencia de la placa a la temperatura de referencia T_0 .

R = Resistencia de la placa a la Temperatura T .

α = Coeficiente dependiente del tipo de placa que estemos usando.

La ventaja de este método radica en la posibilidad de obtener la medida casi instantáneamente. Los resultados se presentan de forma digital en un indicador numérico permitiendo una rápida lectura del gasto, lo que representa una gran ventaja respecto a los métodos convencionales.

Entre los inconvenientes destacan su alto precio, la sensibilidad al polvo (necesidad de un filtro previo al aparato) y una buena orientación de la resistencia eléctrica para obtener el gasto real.



Figura 4.10 Montaje del Sensyflow en línea.

- **Termorresistencias.**

Las Termorresistencias se utilizan para medir la temperatura en diversos puntos de la línea. Son resistencias de metal cuyo valor varía linealmente con la temperatura. Los metales más utilizados suelen ser el platino, el cobre, el níquel y el wolframio, de los que el primero es el que mayor linealidad presenta pero también es el más caro. La variación de la resistencia de estos metales se suele medir mediante un puente de Wheastone. Su sensibilidad es baja y su respuesta lenta además requieren de una fuente de alimentación. Son recomendables para la medida de temperaturas atmosféricas, como es nuestro caso.

4.1.5. Descripción de los elementos para la realización de los ensayos.

4.1.5.1. Placas.

Existen una gran variedad de placas que se adaptan a la forma de cada una de las cámaras existentes en el Banco de Flujo. Las placas forman las cámaras de las geometrías y dan a su vez mayor consistencia y rigidez al prototipo. Se dividen en lisas y perforadas, aunque en este caso se utilizarán únicamente lisas.

Estas placas actúan como tapas finales en el montaje de las cámaras que constituyen la geometría. Poseen un agujero pasante de 65mm de diámetro donde se suelda el casquillo que se utiliza para la colocación del tubo que forma parte de la geometría y por el cual ha de pasar flujo.

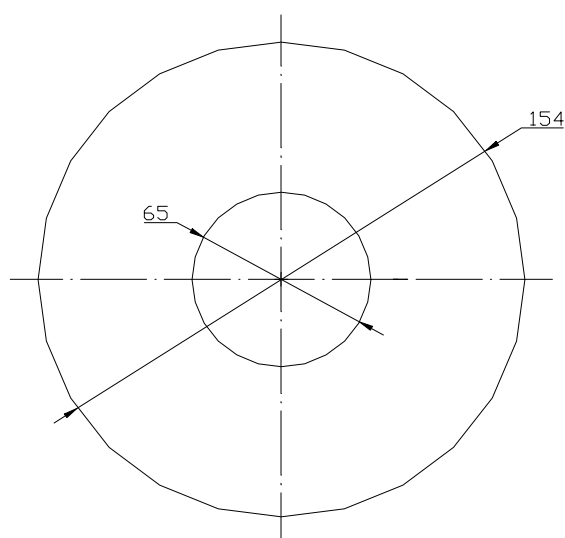


Figura 4.11 Esquema de las placas.

4.1.4.2. Elementos auxiliares.

- Casquillos.

Para conseguir un correcto alojamiento de la maqueta en la placa, se utilizan unos casquillos que deberán llevar una junta tórica para asegurar la estanqueidad entre el casquillo y el tubo, y que estará soldado a la placa mediante dos o tres puntos de soldadura. En la Figura 4.12 se muestra un esquema de montaje del conjunto tubo-

casquillo-placa.

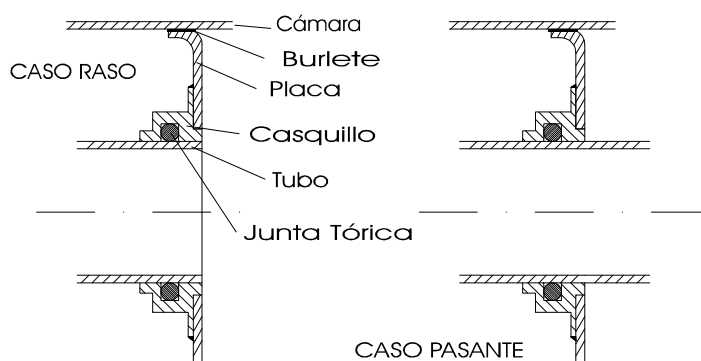


Figura 4.12 Esquema del montaje tubo-casquillo-placa.

- **Biconos.**

Para la unión de dos tubos encargados de conducir el flujo se utilizan biconos. La unión de dos biconos, uno macho y otro hembra, se realiza de la siguiente manera: se coloca el bicono macho en el tubo de entrada y a continuación una junta tórica para evitar fugas. El bicono hembra se coloca de forma similar en el otro tubo, se hacen coincidir los dos tubos de manera que queden enfrentadas las dos caras refrentadas de los mismos y se desplaza el bicono hembra hasta que la unión esté fija. A continuación, por medio del apriete de una abrazadera se consigue una total rigidez del conjunto.

Por otra parte y pretendiendo mejorar las uniones entre tubos y facilitar el montaje de los ensayos, se han diseñado una solución alternativa que consiste en unos casquillos de unión con juntas tóricas interiores para una mejor estanqueidad, y un resalte, para provocar un mejor acoplamiento entre los tubos al quedar enfrentados evitando perturbaciones en el flujo a causa de una irregularidad en el casquillo.

4.1.5 Montaje de geometrías.

A la hora de preparar el montaje de una geometría deben realizarse las siguientes comprobaciones:

- Controlar que cada uno de los tubos montados estén horizontalmente alineados, verificándolo con un nivel.
- Todas y cada una de las uniones (excepto las selladas con doble burlete) por muy estancas que pareciesen y aunque llevaran doble junta tórica en el casquillo se sellarán con silicona (no se podrá comenzar el ensayo hasta que ésta esté íntegramente seca) y por fuera con algunas vueltas de cinta aislante.

Como se ha mencionado anteriormente, la estanqueidad entre placa y maqueta se obtiene mediante una tira de burlete de caucho. Esta debe reemplazarse cada vez que se monte una nueva geometría, aunque a simple vista dieran la impresión de estar en buen estado asegurando así que no hay fugas debidas al deterioro del material.

4.1.6. Rutina de medida.

El procedimiento de medición deberá ser riguroso y meticuloso, ya que cualquier pequeño descuido podrá conllevar una medida errónea con la consiguiente pérdida de exactitud que ello supone. Es muy importante que la cámara este sellada herméticamente, ya que fisuras en las uniones entre los tubos las placas y la maqueta, provocarán pérdidas de aire que se traducirán en errores a la hora de comparar resultados obtenidos que impliquen por ejemplo un gasto de aire preciso con una frecuencia y a una temperatura indicada. Las fugas en impulsión, como es el caso, son más fáciles de detectar. Así que se deben asegurar al máximo todos los demás aspectos del montaje para disminuir al mínimo la posibilidad de fugas. Los pasos a seguir cuando se realice un ensayo son los siguientes:

1. Montar la geometría deseada.
2. Preparar la instalación.
3. Encender el Banco de Flujo y comprobar que no hay fugas.
4. Manipular el variador y las válvulas hasta conseguir el primer gasto deseado.
5. Estabilizar el flujo en ese gasto.
6. Tomar las lecturas de las variables del ensayo.
7. Repetir el proceso desde el punto 5 hasta completar el número de medidas a ensayar.

1. Montar la geometría deseada:

La geometría interior se montará tal y como se ha explicado ya en el punto 4.1.5. de este capítulo, prestando especial atención al sellado de todas y cada una de las uniones. Las distintas geometrías corresponderán a los planes de ensayos, que previamente se prepararán, para cumplir con los objetivos marcados.

2. Preparar la instalación:

Antes de poner en marcha la instalación es necesario realizar algunos preparativos, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Se comprobará que las válvulas de mariposa y electroneumáticas de la instalación de la sala del roots se encuentran en la posición correcta, según el tipo de ensayo que se vaya a realizar, ya sea impulsión o aspiración.
- Se encenderá el Sensyflow.
- Se encenderá la fuente de alimentación que controlará el variador de frecuencia, el PID y las válvulas electroneumáticas.
- Se abrirá la válvula que suministra aire comprimido a las válvulas electroneumáticas.

3. Encender el Banco de Flujo y comprobar que no hay fugas:

Antes de que se realice cualquier ensayo será necesario asegurarse que no haya ninguna fuga en la línea. Para ello, se encenderá la instalación y se irá subiendo progresivamente el gasto hasta que se sobrepase el máximo al que se realizará el ensayo (con esto se asegura que al gasto máximo de ensayo no aparecerán fugas). Una vez alcanzado el gasto máximo, se repasará detenidamente cada una de las uniones de la línea de la instalación hasta el remanso. Cuando se ensaye en impulsión, las fugas se buscan de manera rápida al tacto, ya que se podrán detectar con facilidad, sobre todo si llegasen a ser importantes. Para confirmar si hay fugas en alguno de dichos puntos, se utilizará un spray detector de fugas destinado a este fin, o en su defecto se mojará la posible fuga con la espuma de una solución de agua y jabón.

4. Manipular las válvulas hasta conseguir el primer gasto deseado:

Terminada la comprobación de las fugas, se da inicio al ensayo. Lo primero que se deberá hacer es tomar los datos de las condiciones ambientales, como son la presión

atmosférica (en mbar), la temperatura (°C) y la humedad relativa (%). Después, se encenderá el grupo soplante con la válvula de mariposa de la sala de ensayo completamente abierta, al igual que la válvula electroneumática de la sala del compresor. Acabada esta operación, se empezará a regular el gasto ya bien con el PID, introduciendo la consigna de gasto que se quiere conseguir, o manualmente fijando el régimen de giro del motor que produce el arrastre sobre el compresor. En ambos casos se regulará el rango de gasto sobre el que se moverá la medida con la apertura o cierre de las válvulas electroneumáticas.

5. Estabilizar el flujo en ese gasto:

Antes de medir, se deberá esperar el tiempo necesario para que el flujo se estabilice y el líquido de la columna no fluctúe, con el fin de que la medida sea lo más correcta posible. En los casos más extremos, como en geometrías con cámaras cortas o bien tubos de diámetros pequeños, esta fluctuación no llegará a desaparecer por completo debido a la turbulencia producida en el elemento, por lo que se deberá tomar una medida intermedia dentro del intervalo de fluctuación. Normalmente, el tiempo de espera deberá ser de aproximadamente diez minutos, transcurrido el cuál el flujo será estable y la columna de agua apenas fluctuará.

6. Tomar las lecturas de las variables del ensayo:

Transcurrido el tiempo necesario para que el flujo se estabilice, se pueden realizar las mediciones sobre la maqueta que la naturaleza del ensayo requiere, es decir, medidas de la temperatura del aire que pasa a través de ella bajo determinadas circunstancias (sonido a determinadas frecuencias, calentador a un voltaje fijado).

También se deben tener en cuenta los datos de temperatura en el remanso y de diferencia de presión en la columna de agua o de mercurio. El primero irá siempre expresado en grados centígrados (°C) y el segundo en mm de columna de agua (mm H₂O). Si la columna en que se realizase la medición fuera de mercurio, bastará para hacer la conversión multiplicar por 13.6, que corresponde a la densidad del mercurio.

7. Repetir el proceso hasta completar el número de medidas a ensayar:

Cuando se ha tomado la primera medida, se procede como antes para realizar las siguientes.

4.2 MAQUETA.

4.2.1 Introducción.

El diseño de la maqueta está basado en la necesidad de realizar una serie de ensayos que conllevaban la aplicación independiente o al mismo tiempo de calor y ruido a una masa de aire circulante determinada pasando a través de un calentador, y de la medición de diferentes variables (temperatura del aire, características acústicas) en el interior de la geometría utilizada y en diversas posiciones a lo largo de ésta.

4.2.2 Descripción.

Para la primera parte de los ensayos (caracterización acústica) donde no era necesaria la presencia de una determinada masa de aire, se utilizaron tres tubos de 352 y 310 y 565 mm unidos con el calentador de aire, descrito en el capítulo 2, entre ellos y ajustado por medio de un dispositivo centrador.

Se realizaron una serie de taladros de diámetro 10 mm a lo largo de los dos primeros tubos. En la parte superior dichos taladros tienen soldado cada uno un casquillo con roscado interior que permitirá colocar los micrófonos necesarios para la caracterización en diferentes posiciones. En total hay 9 alineados, 5 en el primer tubo y cuatro más en el segundo, y dos a 120 ° cada uno alrededor del último. Como cada vez se utilizarán máximo 4 micrófonos por prueba, los taladros que no tengan un micrófono ajustado deben quedar completamente sellados por medio de un sistema tornillo-arandela para evitar cualquier fuga de aire.

En la parte inferior hay otra tira de taladros, también a lo largo de ambos tubos, de diámetro 10 mm estos sin casquillo, para ajustar los termopares con los que se

tomarán los datos de temperatura en la parte final de los ensayos. En total hay 6 taladros de este tipo que, como los superiores, deben quedar completamente sellados cuando no haya un termopar en ellos, en este caso con cinta aislante.

En uno de los extremos se ajusta el altavoz por medio del cual hacemos llegar el sonido al interior del tubo, cuyas características se miden con los micrófonos dispuestos para ello, y el otro se deja libre.

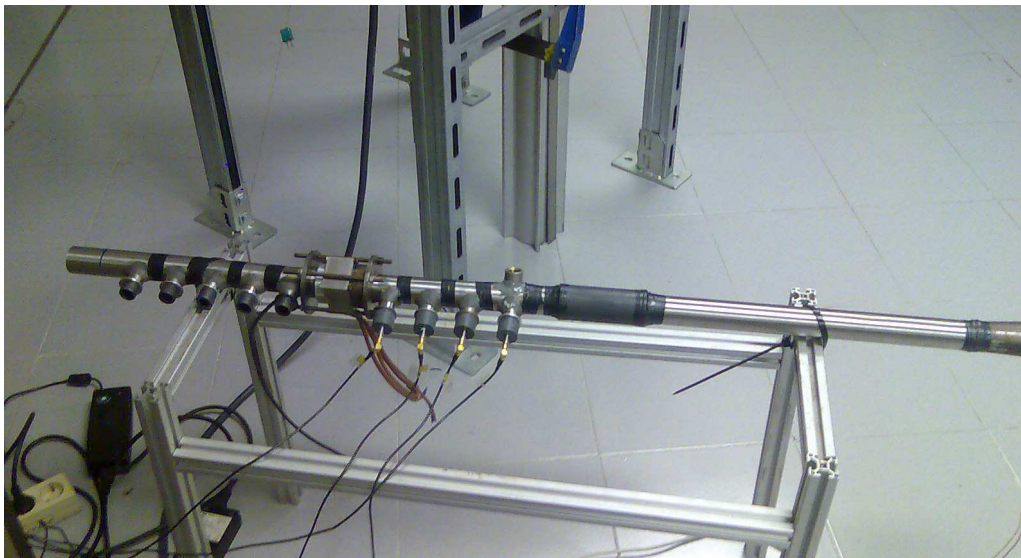


Figura 4.13 Montaje inicial

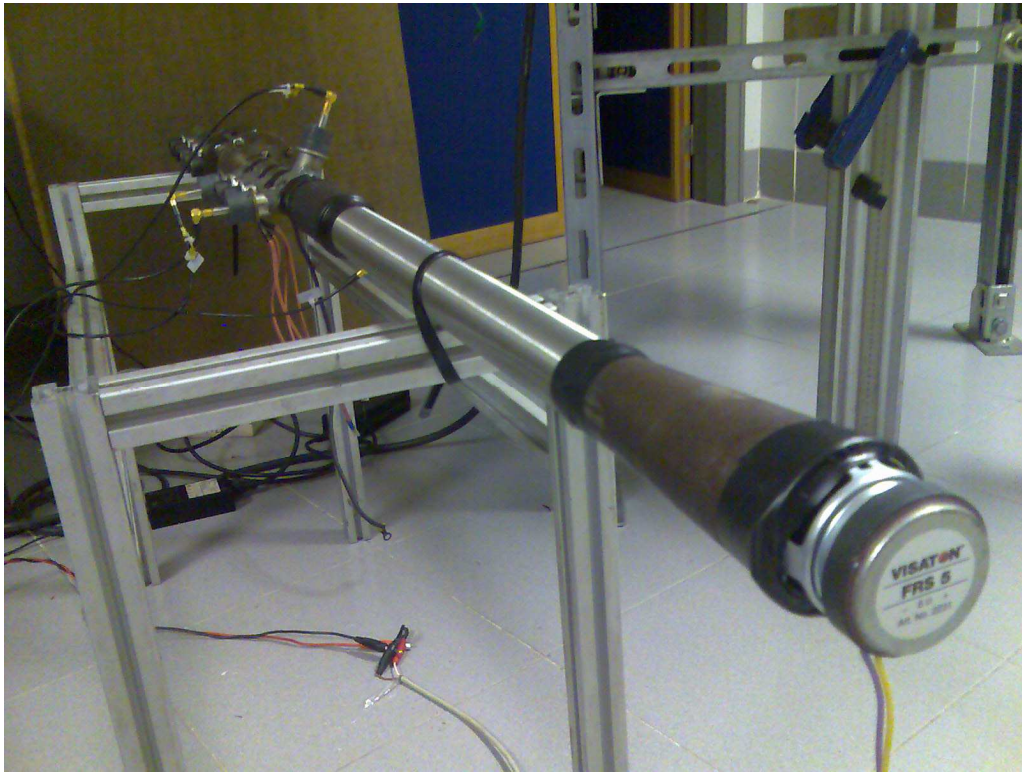


Figura 4.14 Montaje inicial

Después de la caracterización acústica se realizaron los ensayos en el banco de flujo. Como al mismo tiempo había que conectar la maqueta al banco de flujo y hacer pasar el sonido como en las pruebas anteriores, al diseño inicial se acopló un conjunto de tubos de acero inoxidable cortados y soldados en forma de Y. Así, mientras por uno de ellos se hace pasar el aire desde el remanso, en el extremo del otro se ajusta el altavoz.

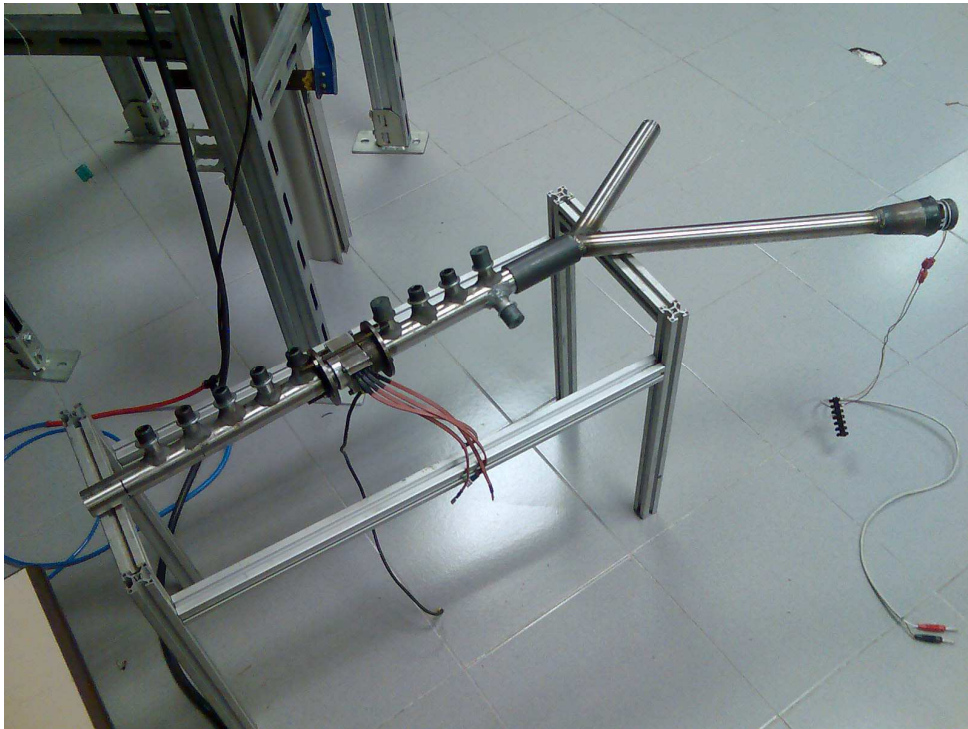


Figura 4.15 Montaje final



Figura 4.16 Montaje final, conectado al depósito.

4.3 INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE MEDIDAS.

4.3.1 Introducción.

Los parámetros principales a medir en los ensayos realizados son, en la primera parte, las características acústicas en la maqueta y en la segunda parte, ya con presencia de gasto másico de aire, a demás la temperatura del aire en determinado puntos antes y después del calentador.

A continuación se describen los medios utilizados para la medición de estos parámetros.

4.3.2 Instrumentación para la medida de la temperatura.

Al ser el objetivo del proyecto estudiar el efecto que tienen campos acústicos con determinadas características en la transmisión de calor, es necesario medir la temperatura del aire en diferentes puntos del conducto antes y después del calentador. Para ello se emplean transductores de temperatura. En el mercado de encuentran diferentes tipologías en función del rango de temperatura que se quiera medir. A continuación se describen algunas propiedades de las Termorresistencias y termopares.

4.3.2.1 Termoresistencias.

Los termómetros de resistencia utilizan como propiedad termométrica la resistencia eléctrica de un hilo metálico; con ellos podrán medir temperaturas absolutas.

En un conductor, el número de electrones disponibles para la conducción no cambia apreciablemente con la temperatura, pero si ésta aumenta, las posiciones de los átomos alrededor de sus posiciones de equilibrio son mayores, y así dispersan más eficazmente a los electrones, reduciendo su velocidad media. Esto implica un coeficiente de temperatura positivo, es decir, un aumento de la resistencia con la temperatura.

Por lo general la respuesta de una termorresistencia es de forma lineal (caso del platino y del cobre) o parabólicas, por lo que a lo sumo se precisan tres puntos, los cuales están establecidos internacionalmente, para su calibración.

Los termómetros de resistencia eléctrica suelen estar constituidos por una espira fina de platino, plata, cobre o tungsteno arrollados sobre un soporte de mica y protegida por porcelana.

Inconvenientes:

El empleo de un conductor para la medida de temperaturas está sometido a varias limitaciones:

- No se podrán medir temperaturas superiores ni próximas al punto de fusión del material de que está compuesto.

- Habrá que evitar los autocalentamientos debidos a que por el conductor circula una corriente. El transductor tiene que estar a la misma temperatura que el sistema.

- No debe tener ninguna deformación mecánica que varíe su resistencia y por tanto falsee las mediciones.

- Lentitud de respuesta.

- Requiere una fuente de alimentación exterior y un puente de Wheatstone.

Ventajas:

- Su sensibilidad es unas diez veces mayor que la de los termopares.

- Alta repetitividad, exactitud y linealidad.

- Bajo coste, caso del cobre y el níquel, aunque algo mayor en las de platino.

4.3.2.2 Termopares.

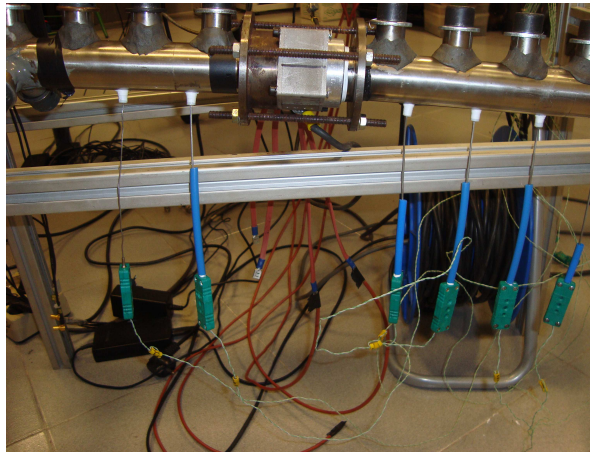


Figura 4.17 Termopares

Un termopar es la unión de dos metales distintos unidos en sus extremos donde se crea una diferencia de potencial (en milivoltios) que depende de la temperatura. En un termopar, es necesario tener al menos 2 uniones para cerrar el circuito, de esta manera, una unión servirá para medir temperatura, y la otra será la temperatura de referencia. La unión puede hacerse por simple contacto o por medio de una soldadura; lo que sí resulta importante es que, dependiendo de los materiales y el entorno, el termopar puede estar descubierto o cubierto por una vaina. Al colocarle una vaina al termopar, éste tendrá un mayor tiempo de respuesta, ya que se requiere que todo el encapsulado se caliente a la temperatura externa para obtener una medición correcta.

La utilización de los termopares para la toma de temperaturas se basa en el fenómeno por el cual en un circuito formado por dos metales diferentes soldados, cuando sus soldaduras se exponen a temperaturas distintas se generan fuerzas electromotrices que dependen de ese gradiente de temperaturas (efecto Seebeck). Al coeficiente de proporcionalidad α_{AB} que rige dicha variación se le conoce como coeficiente de Seebeck, y suele ser función de la temperatura.

$$dE = \alpha_{AB} \cdot dT$$

La fuerza electromotriz en un par sencillo es del tipo:

$$E = A \cdot (T_2 - T_1) + B \cdot (T_2 - T_1)^2$$

Es usual situar una soldadura de referencia en una cubeta a 0 °C (hielo y agua en estado fundente), y la otra en contacto con el sistema que se quiere analizar, entonces:

$$E = A \cdot t + B \cdot t^2$$

Y el potencial de Seebeck será:

$$\alpha = \frac{dE}{dt} = a + b \cdot t$$

Donde $A=a$ y $B=1/2b$, siendo los coeficientes a y b el potencial de Seebeck de cada metal respecto a un metal de referencia, normalmente el hierro.

Los tipos de termopares más empleados son:

1. Tipo B, formado por Platino-Rodio. Rango de utilización: 0°C a 1820°C.
2. Tipo E, formado por Cromo-Constatán. Rango de utilización: -270°C a 800°C.
3. Tipo J, formado por Hierro-Constatán. Rango de utilización: -210°C a 760°C.
4. Tipo K, formado por Cromel-Alumel. Rango de utilización: -270°C a 1200°C.
5. Tipo R, formado por Platino-Rodio; Rango de utilización: -50°C a 1768°C.
6. Tipo S, formado por Platino-Rodio. Rango de utilización: -50°C a 1768°C
Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro (1064,43° C).
7. Tipo T, formado por Cobre-Constatán. Rango de utilización: -270°C a 400°C.

Las características de la atmósfera idónea para que la utilización de cada tipo de termopar sea óptima varían según la cantidad de oxígeno y/o el nivel de humedad; si se usan en una atmósfera inerte, reductora o en el vacío.

En los termopares cubiertos la unión de los materiales está protegida por una vaina que asegura una protección mecánica y química del termopar. Los materiales empleados en las vainas están en función del lugar donde se haga la medida, así se tiene:

- Medida en aire: se elige generalmente acero inoxidable cuando la temperatura sobrepasa los 1.100 °C.
- Medida en agua a presión o vapor: las vainas de acero inoxidable son las más indicadas.

- Medida en atmósferas de dióxido de carbono: cuando son temperaturas de hasta 650 °C se utiliza acero inoxidable y por encima de ésta, los aceros refractarios.

Ventajas:

- No precisan de fuente de alimentación.
- Bajo coste.
- Gran rango de temperaturas.
- Tiempos de respuesta de milisegundos.
- Son robustos.

Inconvenientes:

- Sólo miden incrementos de temperatura.
- Falta de linealidad.
- Poco estables.
- Sensibilidad muy baja.
- Curva de calibración difícil.

La corriente que recorre el circuito ha de ser mínima, de no ser así, dado el efecto reversible de los efectos Peltier y Seebeck, la temperatura de los conductores y en particular de las uniones será distinta debido al flujo de calor desde y hacia el circuito. Según la intensidad hasta el propio efecto Joule intrínseco a todo fenómeno eléctrico puede ser apreciable.

4.4 INSTRUMENTACIÓN DE LA MAQUETA.

En este proyecto solo se han utilizado termopares de tipo K. A continuación se muestra en que puntos se ha tomado medida de la temperatura y las características del termopar correspondiente.

	POSICIÓN	INSTRUMENTO
Antes del calentador	SECCIÓN 1	Termopar K. Cabeza cubierta \varnothing 1mm
	SECCIÓN 2	Termopar K. Descubierta \varnothing 1.5mm
Después del calentador	SECCIÓN 3	Termopar K. Descubierta \varnothing 1.5mm
	SECCIÓN 4	Termopar K. Descubierta \varnothing 1.5mm
	SECCIÓN 5	Termopar K. Descubierta \varnothing 1.5mm
	SECCIÓN 6	Termopar K. Descubierta \varnothing 1.5mm

4.4.1 Data Logger.

El elemento utilizado para la medida de temperaturas es una unidad de adquisición/conmutación de datos llamado Data Logger y que corresponde al modelo HP 34970A.

En este caso se utilizaron 6 canales de los 22 disponibles en los que las temperaturas medidas son las siguientes:

- Canales 1-2: Temperatura del aire antes del calentador.
- Canales 3-6: Temperatura del aire después del calentador.

Las funciones prácticas de registro de datos son:

- Medición directa de termopares, RTDs, termistores, tensión cc, tensión ca, resistencia, corriente cc, corriente ca, frecuencia y período.
- Exploración por intervalos con almacenamiento de hasta 50.000 lecturas en las que aparece registrada la hora.
- Configuración independiente de canales con función, escala $Mx+B$ y límites de alarma disponibles en cada canal.
- Interfaz de usuario intuitivo con botones para la selección rápida de canales, desplazamiento por menús y entrada de datos desde el panel frontal.
- Software HP BenchLink Data Logger para Microsoft Windows.

Las funciones de adquisición/conmutación de datos son las siguientes:

- Exactitud, estabilidad y eliminación de ruidos del multímetro de $6\frac{1}{2}$ -dígitos.
- Hasta 60 canales por instrumento (120 canales con terminación única).
- Velocidades de hasta 600 lecturas por segundo en un canal y velocidad de exploración de hasta 250 canales por segundo.

- Selección de funciones de multiplexación, matriz, conmutación de formato C de uso general, conmutación RF, E/S digital, totalización y salida analógica de 16 bits.
- El interfaz HP-IB (IEEE-488) y el interfaz RS-232 son estándar.
- Compatibilidad SCPI (Comandos Estándar para Instrumentos Programables).

Mediante el software HP BenchLink Data Logger para Microsoft Windows se guardan las temperaturas registradas en formato .txt que más tarde se procesarán con el programa correspondiente.



Figura 4.18 Datta Logger

4.4.2 Sistema informático.

El ordenador empleado para la ejecución del software BenchLink Data Logger, es un ordenador portátil modelo Satellite 4100 CDT de la marca Toshiba.

4.4.3 Calentador.

Las características generales del calentador de admisión utilizado en este proyecto fueron descritas en el capítulo 2, en el apartado **2.5.2 Sistemas de ayuda de arranque para motores diesel.**

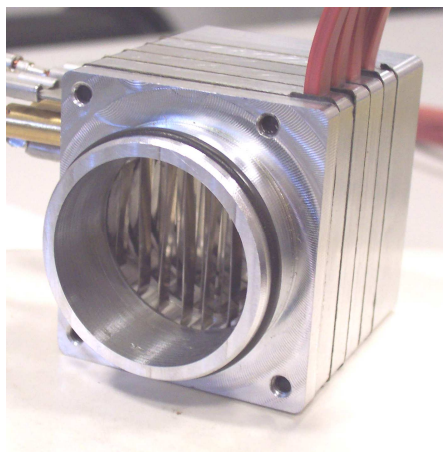


Figura 4.21 Calentador colector de admisión.

En este caso se utilizó un prototipo con cuerpo de aluminio de cuatro placas unidas por medio de tornillos, de 25 A cada una, que pueden ser controladas de forma independiente por una fuente de alimentación externa, con una potencia de calentamiento de 1000 W aproximadamente.

4.5 INSTRUMENTACIÓN PARA LA MEDIDA DEL RUIDO.

4.5.1 Micrófonos.

Los micrófonos son sensibles a las variaciones de presión, por lo que son los encargados de captar el ruido que genera el flujo durante la realización de los ensayos. Aunque existen micrófonos con principios de funcionamiento muy variados, para medidas de una cierta precisión se utilizan exclusivamente micrófonos de condensador pues, además de su estabilidad, tienen una respuesta lineal en función de la frecuencia.

Estos micrófonos consisten en una pequeña membrana flexible que es deformada por las variaciones de presión sonora y que constituye la parte móvil de un sensor capacitivo.

El volumen existente detrás de la membrana está comunicado con la atmósfera a través de un pequeño orificio con el fin de evitar deformaciones debidas a las variaciones de la presión ambiental. Este orificio produce, además, un amortiguamiento

viscoso del movimiento de la membrana. Esta membrana y el electrodo posterior están conectados a una tensión continua de polarización, produciendo una carga eléctrica.

Existen algunos micrófonos, generalmente para utilización en equipos portátiles, que evitan la necesidad de una tensión de polarización recubriendo la membrana, o el electrodo posterior, con una fina capa de un material prepolarizado (Electret).

Los diámetros de los micrófonos están normalizados a valores de 1", 1/2", 1/4" y 1/8", utilizándose los de mayor diámetro para medidas de niveles de presión sonora a bajas frecuencias, y los de menor diámetro para medidas a frecuencias elevadas.

Los cuatro micrófonos utilizados en este trabajo son todos del tipo 4935 de la marca Brüel & Kjær, cuyas características principales se describen a continuación.

4.5.1.1 Características del micrófono tipo 4935.



Figura 4.21 Micrófono.

Se usan normalmente para la grabación simultánea de señales en series de micrófonos medianas o grandes. Las características de los micrófonos del tipo 4935 son:

- Diámetro: 7mm (1/4").
- Longitud: 65mm (2.6")
- Peso: 10 g (0.35 oz.)
- Rango de frecuencia: ± 1 dB, 100Hz a 3 kHz ± 2 dB, 3 kHz a 5 kHz.
- Rango dinámico: 30dB a 140dB
- Sensibilidad nominal: 5,6 mV/Pa.

- Impedancia de salida: 70Ω

Cables.

Se utilizará un coaxial de un solo canal, con conexión de SMB a BNC, con diez metros de longitud, para cada micrófono.

Calibración.

La calibración de estos micrófonos se realizará mediante el pistófono del tipo 4228 de la misma marca Brüel & Kjær.

4.5.2 Amplificador y altavoz.

Un amplificador es todo dispositivo que, mediante la utilización de energía, magnifica la amplitud de un fenómeno. Amplificar es agrandar la intensidad de algo, en este caso, sonido. Para aumentar o disminuir el sonido generado para los ensayos se ha utilizado el amplificador de la marca Optimus, 120 W. RMS, AXC-120



Figura 4.19 Amplificador.

El sonido se transmite mediante ondas sonoras a través del aire. El oído capta estas ondas y las transforma en impulsos nerviosos que llegan al cerebro. Si se dispone de una grabación de voz, de música en soporte magnético o digital, o si se recibe estas señales por radio, se dispondrá a la salida del aparato de unas señales eléctricas que deben ser convertidas en sonidos audibles; para ello se utiliza el altavoz. El que se ha

utilizado en este proyecto es un altavoz Visaton FRS 5, 8 Ω, 84 dB (1W / 1M), 150 Hz - 20000 Hz.



Figura 4.20 Altavoz

4.5.3 Sistema pulse.

Para la adquisición y procesado de las señales se utiliza el Sistema Multi-analizador Tipo 3560 de la marca Brüel & Kjær. El sistema PULSE se compone de un PC, el software PULSE, Windows NT®, Microsoft® Office y un hardware de adquisición front-end. Esto permite un amplio rango de configuraciones del sistema, permitiendo medidas desde 2 a 32 canales según la configuración utilizada. En la figura 4.22 se pueden apreciar los posibles componentes para el Sistema Multi-analizador del Tipo 3560.

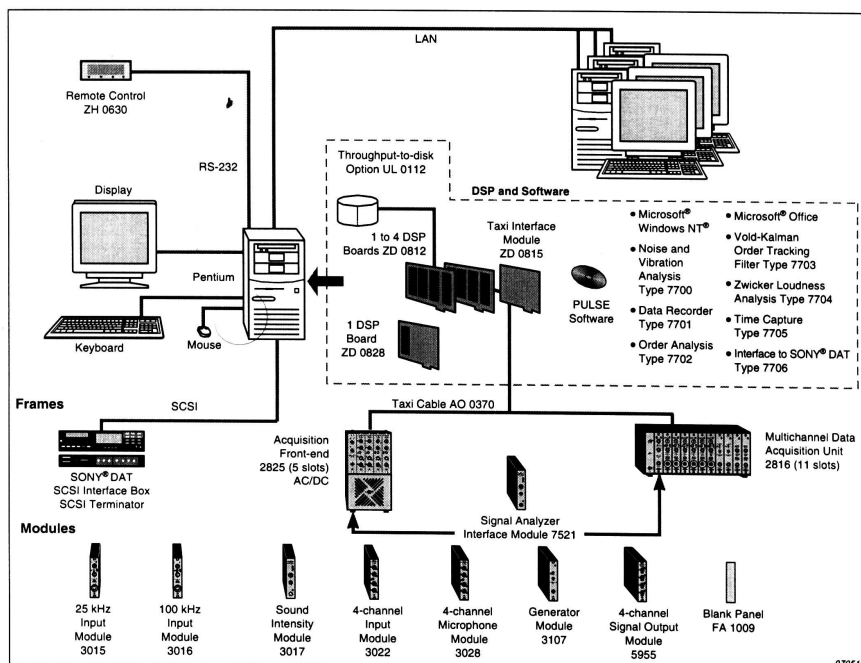


Figura 4.22. Posibles componentes para el Sistema Multi-analizador del Tipo 3560.

4.5.3.1 Hardware del sistema Pulse.

En este caso el Hardware del sistema PULSE está compuesto por una Unidad multicanal de adquisición de datos con un módulo de control Tipo 7536 y un módulo input/output Tipo 3109. El Hardware se completa con un ordenador PC Toshiba donde está instalado el programa Pulse.

En la Figura 4.23 se muestra la unidad de adquisición de datos que se ha utilizado en este proyecto.

Esta unidad es conectada al PC usando un cable coaxial de red del tipo CAT.5e UTP con conectores tipo RJ-45.



FIGURA 4.23 Unidad de Adquisición de datos.

Las posibles configuraciones que permite esta unidad se pueden encontrar en el Pliego de Condiciones, donde se muestran con más detalle sus características técnicas.

Configuración utilizada en este proyecto:

1. Módulo de control Tipo 7536.
2. Módulo de input/output Tipo 3109

1. Módulo de control tipo 7536

Este modulo permite la interfaz de comunicación entre el front-end del Pulse y su software en el ordenador vía LAN (Local Area Network), también la medida de voltaje o parámetros físicos como posición, velocidad del viento o temperatura vía 12 canales de entrada auxiliares.

Características:

- Transferencia de datos según protocolo TCP/IP.
- Conexión de control remoto para medir intensidad de sonido vía interfaz RS-232.
- Instalación y transmisión de datos desde módulos de entrada, con muestreo de tiempo y sincronización de front-end.

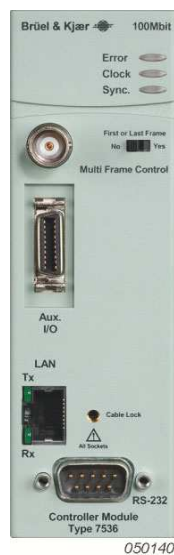


Figura 4.24 Módulo tipo 7536.

2. Módulo de input/output Tipo 3109

El tipo 3109 es un módulo con cuatro canales de entrada (inputs) que permite tanto medidas acústicas como de vibraciones, y dos canales de salida (outputs) que pueden ser usados como generadores de señal con una gama de frecuencia de 0 a 25.6 kHz y pueden suministrar todas las señales necesarias para realizar análisis de sistema. Un indicador de overload señala cualquier acondicionamiento incorrecto o daños en los cables de los transductores instalados.

Las funciones y características de los módulos están determinadas por el software Pulse utilizado.



Figura 4.25 Módulo tipo 3109

El sistema 3560 usa tecnología paralela DSP para procesar las señales y permite de una a cuatro placas DSP. Añadiendo una placa DSP más, se incrementa el ancho de banda por canal del análisis del tiempo real. Esto significa que la función del tiempo real es escalable y una placa DSP se puede añadir posteriormente al sistema si fuera necesaria. Por ejemplo, si en un futuro se añadieran más canales, también se podrían añadir más placas DSP para mejorar al ancho de banda por canal.

El Sistema Pulse requiere como mínimo la siguiente configuración:

- Procesador Pentium III de 750 MHz
- 256 MB de RAM
- Windows XP o 2000
- Office XP o 2000
- Explorer 6
- Adobe Acrobat Reader 6

Las características recomendadas serían:

- Procesador Pentium IV de 2,6 GHz
- 512 MB de RAM.

El PC en que se ha instalado en el Sistema PULSE es de la marca Toshiba y cumple holgadamente con los requerimientos básicos.



Figura 4.26 Amplificador, PC Toshiba y unidad de adquisición de datos (PULSE).

Las características del Toshiba S2400-103 son:

- Procesador Pentium IV 1,60 GHz
- 256 MB de memoria RAM
- combinación de CD-RW / DVD-ROM
- Disco duro de 30 GB

4.5.3.2 Software del sistema Pulse.

El Análisis de Ruido y Vibración Tipo 7700 es la base del software PULSE™ y permite la definición de la configuración y realización de medidas, calibración, pos procesado, pantallas y documentar los resultados. Contiene un número de herramientas que permiten personalizar el sistema para ajustarse a los requerimientos de las medidas.

PULSE proporciona acceso a analizadores, funciones de pos procesado y recursos en las pantallas para distintas aplicaciones. Los analizadores y otros medios de que dispone el Sistema dependen del software instalado. Para el software base de PULSE, Análisis de Ruido y Vibración Tipo 7700, están disponibles los siguientes:

- Analizador FFT
- Analizador CPB (1/nth Octave)
- Analizador de Nivel Global
- Generador de señal

En la figura 4.27 se puede apreciar el software y las posibles aplicaciones que permite el PULSE.

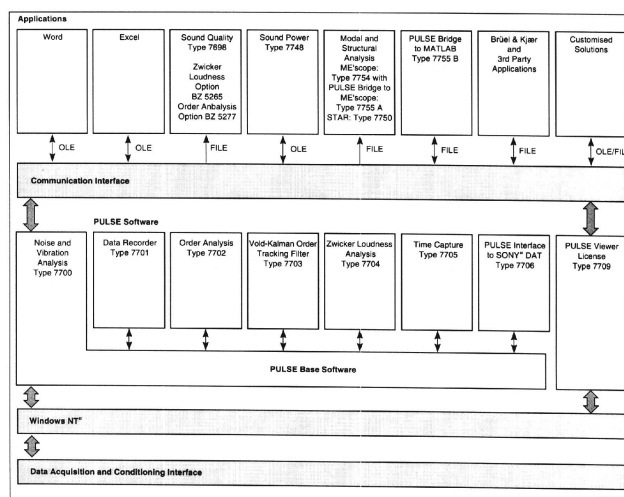


Figura 4.27 Posibles componentes del Software del Sistema PULSE.

El software y las aplicaciones con las que cuenta el sistema PULSE son:

- Noise and Vibration Analysis Type 7700
- Order Analysis Type 7702
- Time Capture Type 7705
- PULSE Bridge to MATLAB Type 7755 B

El funcionamiento del software está explicado en el Pliego de Condiciones del presente proyecto. También se encuentran allí las especificaciones técnicas de las aplicaciones descritas.

4.5.3.3 Equipo de calibración.

En la imagen se muestra el equipo de calibración de la casa Brüel & Kjael – tipo 3564 empleado en la calibración del nivel de presión sonora. En los siguientes puntos se explican las diferentes partes que se utilizan para realizar la calibración de los micrófonos.



Figura 4.28 Calibrador de sonda de intensidad Brüel & Kjael - tipo 3541.

4.5.3.4 Pistófono tipo 4228.

Para la calibración de un solo micrófono, el Pistófono utilizado produce un nivel de presión sonora constante de aproximadamente 124 dB a una frecuencia de 251.2 Hz en condiciones ambientales nominales. Este nivel nominal pasa a ser de 118 dB cuando se utiliza con el acoplador de intensidad. Cada Pistófono está calibrado individualmente y viene con su propia hoja de calibración. En este caso el valor correcto será el de 124 dB, ya que no es necesario el acoplador de intensidad.

La forma en que funciona el Pistófono es la siguiente:

On / Off: El interruptor On /Off está situado en el exterior del Pistófono.

250 Hz: Una luz constante en el led de 250 Hz indica que la frecuencia es la correcta. La frecuencia exacta es de $10^{2.4}$ Hz (ISO 266) ó 251.2 Hz $\pm 0.1\%$. Cuando la luz empieza a centellear, la frecuencia no es la correcta y debemos reponer las baterías.

Recambio de baterías: El Pistófono funciona con 6 pilas alcalinas de 1.5 V IEC LR6 (tamaño AA). Se puede acceder a ellas desenroscando la parte baja del Pistófono y, ofrecen, aproximadamente 40 horas de funcionamiento continuo ver (figura.6.11). En el habitáculo de las baterías están indicados los sentidos en los que deben ir éstas.

Para realizar la calibración de los micrófonos se utilizará el adaptador DP0775 para micrófonos de 1/2" que se acoplará al Pistófono. También dispone el equipo de calibración de otros adaptadores para diferentes medidas de micrófonos.

4.5.3.5 Barómetro corrector.

Junto con el equipo de calibración se adjunta un barómetro para hacer las correcciones necesarias en los niveles de calibración debidas a los cambios de la presión atmosférica. La escala interior señala la presión atmosférica en hPa y la escala exterior el término de corrección en dB. Se recomienda una calibración anual del barómetro.

4.5.4 Fuente de ruido blanco.

Para producir el ruido blanco necesario en las mediciones iniciales, se utiliza una fuente de sonido de la marca Brüel & Kjær modelo ZI 005.

La señal de salida (output) del generador es ruido blanco (flat spectrum with constant bandwidth). También se puede posicionar para filtrar el ruido blanco producido por el generador, a 3dB de octava y producir ruido rosa (flat spectrum with constant percentage bandwidth).

Con el pin izquierdo y el central conectado se producirá ruido rosa. Con el pin derecho y el central conectados se produce ruido blanco.

Hay dos salidas de señal a cada lado del puerto de salida de la fuente. Se accede a ellas desenroscando la tapa de protección y proveen la misma señal eléctrica desde el generador de sonido. La señal de salida en 250 Hz a 1/3 de octava es de 45 mV para ruido rosa y ruido blanco. La impedancia de salida es de aproximadamente 50Ω.

Las señales desde estas salidas pueden ser usadas para analizar la fase (y la magnitud) de los circuitos eléctricos de los analizadores independientemente de los micrófonos y preamplificadores.

CAPÍTULO 5:
ENSAYOS EXPERIMENTALES

ÍNDICE CAPÍTULO 5

5.1 CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA.	128
5.1.1 Geometría 1: Con Resistencia.	128
5.1.2 Geometría 1: Sin Resistencia.	132
5.1.3 Geometría 2: Con Resistencia.	133
5.1.4 Caracterización en el banco de flujo.	134
5.1.4.1 Ensayos con flujo de aire.	134
5.1.4.2 Ensayos con Aire y Ruido.	135
5.2 ENSAYOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO.	135

5.1 CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA.

5.1.1 Geometría 1: Con Resistencia.

Las primeras pruebas se llevan a cabo con la geometría uno, descrita anteriormente, con altavoz, micrófonos y resistencia. Esta última no estará conectada a la fuente dado que se quiere comprobar el comportamiento acústico dentro de la maqueta con la presencia física del calentador, pero sin que se altere la temperatura.

Hay 3 micrófonos conectados en la misma sección del tubo, a 120° uno del otro. Estos enviarán la señal al Pulse, al posicionarlos en los inputs 1,2 y 3. También hay 2 outputs (conexiones para generadores) en el Pulse. En el output 1 se conecta el amplificador y al mismo tiempo se lleva esta señal al input 4, así se genera la señal desde el programa hacia el altavoz y también se reciben sus características en el ordenador. Con el amplificador se controla la intensidad del sonido que pasa por el altavoz.

Una vez hecho esto, se ejecuta el programa Pulse que mostrará las mediciones captadas por cada micrófono. Con esto se comprueba si las mediciones de los micrófonos son iguales en la misma sección del tubo, es decir, si la onda es plana. Si el pico de frecuencia captado no coincide se podría modificar la sensibilidad de los micrófonos hasta lograrlo.

La rutina de medición seguida se explica más adelante, ya que es la misma para todos los ensayos realizados en esta primera parte del estudio.

Una vez hecha esta comprobación, se realizan las mediciones con características más específicas. El objetivo es encontrar la frecuencia de resonancia dentro del conducto, así que se utilizará ruido blanco. El ruido blanco es una señal aleatoria que se caracteriza porque sus valores de señal en dos instantes de tiempo diferentes no guardan correlación estadística y, como consecuencia de ello, su Densidad Espectral de Potencia (PSD) es una constante, y su gráfica es prácticamente plana.

Esto significa que la señal contiene todas las frecuencias y todas ellas tienen la misma potencia. Si no es plana del todo se dice que el ruido está coloreado.

La Densidad Espectral de Potencia (PSD) es una función matemática que indica cómo está distribuida la frecuencia de una señal sobre las distintas frecuencias de las que está formada. Así, se considera que una señal es blanca si su PSD es constante en la banda de frecuencia de interés. Por ejemplo en una aplicación de audio el ruido será blanco si su espectro es plano entre 20 Hz y 20 kHz, que es la banda de frecuencia audible por el oído humano.

Para esto se conecta el generador de ruido blanco de Brüel & Kjær al amplificador, y ambos al Pulse. Se harán las modificaciones necesarias en la configuración del programa para que pueda verse también la coherencia entre las señales recibidas.

Con el fin de verificar las mediciones de frecuencia de los micrófonos según la distancia entre ellos y en distintas posiciones a lo largo de la maqueta, se harán tres tipos de distribución de estos a lo largo del tubo, además se utilizará un micrófono más, conectado al input 4, con lo cual ya no se analiza la señal generada sino únicamente las mediciones hechas por los micrófonos y la coherencia entre éstas.

Figura 5.1 Posición A:

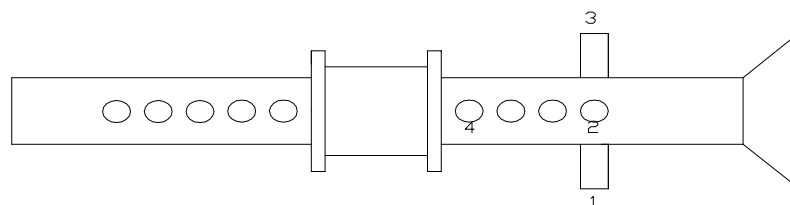
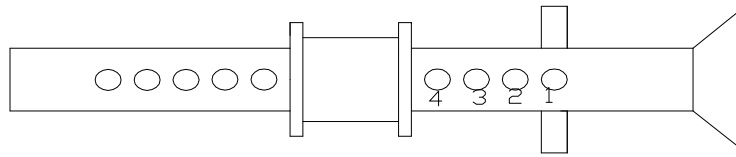
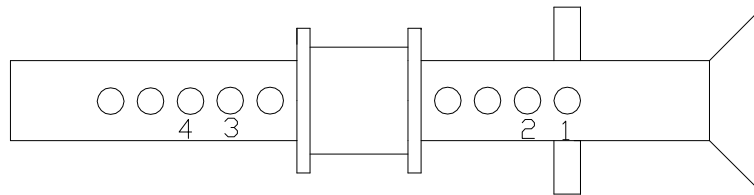


Figura 5.2 Posición B:**Figura 5.3 Posición C:**

En la posición A hay tres micrófonos en la misma sección y un cuarto a 150 mm. de ellos, justo después del altavoz y antes del calentador.

En la posición B los cuatro micrófonos están entre el altavoz y aguas arriba del calentador, equidistantes uno de otro.

En la posición C hay dos micrófonos aguas arriba y dos aguas abajo del calentador.

Rutina de ensayo:

Los pasos a seguir para la caracterización acústica, en las tres distribuciones descritas, son:

1. Colocar la maqueta en una pequeña estructura de aluminio de manera que se encuentre estable.
2. Posicionar los micrófonos según la distribución a estudiar (A, B o C) y conectar éstos a los Inputs correspondientes en el Pulse.
3. Ajustar el altavoz en el extremo cónico de la maqueta, sellarlo con cinta y conectarlo al amplificador.
4. Verificar el correcto sellado de todos los taladros (los superiores con el sistema tuerca-arandela y los inferiores con cinta aislante) así como del calentador.
5. Conectar el generador de ruido blanco y el amplificador al Pulse.
6. Ejecutar el programa.
7. Guardar las mediciones realizadas como archivos .txt

Antes de ejecutar el programa Pulse debe configurarse el proyecto con las características de los micrófonos utilizados (promedio, frecuencia de muestreo, número de línea, sensibilidad, etc....) y las especificaciones de la información que se necesite (coherencia, autoespectrum, tiempo) de las señales recibidas.

Se realizarán 5 mediciones para cada tipo de distribución, en cada una de las cuales se obtendrán los siguientes datos:

Posición A			
	Autoespectrum	Coherencia	Tiempo
A(1-5)	signal 1.txt	signal 1 - signal 2.txt	signal 1.txt
	signal 2.txt	signal 1 - signal 3.txt	signal 2.txt
	signal 3.txt	signal 1 - signal 4.txt	signal 3.txt
	signal 4.txt	signal 2 - signal 3.txt	signal 4.txt
		signal 2 - signal 4.txt	
		signal 3 - signal 4.txt	

Posición B			
	Autoespectrum	Coherencia	Tiempo
B(1-5)	signal 1.txt	signal 1 - signal 2.txt	signal 1.txt
	signal 2.txt	signal 1 - signal 3.txt	signal 2.txt
	signal 3.txt	signal 1 - signal 4.txt	signal 3.txt
	signal 4.txt	signal 2 - signal 3.txt	signal 4.txt
		signal 2 - signal 4.txt	
		signal 3 - signal 4.txt	

Posición C			
	Autoespectrum	Coherencia	Tiempo
C(1-5)	signal 1.txt signal 2.txt signal 3.txt signal 4.txt	signal 1 - signal 2.txt signal 1 - signal 3.txt signal 1 - signal 4.txt signal 2 - signal 3.txt signal 2 - signal 4.txt signal 3 - signal 4.txt	signal 1.txt signal 2.txt signal 3.txt signal 4.txt

Autoespectrum:

Es el nivel de presión sonora de una señal de presión.

Coherencia:

Es el criterio que se utiliza para examinar que tan similares son dos señales en cuanto a la amplitud, frecuencia y fase de las mismas. Su valor está comprendido entre un mínimo de cero y un máximo de uno (cuando ambas señales son iguales).

Tiempo:

Es el valor de la Presión de la señal por unidad de tiempo.

La información guardada como archivos .txt luego es procesada en el programa Matlab.

5.1.2 Geometría 1: Sin Resistencia.

Para saber la influencia en los resultados anteriores de la presencia del calentador, se realizan otra serie de mediciones en iguales condiciones pero reemplazando éste por una pieza de plástico manufacturada en el taller del departamento con similares dimensiones para adaptarla a la maqueta.



Figura 5.4 Pieza para pruebas.

Una vez remplazado el calentador por esta pieza se hacen las mediciones siguiendo los pasos descritos anteriormente.

5.1.3 Geometría 2: Con Resistencia.

Llamamos geometría 2 a la maqueta en forma de Y (ver capítulo 4). En las pruebas acústicas sobre esta geometría utilizaremos siempre el calentador y repetiremos las mediciones para las posiciones A, B y C.

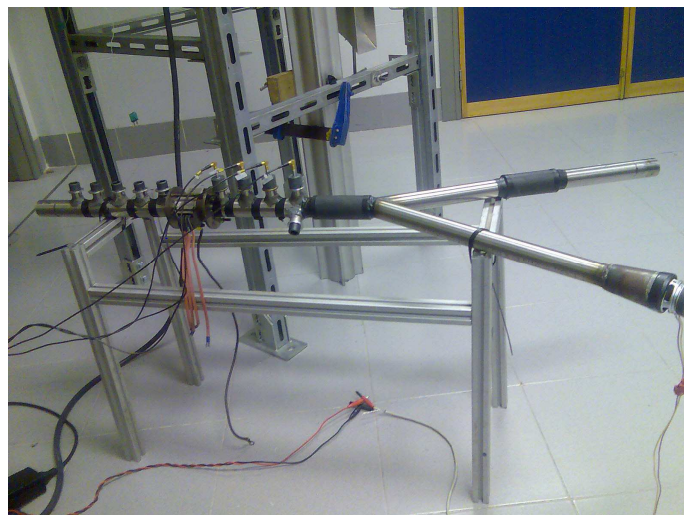


Figura 5.5 Geometría 2

5.1.4 Caracterización en el banco de flujo.

5.1.4.1 Ensayos con flujo de aire.

Una vez hechas las mediciones con ruido, se acopla la maqueta al banco de flujo para hacer la caracterización acústica sólo con gasto de aire, así que no se necesitará, para este ensayo, ningún tipo de generador de ruido. Los micrófonos estarán distribuidos en la posición C. A partir de ahora en los ensayos solo se utilizará esta distribución, ya que es la que aportará datos más relevantes sobre el comportamiento acústico antes y después del calentador. Se toma esta decisión a partir de los datos obtenidos que se explican en el Capítulo 6, apartado **6.1 Caracterización acústica**.

Rutina de ensayo

1. Acoplar la maqueta al banco de flujo, ajustándola al remanso correspondiente.
2. Preparar la instalación: Verificar posición de impulsión en la sala de compresores, programar en el Rack el sensyflow utilizado, comprobar el ajuste de los micrófonos, del altavoz y del amplificador y sus conexiones al frontend del Pulse.
3. Encender el Banco de Flujo y comprobar que no hay fugas.
4. Manipular el variador y las válvulas hasta conseguir el primer gasto deseado.
5. Estabilizar el flujo en ese gasto.
6. Tomar las lecturas de las variables del ensayo.
7. Repetir el proceso desde el punto 5 hasta completar el número de medidas a ensayar.
8. Guardar y procesar los datos obtenidos.

Los gastos de aire con los que se harán los ensayos son: 2kg/h, 4 kg/h, 6 kg/h, 8 kg/h, 10 kg/h, 15 kg/h y 20 kg/h. Para cada gasto se realizarán 5 mediciones, cada una de las cuales se lleva a cabo con la rutina descrita a partir del punto 5.

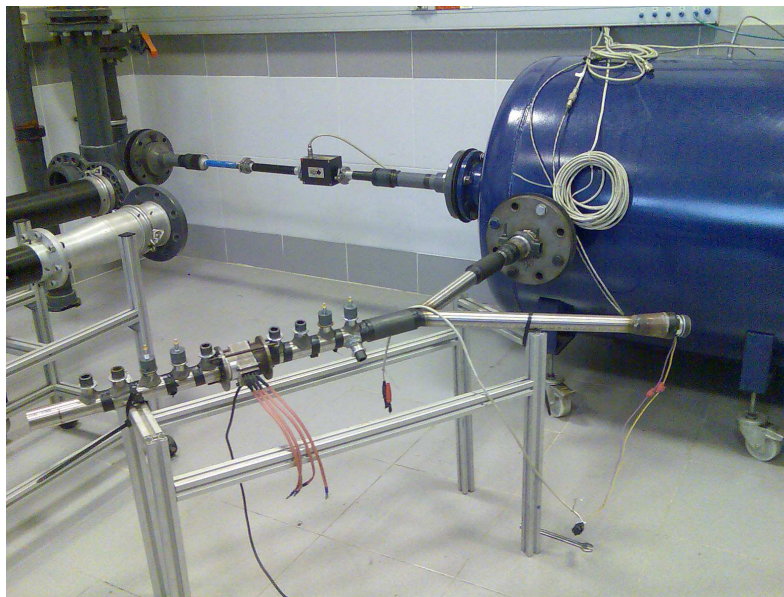


Figura 5.6 Montaje en el banco de flujo

5.1.4.2 Ensayos con Aire y Ruido.

Para este ensayo se conecta de nuevo el generador de ruido blanco, que se encenderá justo antes de ejecutar el programa. Se seguirá la misma rutina descrita en el apartado anterior para cada gasto de aire. El objetivo de este ensayo es poder comparar los resultados obtenidos en las tres clases de pruebas acústicas realizadas: Solo con ruido, solo con flujo de aire y finalmente aire y ruido, verificando la relación entre a las dos primeras y las frecuencias a las que aparentemente la presión se ve influenciada por el efecto de uno u otro.

5.2 ENSAYOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO.

Con las pruebas realizadas hasta ahora se ha conseguido un rango de frecuencias para cada gasto, donde el aire aparentemente se ve afectado por la presencia del ruido. Esta excitación debida al ruido es la que, en teoría, puede mejorar la transferencia de calor en el calentador.

Para estos ensayos se necesitarán las siguientes modificaciones:

- Conectar el calentador a la fuente de alimentación desde la cual se podrá modificar el voltaje utilizado para subir la temperatura en cada gasto de aire, una vez que este lo atraviesa.
- Ajustar los termopares a lo largo de la maqueta, dos antes del calentador y cuatro después, como se describió en el capítulo cuatro de este proyecto. Comprobar la conexión de estos al Data Logger y configurar sus características (tipo de termopar y unidad de medida).
- Se utilizarán únicamente dos micrófonos, los que están antes del calentador, ya que la temperatura puede estropear los que están ubicados aguas abajo.
- Al hacer las pruebas con un rango de frecuencias definido no se utilizará ruido blanco. El ruido se generará desde el propio Pulse, modificando la frecuencia requerida para cada ensayo. Así, como en la caracterización acústica inicial, se conecta el altavoz y el amplificador al output 2 (para generadores) del Pulse y de allí al Input 3 para medir también esta señal.

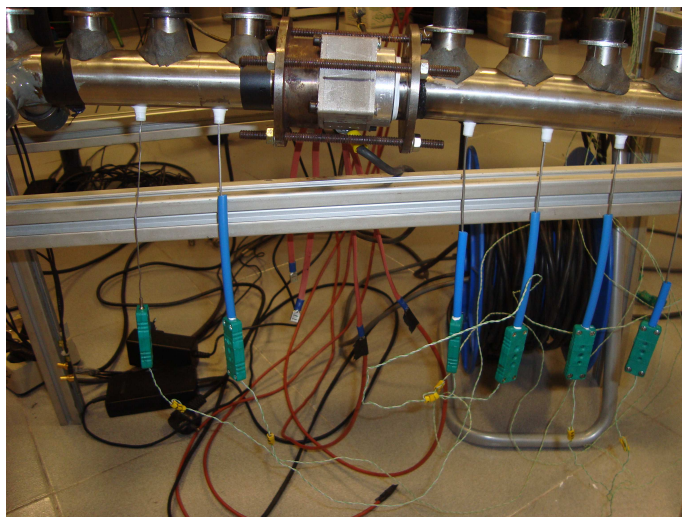


Figura 5.7 Termopares aguas arriba y aguas debajo de la resistencia.

Rutina de ensayo:

1. Acoplar la maqueta al banco de flujo, ajustándola al remanso correspondiente.
2. Preparar la instalación: Verificar posición de impulsión en la sala de compresores, programación en el Rack del sensyflow utilizado, Comprobar el ajuste de los micrófonos, del altavoz y del amplificador y sus conexiones al frontend del Pulse.
3. Encender el Banco de Flujo y comprobar que no hay fugas.
4. Manipular el variador y las válvulas hasta conseguir el primer gasto deseado.
5. Estabilizar el flujo en ese gasto.
6. Comenzar la medición de temperatura desde el Data Logger y comprobar que las lecturas de los termopares son estables.
7. Encender la fuente de alimentación y darle el voltaje requerido para el ensayo.
8. Cuando las medidas de los termopares se estabilicen después de la subida de temperatura, iniciar el generador desde el Pulse con el ruido a la frecuencia determinada.
9. Modificar la frecuencia, dentro del rango indicado para cada gasto de aire, a fin de observar cualquier cambio en la temperatura.
10. Cuando se haya estabilizado nuevamente la medida de temperatura, quitar el ruido.
11. Terminar la medición del Data Logger.
12. Apagar la fuente de alimentación.
13. Repetir el proceso desde el punto 5 hasta completar el número de medidas a ensayar.
14. Guardar y procesar los datos obtenidos.

Los voltajes utilizados para cada gasto van de 1V a 3V para los primeros ensayos, y hasta 7V en los ensayos finales. Estos últimos se harán para gastos de aire más bajos (de 2 a 6 Kg/h), todo ello debido a los resultados que se van obteniendo a lo largo de las pruebas y que se explican detalladamente en el capítulo de resultados.

Con todo, la rutina de ensayo es la misma a pesar de estas modificaciones.

Para mayor comodidad a la hora de interpretar la información recopilada por el Data Logger, los resultados de cada ensayo se recopilarán también en un cuadro con las siguientes características:

GASTO	VOLTAJE	INICIO DATA LOGGER	CON CALENTADOR	CON RUIDO	FRECUENCIA	FIN DEL RUIDO

Donde se anotará el tiempo en el que se realiza cada acción.

CAPÍTULO 6:
RESULTADOS

ÍNDICE CAPÍTULO 6

6.1 CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA.	141
6.1.1 Coherencia.	141
6.2 ENSAYOS EN BANCO DE FLUJO	151
6.2.1 Ensayos solo con flujo de Aire (Solo Aire).	151
6.2.2 Ensayos con flujo de Aire y Ruido (Aire y Ruido).	153
6.2.3 Medidas del comportamiento de la temperatura del flujo de aire.	160
6.3 CONCLUSIONES.	163

6.1 CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA.

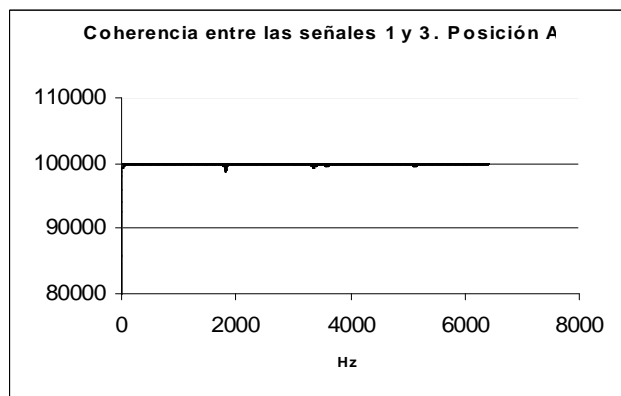
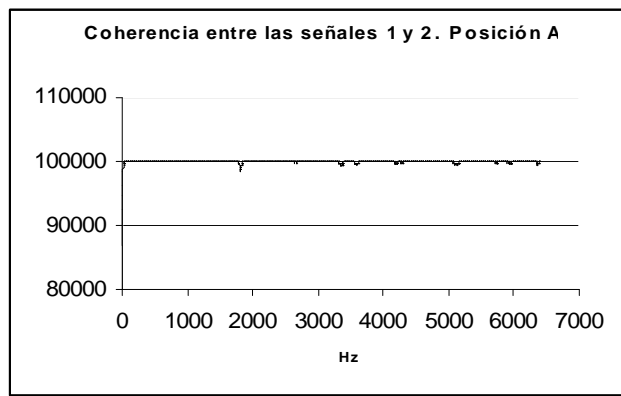
Como ya se ha visto, la caracterización acústica del sistema se llevó a cabo en diferentes disposiciones de la maqueta para la comprobación de los efectos de cada componente en su comportamiento acústico.

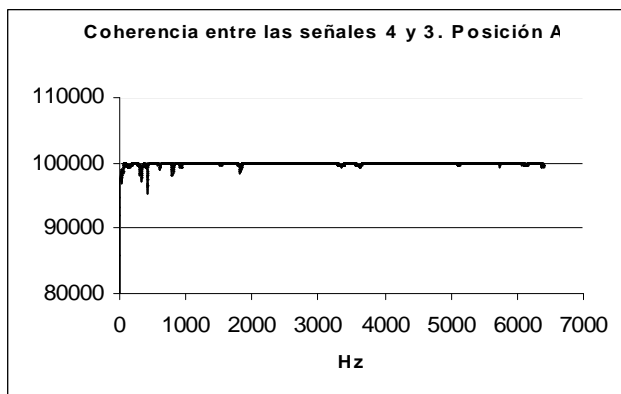
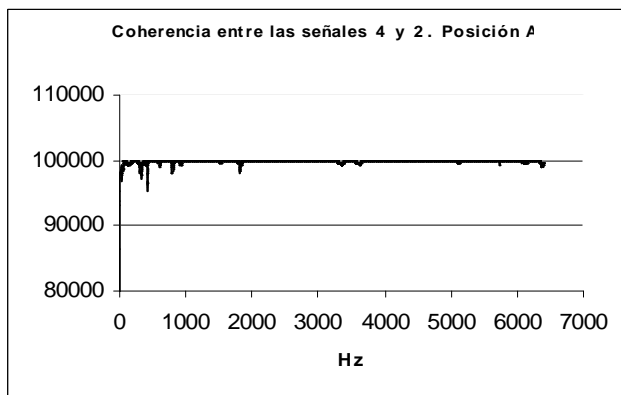
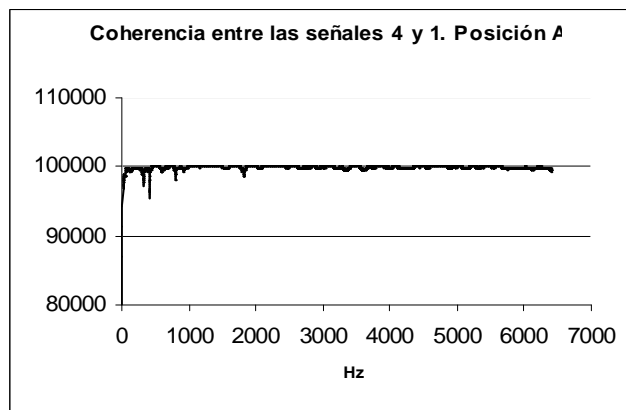
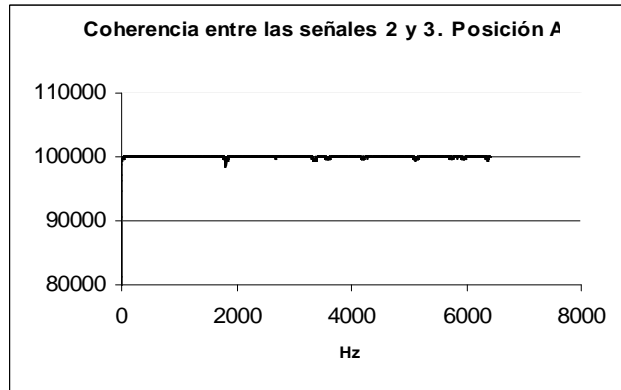
Para la sincronización de micrófonos se obtuvieron los siguientes resultados:

6.1.1 Coherencia.

Geometría 1, con resistencia:

Micrófonos: Posición A





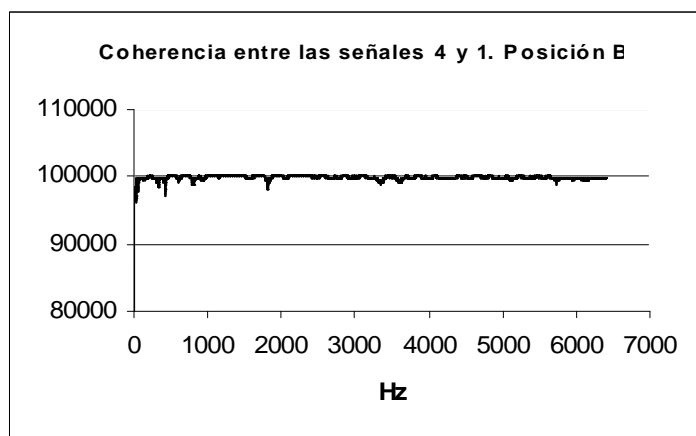
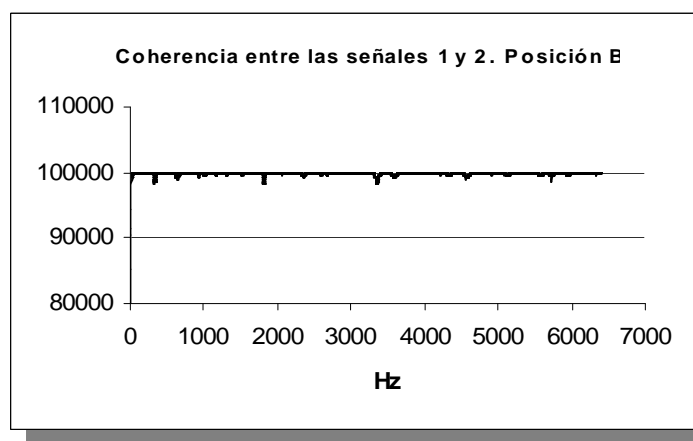
Se realizaron 5 mediciones en esta posición, obteniendo cada vez este mismo tipo y número de gráficos. Las repeticiones se hacían con el fin de confirmar la información obtenida.

Como se puede observar, la señal transmitida por los micrófonos era básicamente igual, sin importar la posición de cada uno al hacer las pruebas con ruido blanco, es decir, en cualquier frecuencia la señal transmitida es igual en los cuatro micrófonos. Como se ha explicado anteriormente, estas prueba permitían comprobar que la onda a través de la maqueta fuera plana, y así las mediciones llevadas a cabo en la realización del estudio serían fiables.

En las Posiciones B y C de los micrófonos a lo largo de la geometría 1 se hicieron idénticas comprobaciones. A continuación se muestran algunas de las gráficas obtenidas en dichas posiciones.

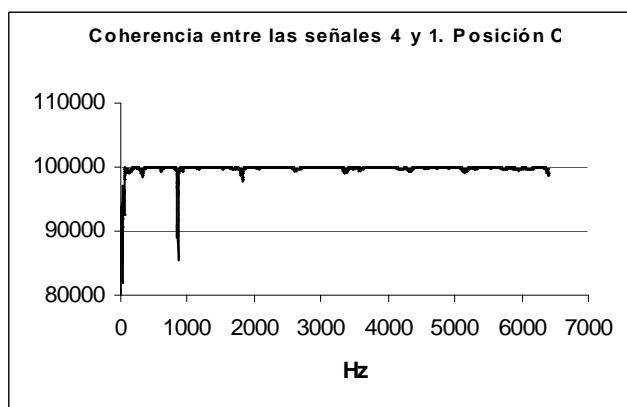
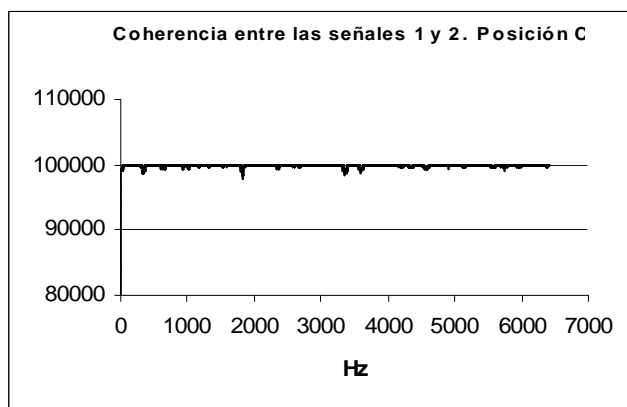
En la posición B también se obtuvieron resultados de onda plana:

Micrófonos: Posición B

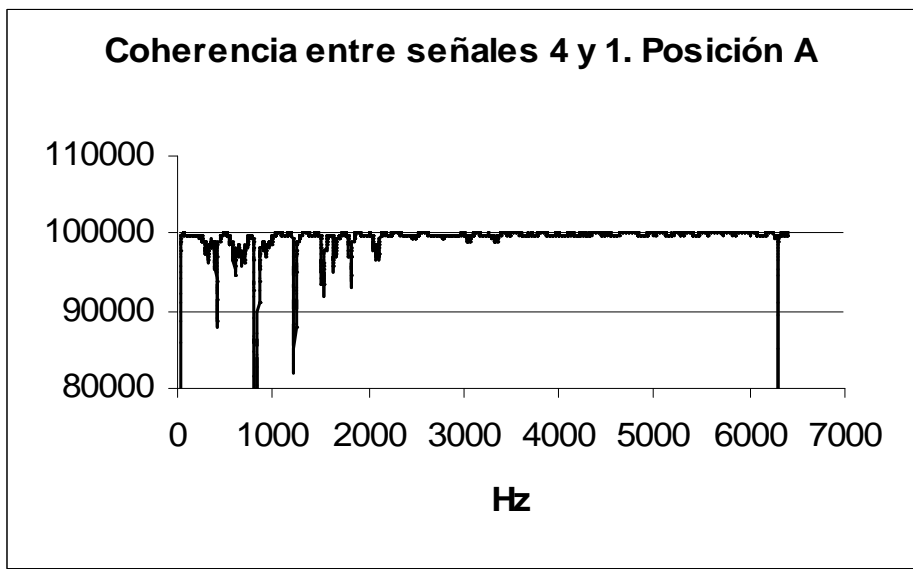
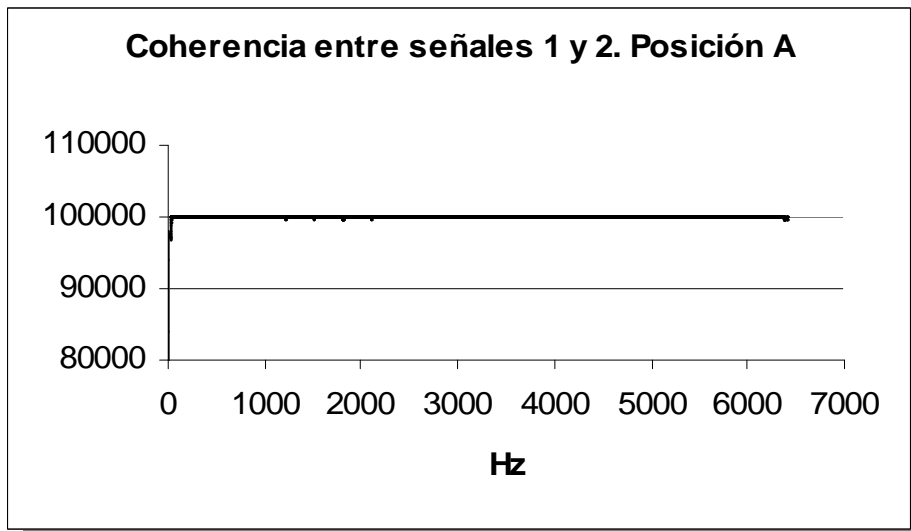


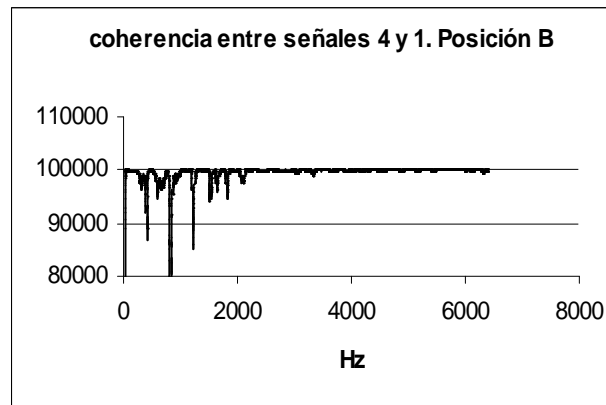
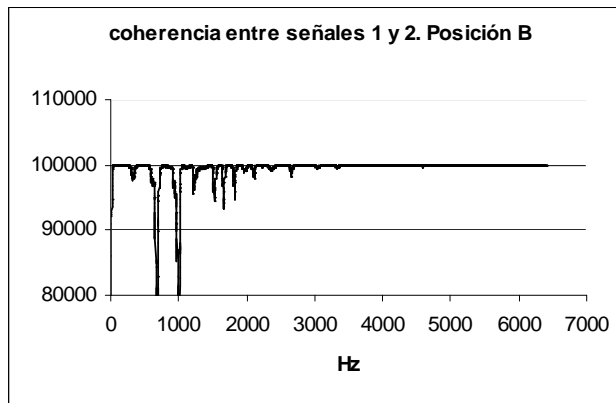
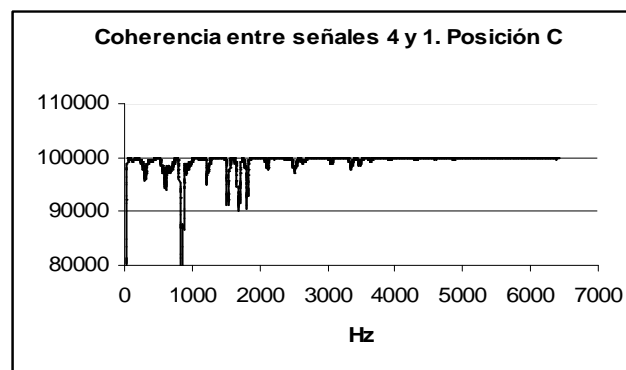
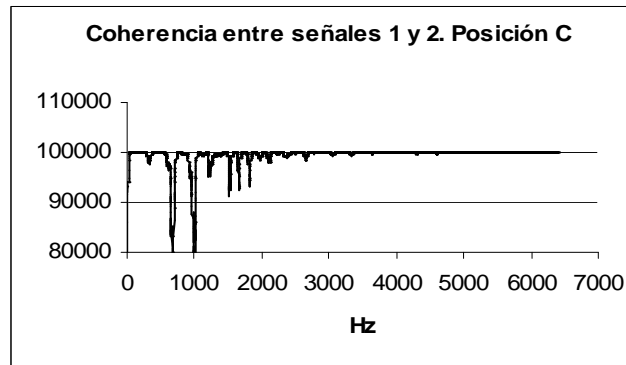
En la posición C se observó que la relación entre las señales aguas arriba y aguas abajo de la resistencia no era completamente igual en determinado rango de frecuencia, concretamente a frecuencias menores de 1000 Hz:

Micrófonos: Posición C



Para saber la influencia en los resultados anteriores de la presencia del calentador, se realiza otra serie de mediciones en iguales condiciones pero reemplazando éste por una pieza de plástico manufacturada en el taller del departamento con similares dimensiones, para adaptarla a la maqueta.

Geometría 1, sin resistencia:**Micrófonos: Posición A**

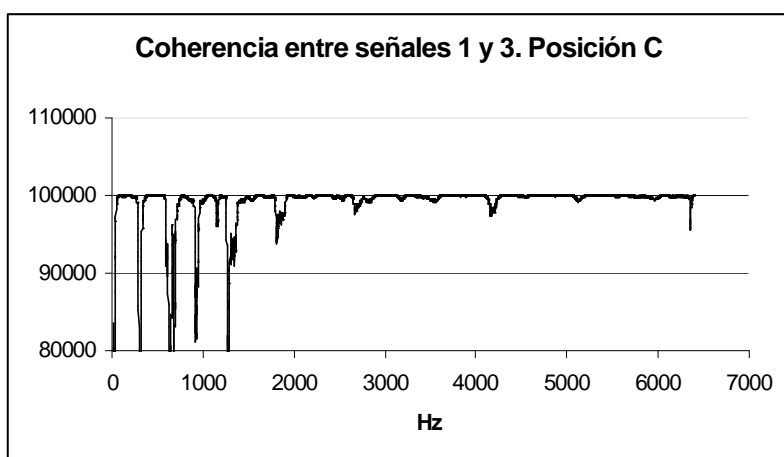
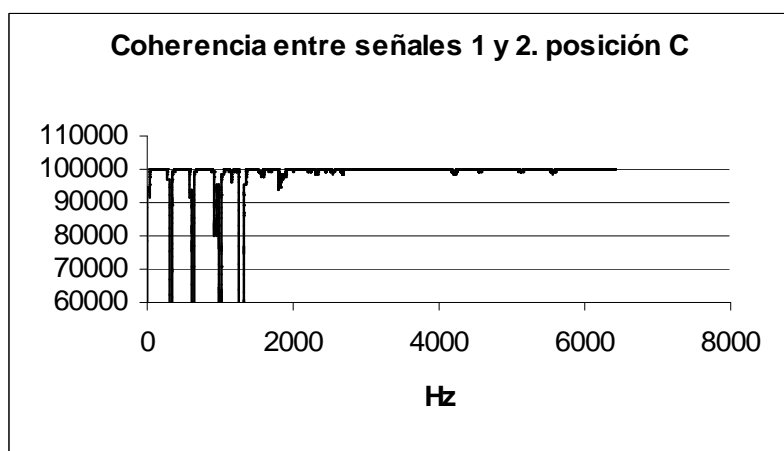
Micrófonos: Posición B**Micrófonos: Posición C**

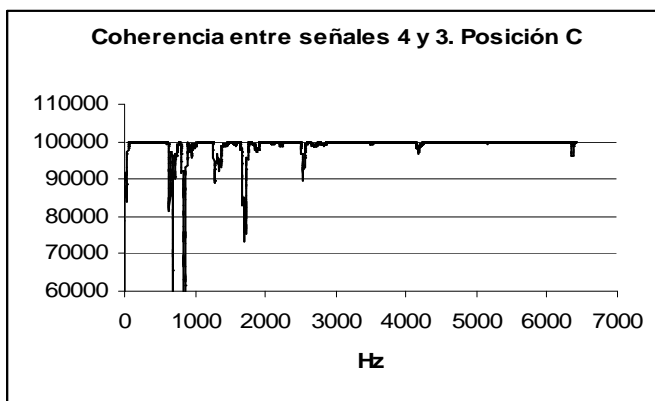
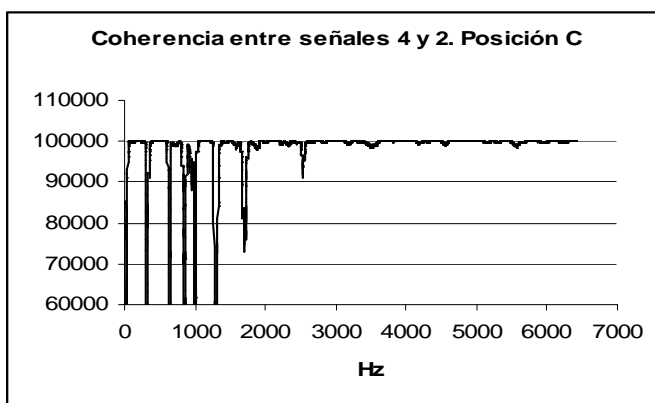
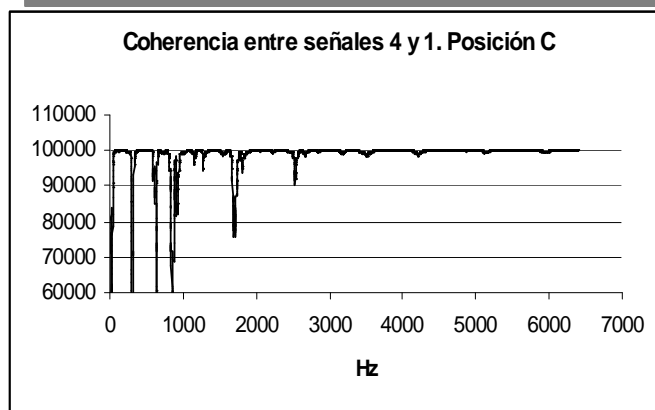
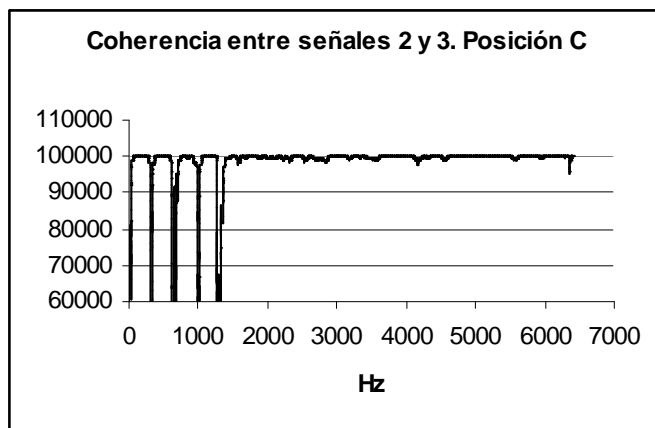
Con estos resultados se llegó a la conclusión de que la presencia de la resistencia en sí no era la causa de ese salto negativo que se produce a baja frecuencia, sino más bien el cambio de sección estructural en la maqueta.

Geometría 2, con resistencia.

Con la geometría 2 (en forma de Y) se llevaron acabo las mismas pruebas que con la geometría 1 (recta), obteniendo resultados similares. A continuación se muestran los obtenidos de una de las mediciones hechas por los micrófonos en la posición C, aguas arriba y abajo del calentador, que es la que se adopta finalmente para la realización de los ensayos posteriores. De cada medición se realizaron cinco repeticiones por los motivos ya descritos.

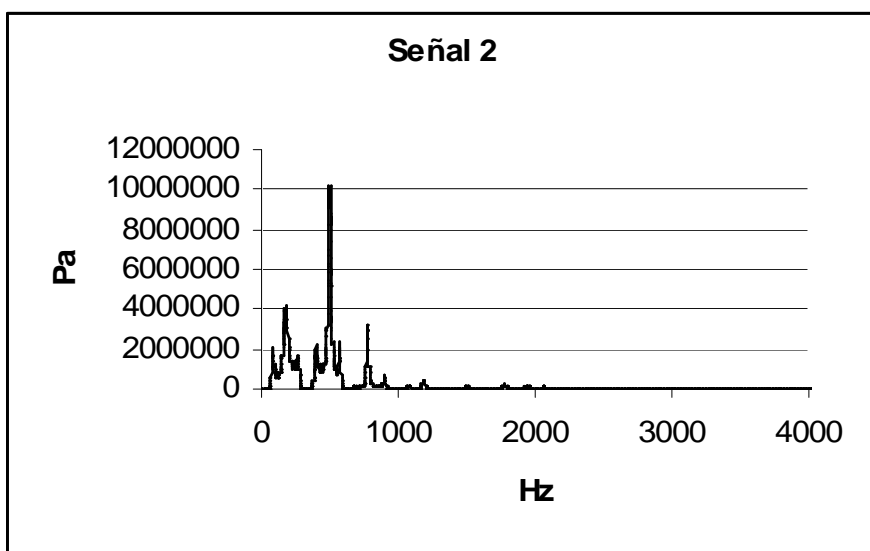
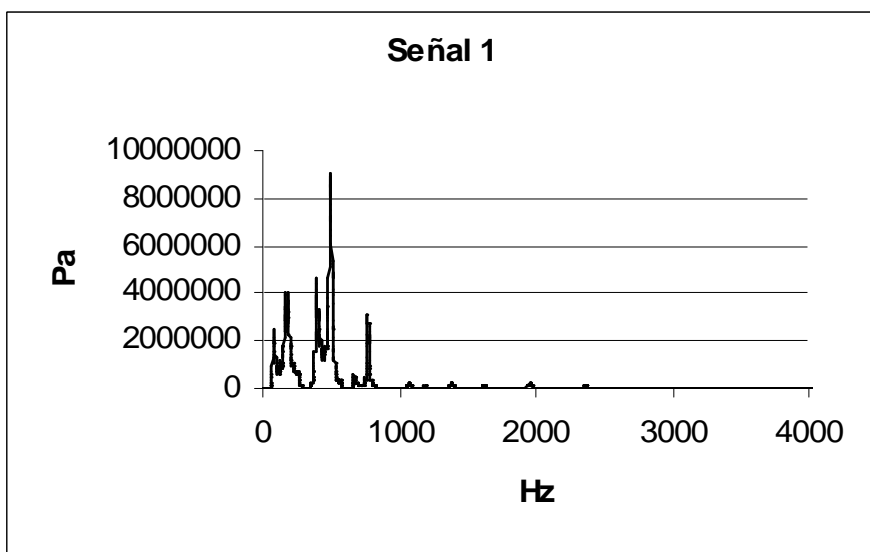
Micrófonos: Posición C

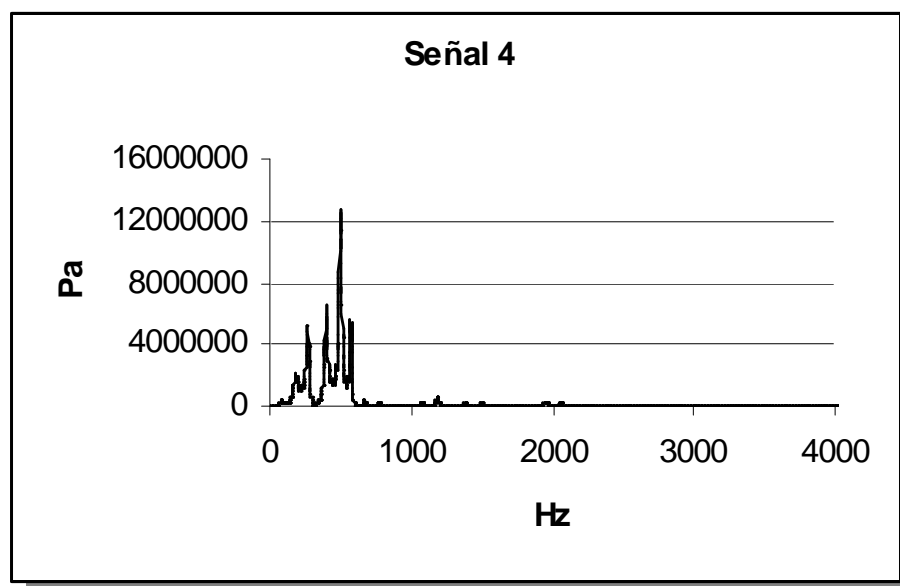
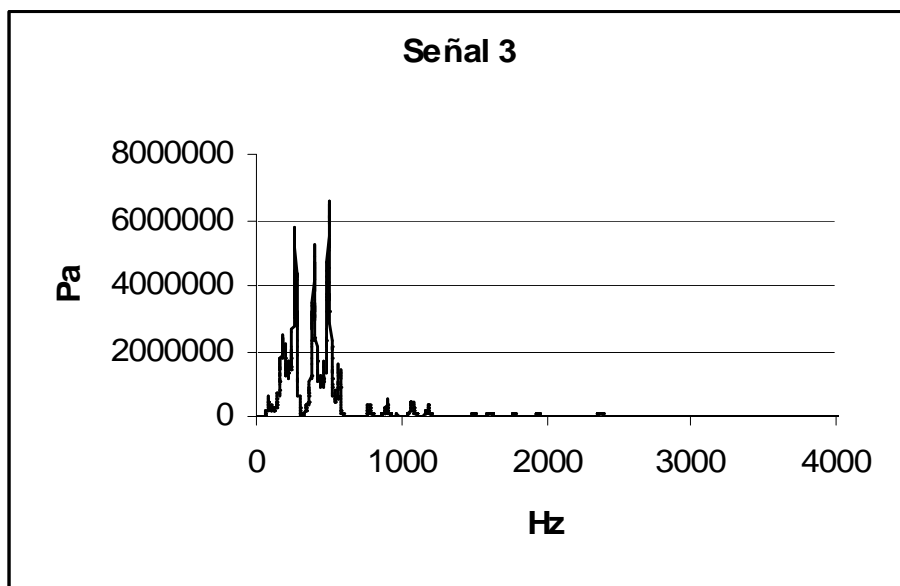




Los resultados de los ensayos realizados solo con ruido blanco y los micrófonos en posición C también arrojan las características del comportamiento acústico necesarias para comparar con las pruebas en el banco de flujo y así ver que rango de frecuencias afectan el comportamiento del aire a través de la maqueta. A continuación se ven las gráficas de los datos obtenidos por los cuatro micrófonos en dicha posición:

Micrófonos: Posición C





Estos resultados permiten ver cómo se van esbozando unos primeros indicios de que, a bajas frecuencias, es cuando pueden obtenerse variaciones más acusadas en la presión. Este ensayo también tuvo 5 repeticiones en las que se observaron resultados similares.

6.2 ENSAYOS EN BANCO DE FLUJO

6.2.1 Ensayos solo con flujo de Aire (Solo Aire).

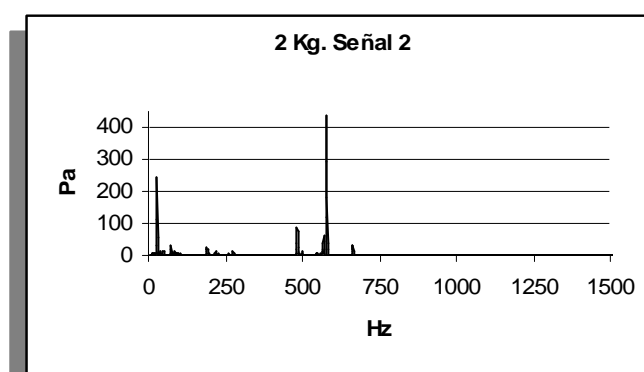
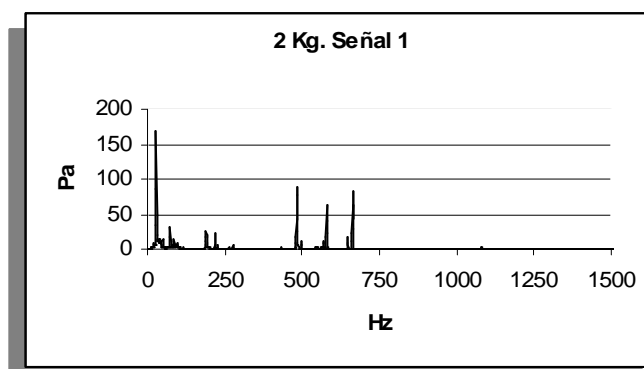
Los ensayos iniciales en el banco de flujo se llevan a cabo con el fin de obtener las características del comportamiento de los gastos de aire a utilizar, independientemente de la influencia del ruido y la temperatura, a través de la maqueta. Con ello se podrán comparar las diversas señales recibidas en todas las situaciones estudiadas.

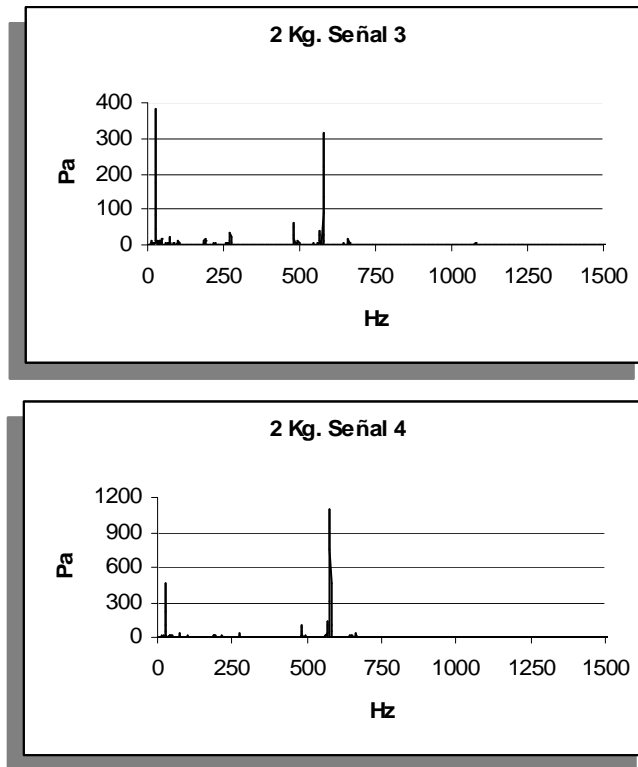
Los gastos de aire con los que se realizan los ensayos son: 2kg/h, 4 kg/h, 6 kg/h, 8 kg/h, 10 kg/h, 15 kg/h y 20 kg/h. Para cada gasto se hacen 5 mediciones.

A continuación se muestran las señales obtenidas para los gastos más extremos utilizados.

Micrófonos: Posición C

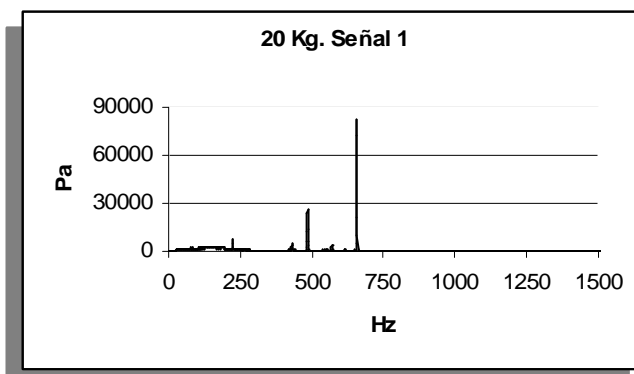
Masa de aire: 2 kg/h

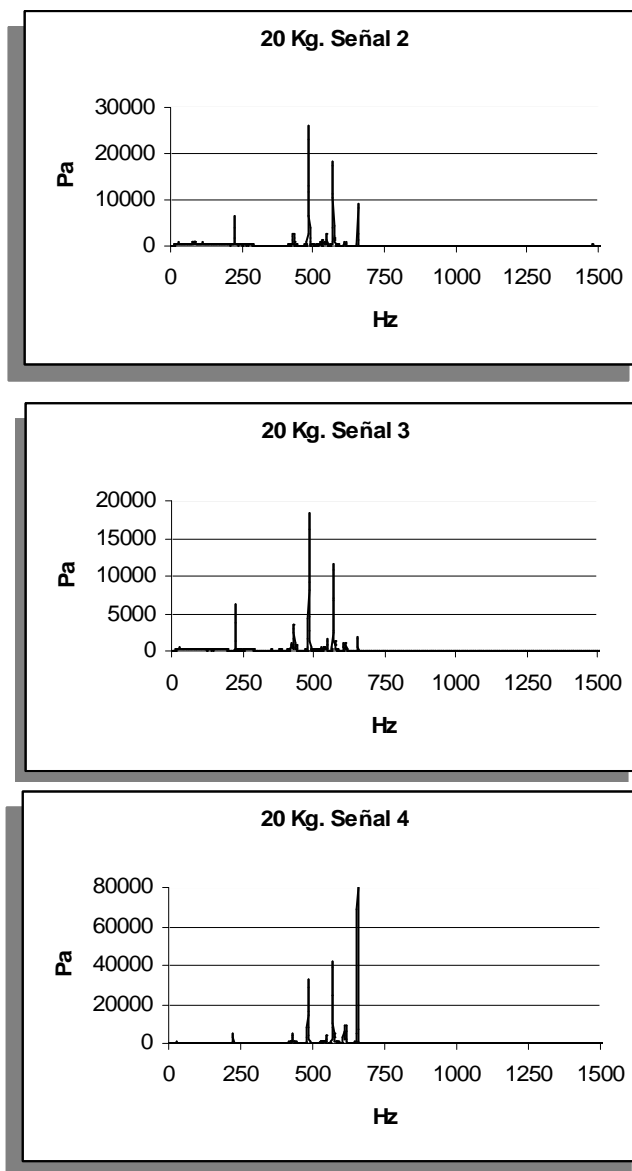




Los datos que arrojan los micrófonos con un gasto de aire pequeño muestran el pico de excitación en el intervalo 500-600 hz, igual que en las pruebas realizadas previamente sin el ruido blanco

Masa de aire: 20 kg/h



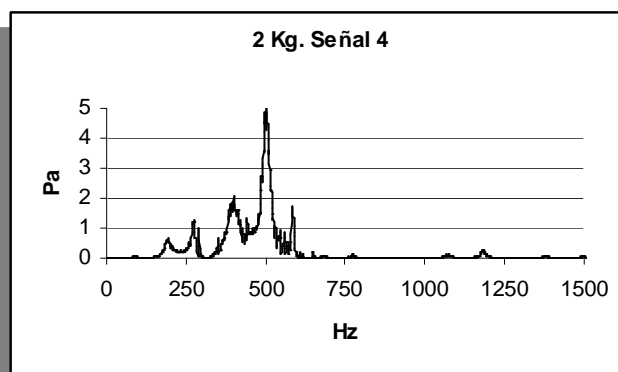
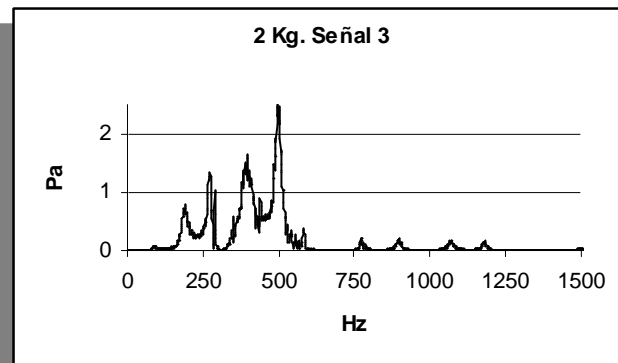
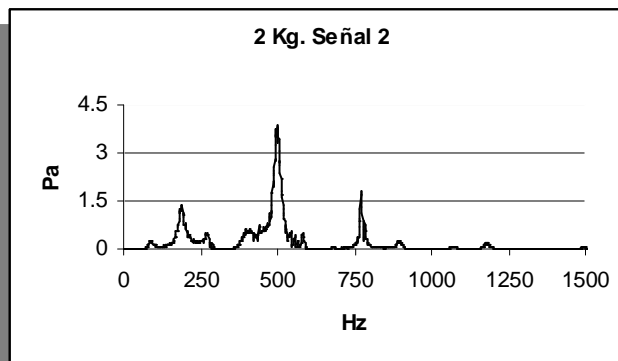
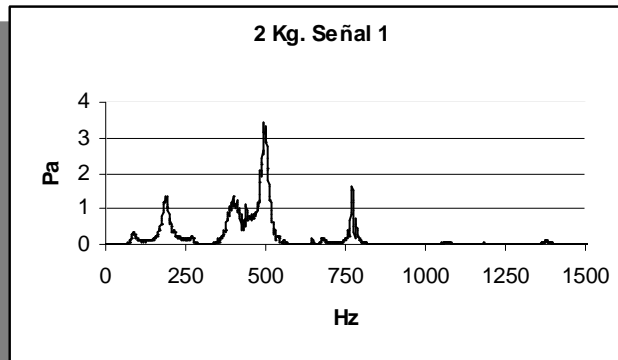


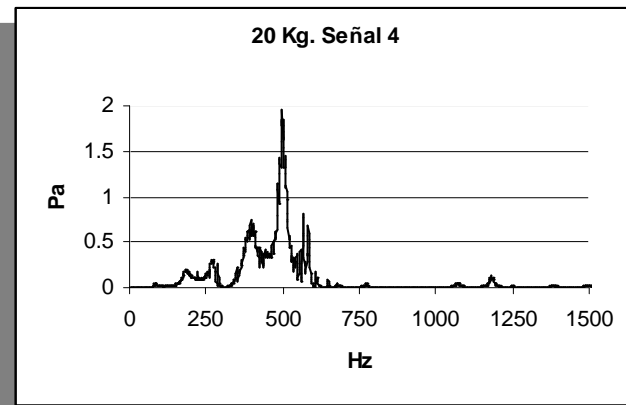
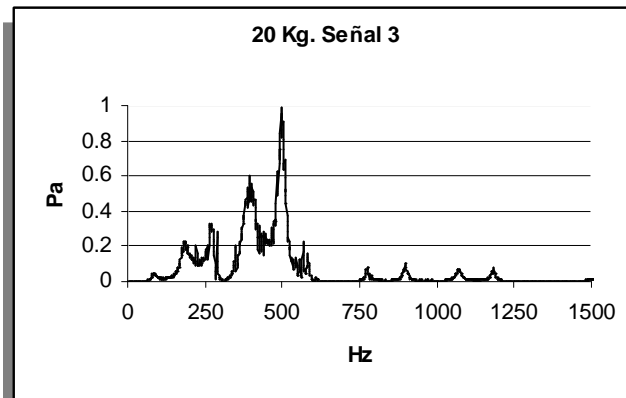
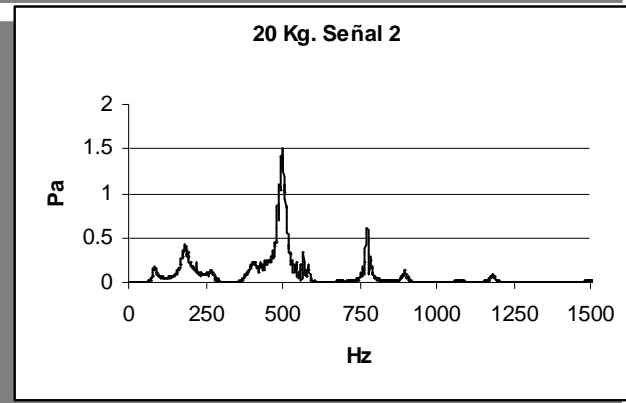
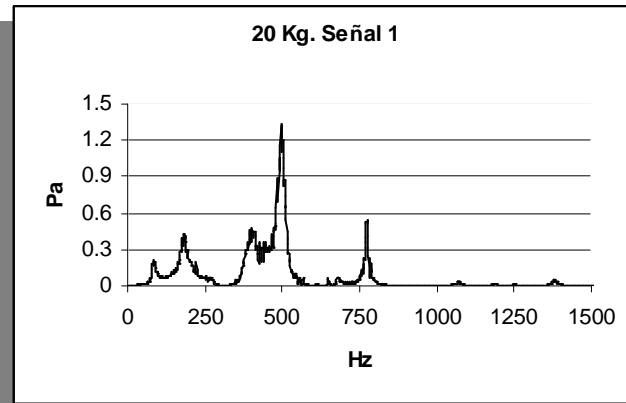
Las señales captadas con el gasto de aire máximo estudiado son más turbulentas pero siguen indicando la reacción buscada en el mismo intervalo de frecuencia que a menores gastos de aire.

6.2.2 Ensayos con flujo de Aire y Ruido (Aire y Ruido).

Seguidamente se realizaron las pruebas de comportamiento acústico con los distintos gastos de aire y el ruido blanco aplicados al mismo tiempo.

A continuación se muestran las señales obtenidas para los gastos más extremos utilizados.

Micrófonos: Posición C**Masa de aire: 2 kg/h**

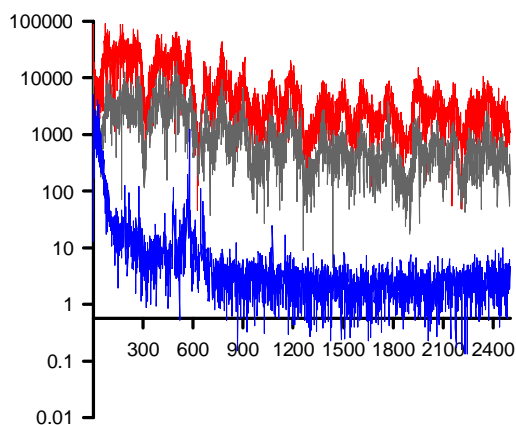
Masa de aire: 20 Kg/h

Con la comparación de los ensayos realizados en las tres condiciones descritas (Solo Ruido, Aire y Ruido y Solo Aire) se quieren definir las frecuencias en las cuales exista una relación entre el flujo de aire y el ruido. Esas frecuencias son las que servirían para excitar el proceso con el calentador, por ello hay que definir el rango para cada gasto donde el aire se vea más afectado por ellas. Esa excitación debida al ruido es la que en teoría puede mejorar la transferencia de calor en presencia del calentador.

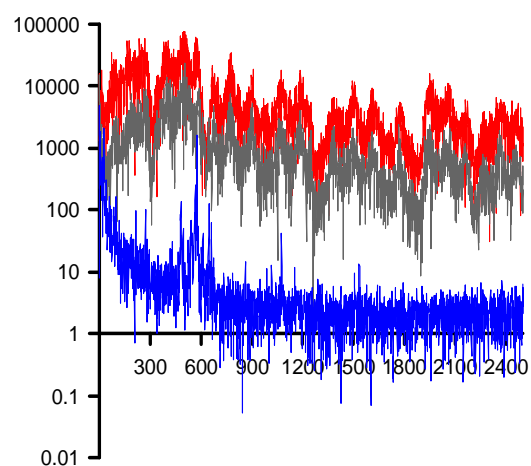
Dicha comparación se llevó a cabo procesando los datos obtenidos con el Pulse para cada gasto de aire por medio del software Matlab, y cuyos resultados se ven en las gráficas a continuación. En ellas se muestran los resultados comparados de las señales captadas por los micrófonos en la dirección del flujo de aire (señal transmitida) en las tres condiciones de ensayo, y los intervalos de frecuencia donde se observa más claramente una reacción en el comportamiento de la presión.

Solo Ruido: _____ Solo Aire: _____ Aire y Ruido: _____

Masa de aire: 2 kg/h

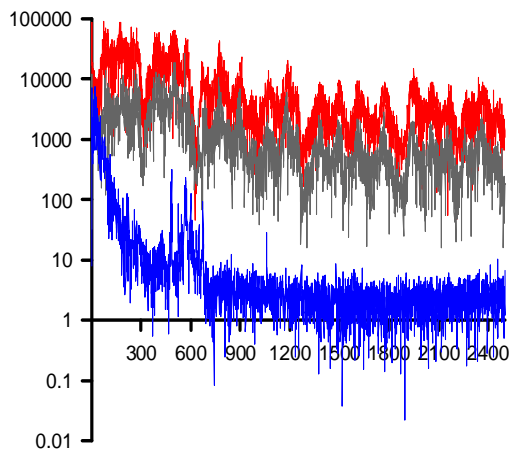


Señal transmitida. Micrófonos 1 y 2

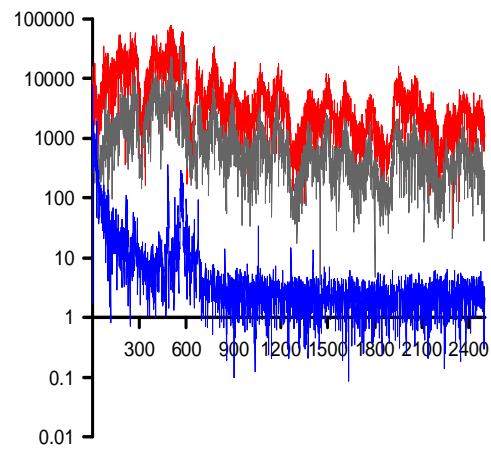


Señal transmitida. Micrófonos 3 y 4


Se capta un pico de excitación notable del comportamiento de la masa de aire en el intervalo de frecuencias 500h-600hz.

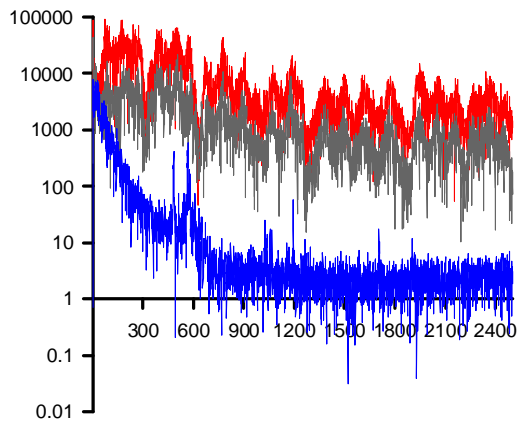
Masa de aire: 4 kg/h

Señal transmitida. Micrófonos 1 y 2

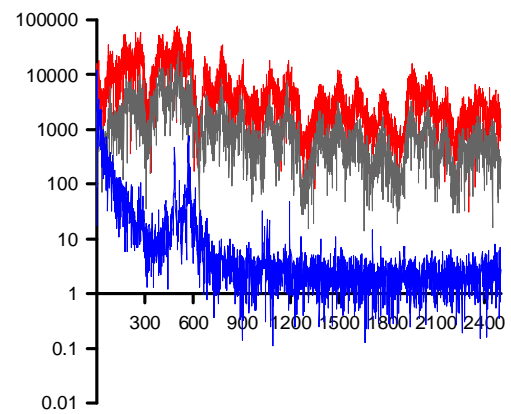


Señal transmitida. Micrófonos 3 y 4

Solo Ruido:  Solo Aire:  Aire y Ruido: 

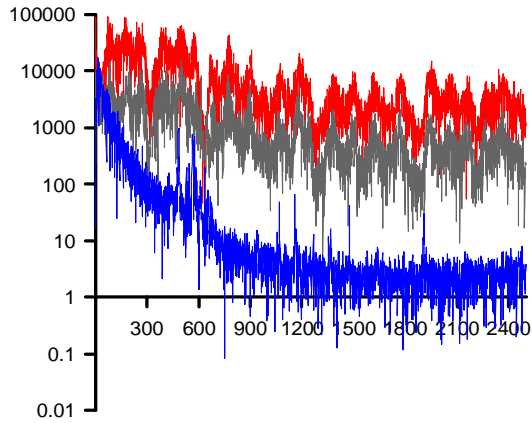
Masa de aire: 6 kg/h

Señal transmitida. Micrófonos 1 y 2

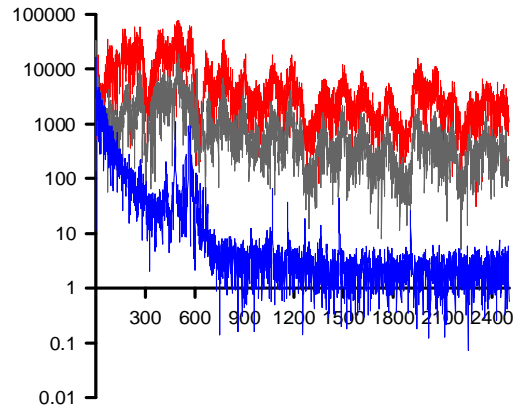


Señal transmitida. Micrófonos 3 y 4

Con una masa de aire un poco mayor (4 y 6 kg/h) los picos de excitación siguen apareciendo en un intervalo similar.

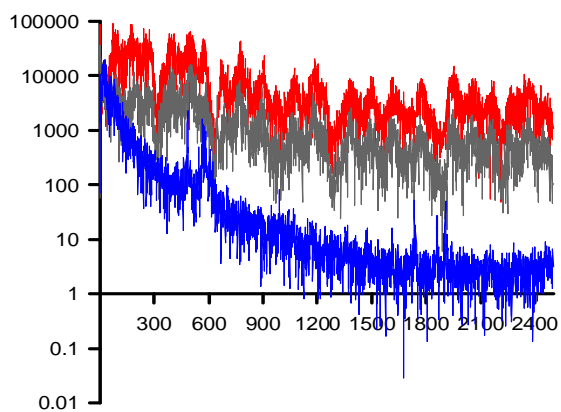
Masa de aire: 8 kg/h

Señal transmitida. Micrófonos 1 y 2

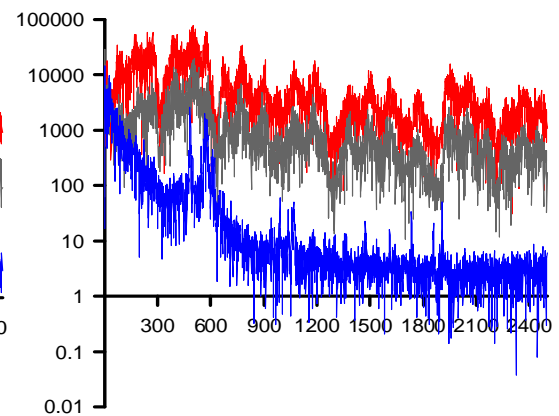


Señal transmitida. Micrófonos 3 y 4

Solo Ruido: _____ Solo Aire: _____ Aire y Ruido: _____

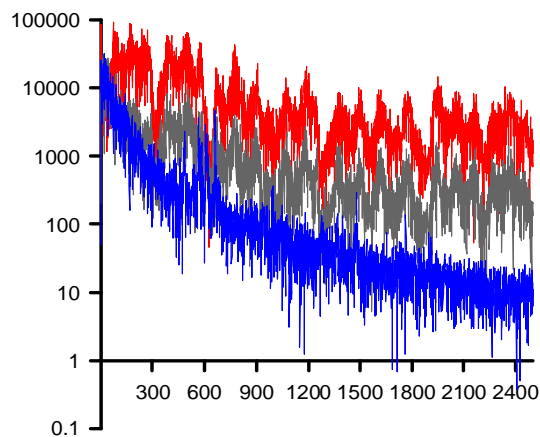
Masa de aire: 10 kg/h

Señal transmitida. Micrófonos 1 y 2

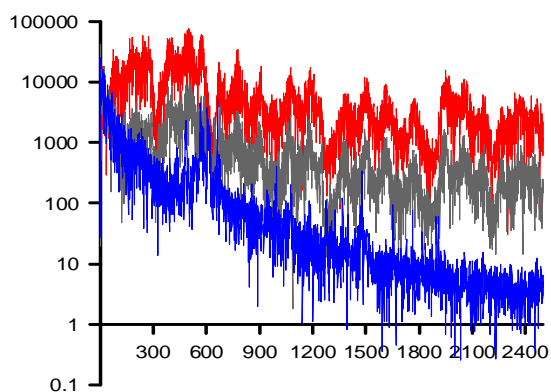


Señal transmitida. Micrófonos 3 y 4

Se observa que, a pesar de aumentar el gasto de aire, el pico de reacción que se busca sigue permaneciendo en el mismo intervalo de frecuencia, aunque el comportamiento general de los datos graficados empieza a ser más activo que en las condiciones anteriores.

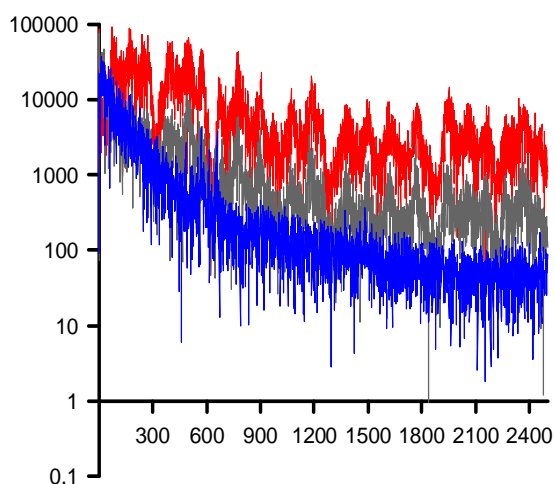
Masa de aire: 15 kg/h

Señal transmitida. Micrófonos 1 y 2

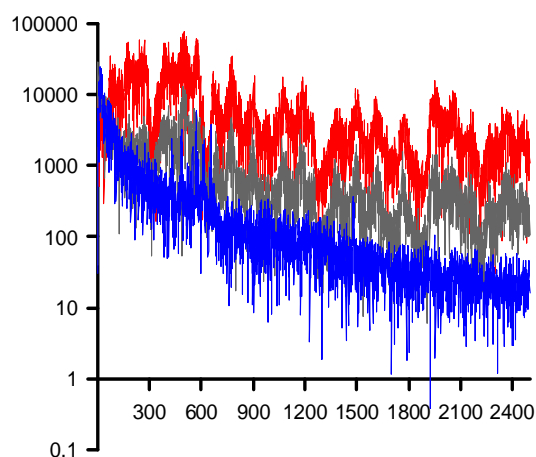


Señal transmitida. Micrófonos 3 y 4

Solo Ruido: Solo Aire: Aire y Ruido:

Masa de aire: 20 kg/h

Señal transmitida. Micrófonos 1 y 2



Señal transmitida. Micrófonos 3 y 4

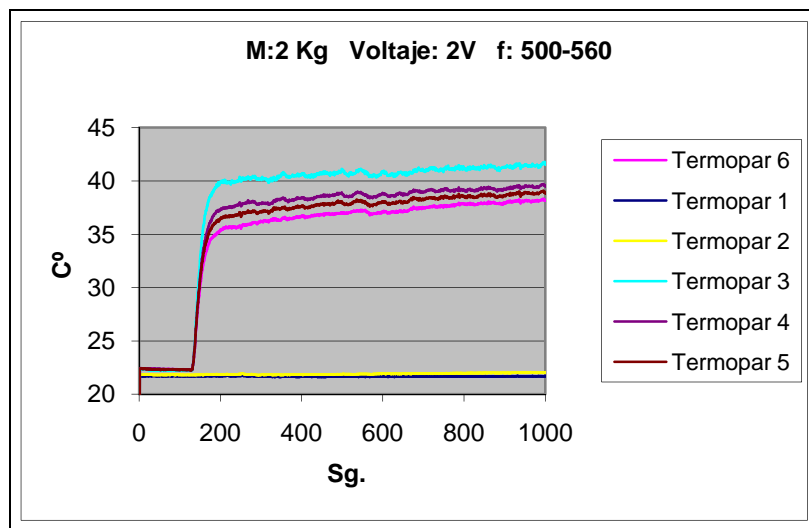
Finalmente, para gastos de aire mayores, el comportamiento de las señales indica que el aire no se ve influenciado por la acción de la señal acústica de manera significativa a lo largo del intervalo de frecuencia de prueba.

Se concluye que con gastos de aire menores la influencia del ruido afecta de manera más notable el comportamiento del gasto de aire circulante.

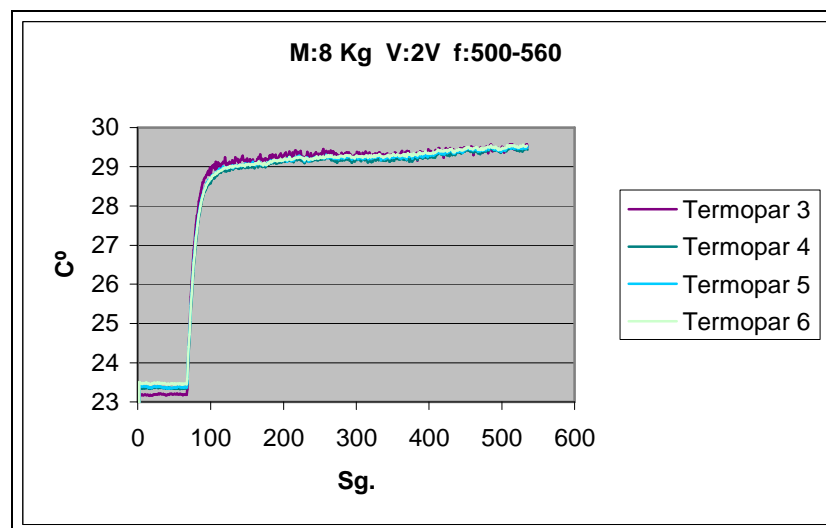
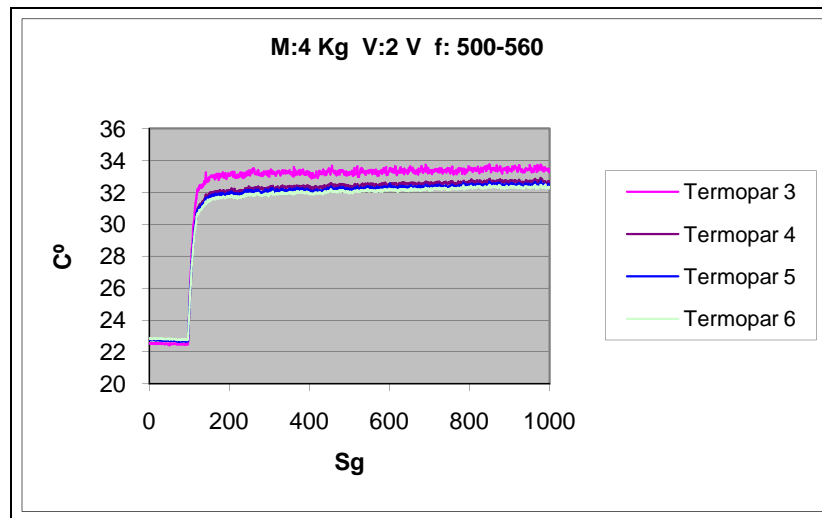
6.2.3 Medidas del comportamiento de la temperatura del flujo de aire.

Primero se hicieron pruebas con los gastos de aire ya estudiados. Estos primeros ensayos no muestran resultados significativos.

También se tuvieron en cuenta los resultados teóricos de anteriores estudios como punto de partida.

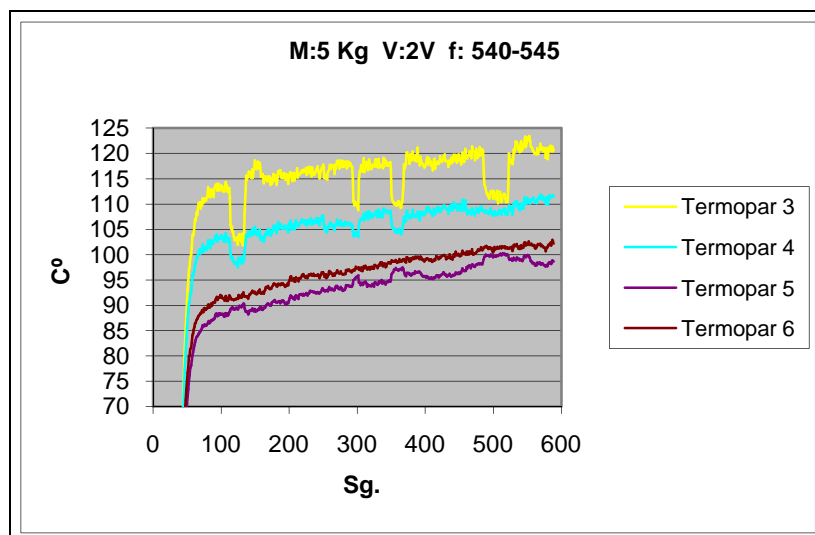
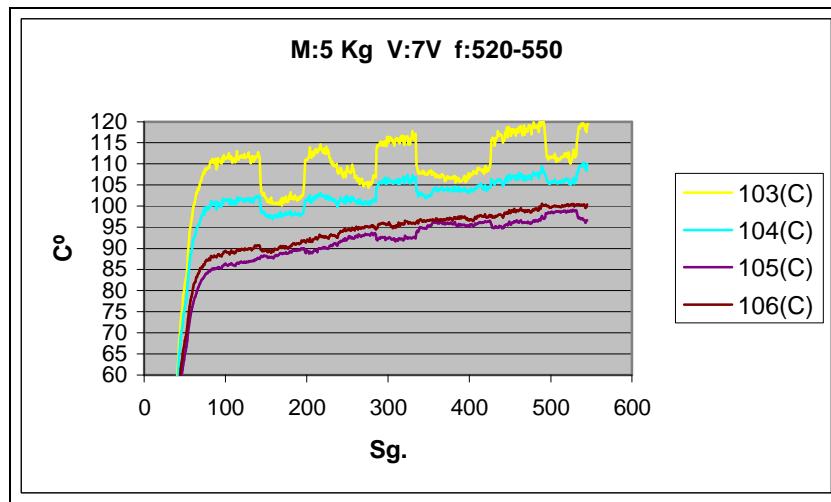


Las señales de los micrófonos 1 y 2 eran constantes al estar posicionados antes de la resistencia.



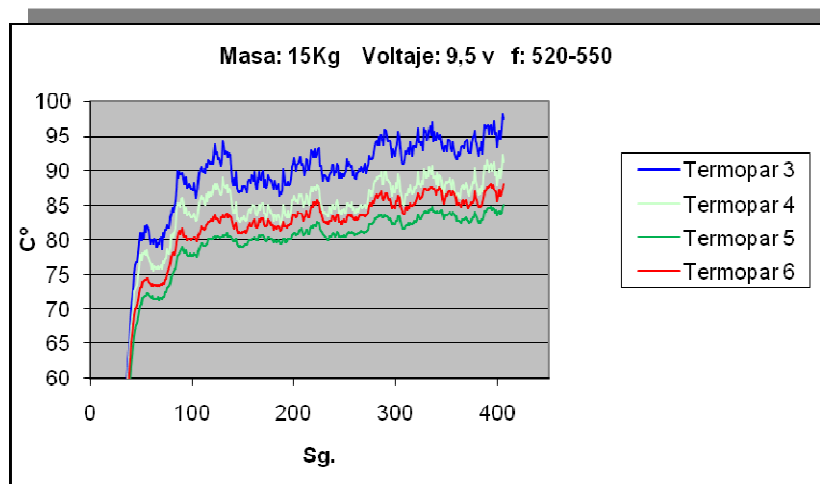
A pesar de no mostrar resultados concluyentes, sirvieron para identificar que era con gastos de aire menores y voltajes más altos como se podrían observar cambios en la temperatura. Los gastos de aire mayores requerirían altos voltajes para percibir algún cambio en la temperatura.

Después de diversas combinaciones se obtuvieron claros resultados con gastos de aire de 5 kg, en el rango de frecuencia de 520-550Hz y voltajes de 7V, así:



Las oscilaciones de temperatura mostradas por los termopares 3 y 4 se deben al rango de frecuencias utilizado en cada medición, como se explica en el capítulo 5, apartado 5.2 Ensayos sobre el comportamiento térmico.

Para observar alguna reacción en gastos de aire mayores, las condiciones de voltaje eran más altas y los resultados muy erráticos.



6.3 CONCLUSIONES.

De forma general se puede afirmar que un campo acústico con características determinadas puede aumentar la transmisión de calor de un calentador de aire. Así, se comprueba la teoría sobre el efecto de las ondas sonoras sobre la transmisión de calor del calentador al flujo de aire que pasa a través de él.

Se ha observado que la temperatura del calentador debe ser elevada para que éste fenómeno sea más perceptible, es decir, que solo hay una subida de temperatura importante en el aire gracias a unas características acústicas determinadas, si el calentador está a una temperatura inicial elevada.

Por otro lado, cuando se analiza la influencia de las características acústicas sobre los diferentes gastos de aire probados, se observa que es sobre todo en gastos pequeños donde el efecto descrito es más visible.

CAPÍTULO 7:
CONCLUSIONES Y DESARROLLOS
FUTUROS.

ÍNDICE CAPÍTULO 7

7.1 CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.

166

7.1 CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.

La realización de este proyecto en la línea de transmisión de calor junto con la línea de ruido del Departamento de Maquinas y Motores Térmicos de las Universidad Politécnica de Valencia me ha permitido integrarme en una estructura de trabajo real durante un periodo de seis meses, asumiendo con total responsabilidad las labores encomendadas, sobre todo en los ensayos experimentales. También he podido conocer y participar en el desarrollo de otras actividades de investigación que se llevan a cabo en el mismo Departamento. Ha sido una experiencia enriquecedora desde el punto de vista profesional y personal tanto por el proceso del trabajo realizado y el resultado final como por la calidad y el apoyo de las personas involucradas en él.

En este proyecto se han utilizado pues todos los recursos disponibles para el estudio sobre los efectos de campos acústicos en la transmisión de calor de un calentador de aire de admisión, objetivo a cumplir, y se analizan y valoran los resultados obtenidos sobre dicho estudio.

De los ensayos efectuados durante la realización del presente proyecto se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Se ha diseñado y desarrollado un plan de ensayos que nos ha garantizado la realización de éste de una forma eficiente y maximizando nuestros recursos.
- Se ha realizado el plan de ensayos con resultados eficaces y con un coste mínimo, tanto en tiempo como en número de ensayos realizados, sin que ello repercutiera en la fiabilidad y calidad de los resultados
- La realización de los ensayos se ha llevado a cabo mediante una rutina de medida que garantiza características fundamentales como son la repetibilidad, rigurosidad y fiabilidad de los ensayos realizados.

Del análisis de los resultados obtenidos se concluye:

De forma general se puede afirmar que un campo acústico con características determinadas puede aumentar la transmisión de calor de un calentador de aire. Así, se comprobó la teoría sobre el efecto de las ondas sonoras sobre la transmisión de calor del calentador al flujo de aire que pasa a través de él.

Se ha observado que la temperatura del calentador debe ser elevada para que este fenómeno sea más perceptible, es decir, que solo hay una subida de temperatura importante en el aire gracias a unas características acústicas determinadas, si el calentador está a una temperatura inicial elevada. Por otro lado, cuando se observa la influencia de las características acústicas sobre los diferentes gastos de aire probados, puede verse que es sobre todo en gastos pequeños donde el efecto descrito es más visible.

Para una futura continuación de este estudio cabría señalar:

- Modificaciones en el modelo de la maqueta para ampliar la información sobre el efecto de los campos acústicos con el altavoz en otra ubicación, a mayor distancia del calentador o directamente debajo de éste.
- El estudio específico de los rangos de temperatura inicial del calentador para los cuales la influencia de los campos acústicos estudiados es más patente en la transferencia de calor con el flujo de aire.



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



DOCUMENTO II

PLIEGO DE CONDICIONES

**ESTUDIO SOBRE LOS EFECTOS DE CAMPOS
ACÚSTICOS EN LA TRANSMISIÓN DE CALOR DE UN
CALENTADOR DE AIRE DE ADMISIÓN.**

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES**CAPÍTULO 1. DESARROLLO DEL PROYECTO**

1.1 INTRODUCCIÓN.	176
1.2.DESCRIPCION DEL PROYECTO.	176
1.3 DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO.	176
1.3.1 Descripción del contenido de cada documento.	177

CAPÍTULO 2. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN

2.1 BANCO DE FLUJO.	182
2.1.1 Características técnicas de la instalación de medida de flujo.	182
2.1.2.1 Manual del Grupo soplante.	182
2.1.2.2 Manual del Variador de frecuencia.	201
2.1.2.3 Manual del Regulador P.I.D.	213
2.1.2.4 Manual de las Válvulas electroneumáticas.	240
2.1.2.5 Manual de las Válvulas de mariposa.	244
2.1.2.6 Manual del Sensyflow.	248
2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA RUIDO.	285
2.2.1 Hardware PULSE.	285
2.2.2 Software PULSE.	306
2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ADQUISICION DE DATOS DE TEMPERATURA.	322
2.3.1 Introducción.	322
2.3.2 Aspecto fundamentales de las mediciones.	322
2.3.3 Cómo eliminar tensiones de ruido de líneas de corriente.	323
2.3.4 Configuración de Mediciones de Temperatura.	323
2.3.6 Fuentes de Error en las Mediciones de Termopar.	326
2.3.7 Limites de alarma.	327

CAPÍTULO 3. APLICACIONES ONFORMÁTICAS DE CONTROL

3.1 FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA PULSE.	330
3.1.1 Configuración del proyecto.	330
3.1.1.1 El organizador de configuración.	330
3.1.1.2 El organizador de medidas.	334
3.1.1.3 Funciones y el organizador de funciones.	337
3.1.1.4 Pantallas y el organizador de pantallas.	340
3.1.1.5 Guardar el proyecto.	342
3.1.1.6 Calibración.	343
3.1.1.7 Adquisición de datos.	345
3.1.1.8 Guardar las medidas realizadas.	345
3.1.2 Barra de herramientas y teclas de acceso rápido.	346

CAPÍTULO 4. NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD

4.1 NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD.	349
REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23/04/1997	349
4.1.1 CAPÍTULO I: Disposiciones Generales	350
4.1.1.1 Artículo 1. Objeto.	350
4.1.1.2 Artículo 2. Definiciones.	351
4.1.2 CAPÍTULO II: Obligaciones del empresario.	351
4.1.2.1 Artículo 3. Obligación general del empresario.	351
4.1.2.2 Artículo 4. Condiciones constructivas.	351
4.1.2.3 Artículo 5. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización.	352
4.1.2.4 Artículo 6. Instalaciones de servicio y protección.	352
4.1.2.5 Artículo 7. Condiciones ambientales.	352
4.1.2.6 Artículo 8. Iluminación.	352
4.1.2.7 Artículo 9. Servicios higiénicos y locales de descanso.	353

4.1.2.8 Artículo 10. Material y locales de primeros auxilios.	353
4.1.2.9 Artículo 11. Información a los trabajadores.	353
4.1.2.10 Artículo 12. Consulta y participación de los trabajadores.	353
4.1.2.11 Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa.	353
4.1.2.12 Disposición final primera. Elaboración de la Guía Técnica de evaluación y prevención de riesgos.	354
4.1.2.13 Disposición final segunda. Habilitación normativa.	354
4.1.2.14 Disposición final tercera. Entrada en vigor.	354
4.1.3 Anexos.	355
4.1.3.1 Anexo I: Condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo.	355
4.1.3.2 Anexo II: Orden, limpieza y mantenimiento.	363
4.1.3.3 Anexo III: Condiciones ambientales en los lugares de trabajo.	364
4.1.3.4 Anexo IV: Iluminación de los lugares de trabajo	366
4.1.3.5 Anexo V: Servicios higiénicos y locales de descanso.	368
4.1.3.6 Anexo VI: Material y locales de primeros auxilios.	371

CAPÍTULO 5. PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE FLUJO

5.1 INTRODUCCIÓN.	375
5.2 PLAN DE MANTENIMIENTO DE SOPLANTES.	375
5.2.1 Trabajos semanales.	375
5.2.2 Después de 500 horas de servicio.	375
5.2.3 Después de 1000 horas de servicio.	376
5.2.4 Después de 4000 horas de servicio.	376
5.2.5 Después de 8000 horas de servicio.	376
5.3 PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS CAUDALÍMETROS DE HILO CALIENTE (SensyFlow).	376

CAPÍTULO 1:
DESARROLLO DEL PROYECTO

ÍNDICE CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN.	176
1.2.DESCRIPCION DEL PROYECTO.	176
1.3 DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO.	176
1.3.1 Descripción del contenido de cada documento.	177

1.1 INTRODUCCIÓN.

En el Pliego de condiciones se pretende establecer el método óptimo para llevar a cabo el objetivo del proyecto describiendo las directrices de funcionamiento de los procesos de ensayo, de las instalaciones y material de prueba, de los sistemas informáticos y de las medidas de seguridad tomadas en caso necesario. La fiabilidad de los resultados puede verse comprometida si no se tienen en cuenta dichas directrices.

Debido a la naturaleza del trabajo, no existen condiciones facultativas, económicas o legales, por lo que sólo se citan las condiciones técnicas.

1.2. DESCRIPCION DEL PROYECTO.

El objeto del presente proyecto es estudiar el potencial de mejora de la eficiencia de los calentadores de aire de admisión mediante la presencia de ondas acústicas, y la influencia de estas en la transmisión de calor. Para ello se ha preparado una maqueta, con unas características de diseño específicas, que nos permitirá llevar a cabo una serie de ensayos en los que podemos medir, modificar y finalmente comprobar el comportamiento del aire frente a distintas condiciones físicas, en este caso acústicas y térmicas.

1.3 DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO.

El proyecto está constituido por tres documentos independientes entre sí, que se describen a continuación.

- 1. Memoria.**
- 2. Pliego de Condiciones.**
- 3. Presupuesto.**

1. Memoria.

la Memoria se plantea el problema objeto del proyecto, se proponen soluciones a éste, y se elige razonadamente una solución describiéndola adecuadamente. La Memoria del presente Proyecto describe detalladamente las partes de las que consta la instalación y en ella se razonan las decisiones adoptadas.

2. Pliego de condiciones.

En esta parte del proyecto se refleja la solución adoptada en el desarrollo del proyecto, la cual ha sido explicada de forma detallada en la Memoria.

Se trata de un documento independiente, por lo que a partir de él se dispone de toda la información necesaria para llevar a cabo la realización del proyecto.

3. Presupuesto.

En este documento se realiza un estudio económico del proyecto. El objetivo de éste es estimar el coste del trabajo realizado y de los equipos necesarios para su ejecución.

1.3.1 Descripción del contenido de cada documento.

1. Memoria.

El **primer capítulo** es una breve introducción al tema del arranque en frío y refleja el objetivo del proyecto y la justificación de su elaboración.

En el **segundo capítulo** se tratan los fundamentos de teóricos del proyecto, haciendo referencia a los Motores de Encendido por Compresión (MEC) y sus particularidades, así como al proceso de arranque en frío en los MCIA.

En el **tercer capítulo** se describen las características básicas del sonido y se exponen diversos estudios y ensayos realizados sobre la relación entre la transmisión de calor y determinados campos acústicos.

En el **cuarto capítulo** se explica el tipo de instrumentación utilizada para realizar las medidas de temperatura y sonido, así como los detalles sobre el diseño de la maqueta sobre la que se realizan los ensayos experimentales y la instalación utilizada.

En el **quinto capítulo** se describe la metodología de los ensayos y toma de datos, desde la puesta a punto de la instalación, las rutinas de arranque y parada, y las acciones en caso de emergencia.

En el **sexto capítulo** se exponen los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se ha llegado a partir de estos.

En el **séptimo capítulo** En este punto se presentan las conclusiones sobre el proyecto llevado a cabo así como posibles mejoras e investigaciones futuras.

2. Pliego de condiciones.

Como ya se ha mencionado, el Pliego de condiciones es un documento independiente. Comienza con este capítulo, cuya finalidad es hacer una breve descripción del desarrollo del proyecto.

En el **segundo capítulo** se ha considerado oportuno una resumida descripción de la instalación, antes de introducirse en el núcleo principal del Pliego de Condiciones.

En el **tercer capítulo** se mencionan estas condiciones técnicas:

- De materiales.

- De ejecución.
- De montaje.

Se ha realizado un **cuarto y último capítulo** para mencionar las normas y usos a seguir en lo que a seguridad e higiene se refiere.

- **Presupuesto.**

El presupuesto se ha realizado desglosado por los subsistemas que componen la instalación. El coste total no es más que la suma de las partes desglosadas.

CAPÍTULO 2:
CONDICIONES TÉCNICAS DE
EJECUCIÓN

ÍNDICE CAPÍTULO 2

2.1 BANCO DE FLUJO.	182
2.1.1 Características técnicas de la instalación de medida de flujo.	182
2.1.2.1 Manual del Grupo soplante.	182
2.1.2.2 Manual del Variador de frecuencia.	201
2.1.2.3 Manual del Regulador P.I.D.	213
2.1.2.4 Manual de las Válvulas electroneumáticas.	240
2.1.2.5 Manual de las Válvulas de mariposa.	244
2.1.2.6 Manual del Sensyflow.	248
2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA RUIDO.	285
2.2.1 Hardware PULSE.	285
2.2.2 Software PULSE.	306
2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE TEMPERATURA.	322
2.3.1 Introducción.	322
2.3.2 Aspecto fundamentales de las mediciones.	322
2.3.3 Cómo eliminar tensiones de ruido de líneas de corriente.	323
2.3.4 Configuración de Mediciones de Temperatura.	323
2.3.6 Fuentes de Error en las Mediciones de Termopar.	326
2.3.7 Límites de alarma.	327

2.1 BANCO DE FLUJO.

2.1.1 Características técnicas de la instalación de medida de flujo.

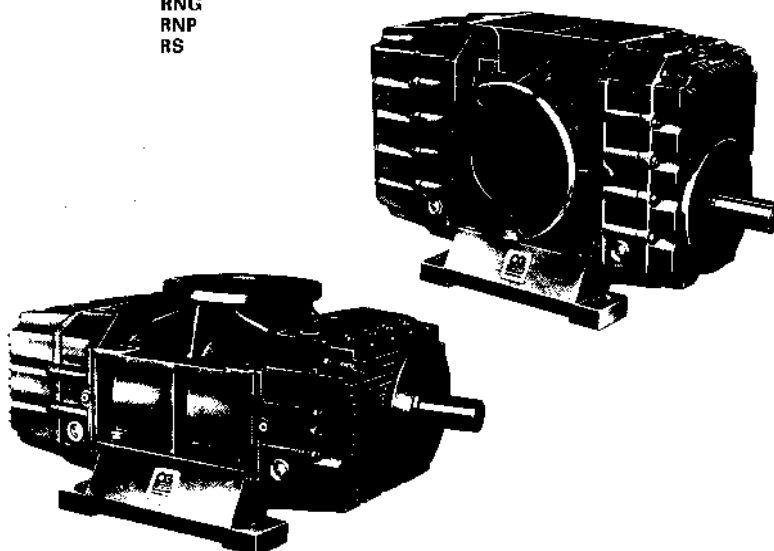
2.1.2.1 Manual del Grupo soplante.

**SOPLANTES DE
EMBOLOS ROTATIVOS**
(compresores ROOTS)



LIBRO DE INSTRUCCIONES
para la puesta en marcha y mantenimiento

TIPOS: RN
RNF
RNG
RNP
RS



Las abreviaciones usadas en la placa de características que está acoplada en la máquina en el banco de pruebas de **CONSTRUCCIONES MECANICAS PEDRO GIL, S. A.**, tienen el significado siguiente:

Q_v m³/min = Caudal aspirado
P_a bar = Presión absoluta de aspiración
P_s bar = Presión absoluta de impulsión
ΔP mbar = Presión diferencial
P kW = Potencia absorbida
n 1/min = Velocidad de rotación

TIPO	TAMAÑO	N.º DE FABRICACION

1

INDICE DE MATERIAS

- 1.0 Prólogo
- 2.0 Generalidades
- 3.0 Pruebas de funcionamiento y entrega
- 4.0 Transporte y recepción
- 5.0 Almacenaje
- 6.0 Emplazamiento y montaje
- 6.1 Fundaciones
- 6.2 Normas generales para la preparación de fundaciones y montaje de las máquinas
- 6.3 Montaje de tuberías
- 6.4 Montaje de acoplamientos o poleas
- 6.5 Conexiones para el agua de refrigeración
- 7.0 Puesta en marcha
- 7.1 Marcha y prueba del motor de accionamiento
- 7.2 Instrumentación
- 7.3 Marcha y prueba del soplante
- 8.0 Mantenimiento
- 8.1 Estanqueidad
- 8.2 Lubricación
- 9.0 Limpieza
- 10.0 Filtros
- 10.1 Limpieza de filtros
- 10.2 Control de filtro
- 11.0 Válvula de seguridad de presión
- 12.0 Marcha anormal de los soplantes de émbolos rotativos
Perturbaciones y forma de detectarlas
Soluciones
- 12.1 Ruidos anormales del soplante
- 12.2 Juego entre flancos de las ruedas dentadas, en exceso
- 12.3 Exceso de juego en los rodamientos
- 12.4 Roces de los émbolos con el cuerpo, tapas laterales o entre sí
- 12.5 Roces de los émbolos con las tapas laterales
- 12.6 Desequilibrio en los émbolos rotativos
- 12.7 Calentamiento excesivo
- 12.8 Aceite dentro de la cámara de compresión, pérdidas de aceite
- 12.9 Goteo o sudación a través de los ta'adros de salida de condensados
- 12.10 Pérdidas de aceite a través de los tapones de llenado, vaciado y visores de los niveles de aceite
- 12.11 Pérdidas de aceite de la junta radial de lapso del paso del eje de accionamiento
- 12.12 Visores de los niveles de aceite sucios
- 12.13 Cauzal aspirado insuficiente
- 12.14 Consumo de potencia más alto de lo norma'
- 13.0 Revisión
- 14.0 Reparaciones

TABLAS

- Tabla 1.** Aceites de protección.
- Tabla 2.** Dimensiones de la rosca en el extremo del eje de accionamiento.
- Tabla 3.** Valores de separación, desvío angular y desplazamiento radial admisibles en los acoplamientos elásticos.
- Tabla 4.** Gráfico del factor de corrección por diferentes velocidades de la tabla 3.
- Tabla 5.** Dimensiones de los filtros de arranque.
- Tabla 6.** Grasas para rodamientos.
- Tabla 7.** Tipo de aceites lubricantes y capacidades por tamaño de soplante.

ILUSTRACIONES

- Figura 1. Alzado de los soplantes.
- Figura 2. Fundación. Grupo soplante y motor sobre bancada base común.
- Figura 3. Fundación. Soplante y motor independientes y directamente sobre la fundación.
- Figura 4. Fundación. Grupo soplante y motor sobre bancada base común con pies elásticos.
- Figura 5. Alineación de acoplamientos con ayuda de regla y palpador.
- Figura 6. Alineación de acoplamientos con ayuda de relojes comparadores.
- Figura 7. Desvío angular en la alineación de acoplamientos.
- Figura 8. Desplazamiento radial en la alineación de acoplamientos.
- Figura 9. Desviación máxima en la alineación de poleas.
- Figura 10. Alineación de poleas.
- Figura 11. Tensión de las correas.
- Figura 12. Nivel de aceite correcto.
- Figura 13. Válvula de seguridad de presión.
- Figura 14. Nivel de aceite correcto.
- Figura 15. Situación de los tapones tipo RN ejecución A.
- Figura 16. Situación de los tapones tipo RN y RNP ejecución B.
- Figura 17. Situación de los tapones tipo RNG ejecución A.
- Figura 18. Situación de los tapones tipo RNG ejecución B.
- Figura 19. Situación de los tapones tipo RS ejecución B.
- Figura 20. Conexión para el agua de enfriamiento, tamaños 28 y 29.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

- No utilizar la máquina antes de leer el manual de instrucciones adjunto.
- Usar la protección adecuada y el equipo necesario contra los peligros que podría ocasionar el uso e instalación de este equipo.

<p>▲ PRECAUCIÓN</p>  <p>Mantener el cuerpo y la ropa lejos de las aperturas del grupo soplante.</p>	<p>▲ PRECAUCIÓN</p>  <p>No utilizar la máquina sin las protecciones correctamente instaladas.</p>	<p>▲ PRECAUCIÓN</p>  <p>Protección para el oído requerida.</p>	<p>▲ PRECAUCIÓN</p>  <p>No tocar las superficies calientes.</p>
---	---	---	---

ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD

- Mantener el cuerpo y la ropa lejos de la máquina giratoria y de los orificios de entrada y descarga.
- El nivel sonoro requiere proteger el oído.
- La temperatura alta del soplante puede causar quemaduras si se toca.
- Las protecciones de las correas de transmisión y acoplamiento deben estar correctamente instaladas.
- Los elementos de sujeción del soplante y motor deben ser revisados.

AVISO

Las arriba referenciadas precauciones de seguridad están indicadas mediante etiquetas adhesivas en cada equipo suministrado.

No arrancar las etiquetas, ni pintarlas, ni taparlas en ningún caso.

El incumplimiento o falta de atención de estas advertencias de seguridad podría ocasionar lesiones o heridas serias al personal que trabaje o se ocupe del mantenimiento de la máquina.

3

1.0 PROLOGO

Estas instrucciones tienen como objeto dar al personal de mantenimiento un conocimiento profundo de los soplantes y explicar su funcionamiento y mantenimiento.

Es necesario que el personal de manejo esté al corriente del contenido de estas instrucciones, parte para asegurar una buena y eficaz operación, parte porque CONSTRUCCIONES MECANICAS PEDRO GIL, S.A. no responderá de las averías que surjan durante el período de garantía si el motivo es un manejo no adecuado de la máquina.

Si en período de garantía surgiera alguna anomalía, no se debe desmontar la máquina, informen seguidamente a CONSTRUCCIONES MECANICAS PEDRO GIL, S.A., concretando el problema. El departamento de asistencia técnica post venta, los resolverá rápida y satisfactoriamente el problema.

No deberán efectuarse reparaciones en talleres no especializados. El desmontaje y montaje efectuados por personal desconocedor de este tipo de máquinas, pueden dar lugar a serias averías. El contenido de estas instrucciones no deben copiarse o transferirse a terceros sin el permiso por escrito de CONSTRUCCIONES MECANICAS PEDRO GIL, S.A.

2.0 GENERALIDADES

Una característica decisiva para la instalación de soplantes de émbolos rotativos, es la ausencia total de aceite en el aire o gases impulsados o transportados. Los émbolos rotativos giran sin rozamientos, por lo que no necesitan ningún engrase en el interior de la cámara de compresión. El mantenimiento se reduce prácticamente a la vigilancia y control del aceite de engrase en las cajas que alojan las partes mecánicas, este engrase se realiza por barboteo y el consumo de aceite es prácticamente nulo.

3.0 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ENTREGA

CONSTRUCCIONES MECANICAS PEDRO GIL, S.A., entrega todos los soplantes de émbolos rotativos después de una completa prueba de funcionamiento, seguida de un ensayo de capacidad y potencia para la determinación del rendimiento. Sobre pedido se suministra el certificado de ensayos.

Antes de su expedición se procede a evacuar totalmente el aceite lubricante.

LOS SOPLANTES SE SUMINISTRAN SIN CARGA DE ACEITE.

Los soplantes llevan una placa de características de origen, en la que figuran: tipo del soplante, tamaño, número de fabricación y datos de rendimiento.

Las partes mecanizadas que se encuentran en el exterior, van pintadas con barniz antioxidante y las bridas de aspiración e impulsión van tapadas para evitar la entrada de cuerpos extraños o agua dentro de la cámara de compresión.

4.0 TRANSPORTE Y RECEPCION

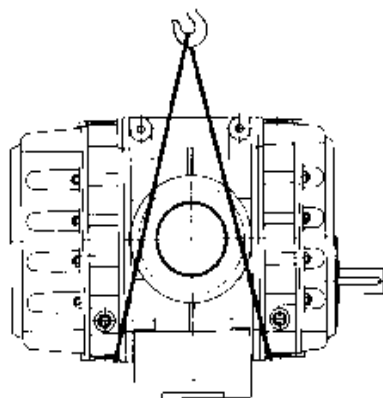
Las máquinas y sus accesorios deben protegerse contra golpes que pudieran producirse durante el transporte.

Debe revisarse la máquina cuando llega a su destino.

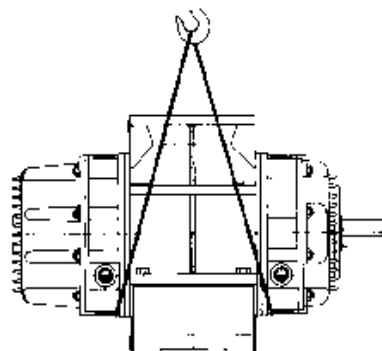
Comprobar:

- Que no haya sufrido deterioros.
 - Si se recibe la totalidad del pedido.
 - Que los datos técnicos que figuran en la placa de características del soplante coincidan con el pedido.
 - Hacer girar con la mano el eje del soplante, éste debe girar con suavidad.
- NUNCA SUSPENDER LA MAQUINA CON EJE LIBRE, POR SU EJE.**

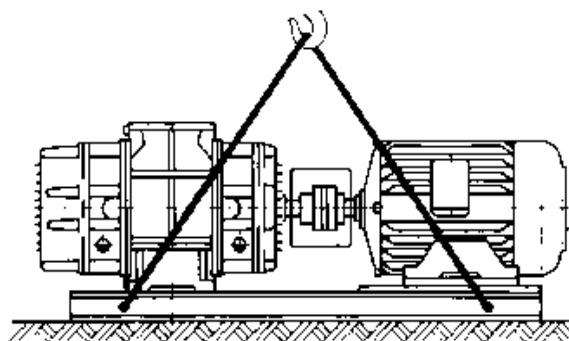
En caso de transporte interior, deberá protegerse nuevamente las partes expuestas con una jaula de madera.



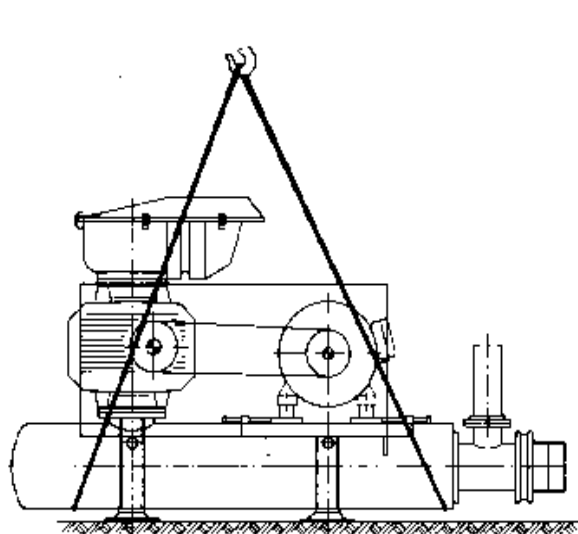
TIPO RN/A



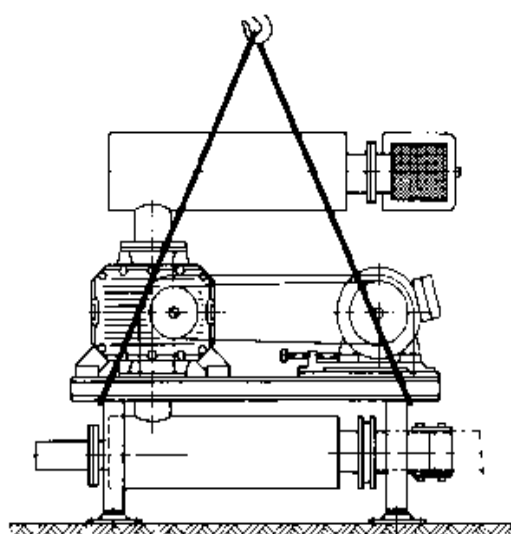
TIPO RN/B



MONTAJE: B-53



MONTAJE: B-51.F, B-53.F



MONTAJE: B-51.c, B-53.c

FIGURA 1

5.0 ALMACENAJE

El almacenaje tiene gran importancia para la conservación en perfecto estado de la máquina y el posterior funcionamiento sin problemas.

Tanto los soplantes como sus accesorios deben almacenarse en lugar seco y protegido.

En el caso de inmovilización prolongada en un recinto que no esté cerrado, proteger las partes lisas exteriores y las partes interiores de la máquina, esto es, émbolos y cámaras de compresión con aceite anticorrosivo.

Llenar los carters con su aceite correspondiente, hasta su nivel correcto. Periódicamente girar el eje del soplante manualmente.

TABLA 1

ACEITES PROTECTORES:

Externos:	
TECREX 39	(MOBIL OIL)
RUST BAN 324	(ESSO)
V — product 9703	(SHELL)

Internos:	
MOBIL Mobilarma 523 o 524	
ESSO LUB MZ 20W/20	
SHELL Ensis Motor oil 20	

o equivalentes de otros fabricantes.

6.0 EMPLAZAMIENTO Y MONTAJE

Para el alzado y puesta en emplazamiento de soplantes o grupos soplante-motor, debe tenerse en cuenta la forma de colocar las eslingas según figura 1.
 En esta operación debe vigilarse que los cables no determenen ninguna parte de la máquina. Las ondas de la máquina estarán tapadas hasta el momento de la colocación de las tuberías.

6.1 FUNDACIONES

Debemos distinguir dos casos:

1. Fundaciones libres de transmitir vibraciones.

a) Grupo soplante y motor sobre bancada base común.



FIGURA 2

Las dimensiones de la fundación serán las recomendadas por nosotros según el plano de tamaño de soplante que nos ocupe.
 No es necesario colocar pies elásticos entre la bancada base común de la soplante y motor y la fundación.

b) Soplante y motor independientes y directamente sobre la fundación.



FIGURA 3

Eje de transmisión del soplante o del reductor debe quedar un poco más elevado que el eje de transmisión del motor para asegurar una perfecta alineación.
 Cuando el soplante sea sometido a elevadas cargas térmicas se colocarán bulones en forma directa sólo en los pies del lado accionamiento. los pies del lado opuesto al accionamiento se fijarán intercalando bujes distanciadores que permitan un leve desplazamiento axial cuando el cuerpo sufra una dilatación.

2. Fundaciones capaces de transmitir vibraciones.

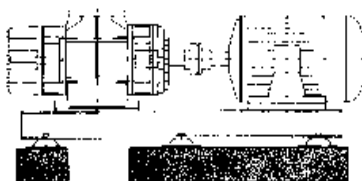


FIGURA 4

Este caso se entiende emplazamiento encima de un piso, estructura de acero, losas, etc.
 Recomendamos colocar pies elásticos que amortigüen las oscilaciones de masa entre la bancada común a soplante y motor y el suelo en el que descansa el grupo.

NOTA: Los pisos de madera, placas de madera etc., no son adecuados.

6.2 NORMAS GENERALES PARA LA PREPARACION DE FUNDACIONES Y MONTAJE DE LAS MAQUINAS

Antes de colocar el grupo o soplante, la superficie de apoyo debe estar completamente seca, limpia de aceite y de escombros.
 La superficie de la fundación deberá cepillarse y limpiarse, así como los alojamientos de los pernos de anclaje (soplarlos con aire si es posible).
 La superficie de la fundación debe ser perfectamente plana.
 Una vez situada la máquina y apoyada, se procederá a colocar los pernos de anclaje libremente.

La nivelación del grupo se realizará con ayuda de chapas suplementarias de acero (no cuñas). El nivel deberá colocarse en las partes mecanizadas, eje, bridas.
 El desnivel máximo será de 0,2 mm por 1 m de largo.
 Las chapas de acero suplementarias se colocarán de modo que queden dentro del cordón de la bancada base, así la última capa de lechada de hormigón las cubrirá y fijará.
 Cuando esté totalmente nivelada se llenará con hormigón los agujeros de los pernos de anclaje y se alinara la superficie de la fundación que sobresale alrededor de la máquina, quedando dentro de la lechada las placas de acero para la nivelación.
 Después que el hormigón se haya endurecido se procederá a un apriete ligero e igualado de los tornillos de anclaje y se verificará de nuevo la nivelación. Si es correcta, se apretarán más fuertemente los tornillos y así sucesivamente hasta finalizar la operación. En la operación de apriete definitivo debe verificarse que el eje del soplante gire con suavidad a mano. Si se aprecia resistencia al giro del eje es señal que la bancada o cuerpo del soplante están bajo tensiones y por lo tanto deformados, o bien que existen cuerpos extraños en el interior de la cámara de compresión.

6.3

Previamente al montaje deben limpiarse las tuberías cuidadosamente, con el fin de eliminar todo cuerpo extraño (escorias, óxidos, arenas, perlas de soldadura, electrodos, tornillos, etc.). Recomendamos, y resulta muy eficaz, instalar FILTROS DE ARRANQUE en las pruebas de puesta en marcha en la brida o tubo de aspiración.
 Las tuberías de aspiración e impulsión no deben provocar tensiones. Las distancias entre bridas deben ser igual al espesor de la junta, antes del apriete definitivo verificar con caras de espesores que las bridas del soplante y de las tuberías están paralelas.
 Una vez apretados los tornillos de las bridas debe controlarse que el eje del soplante gira suavemente con la mano.
 El peso de los silenciadores y las tuberías deben absorberse por medio de soportes.
 Los empalmes elásticos (manguitos de goma, fuelles de dilatación) deben montarse partiendo desde el soplante, detrás de los silenciadores.
 Si se emplean manguitos de goma, la distancia libre entre los extremos de los tubos no debe ser superior a 6 mm. Las abrazaderas se situarán en los bordes de los tubos.
 En el caso de posibles condensaciones dentro de las tuberías, hay que prever purgas en los puntos más bajos de la tubería (tapones, grifos, purgas automáticas). Este apartado hay que tenerlo en cuenta cuando se manipulan gases que pueden condensar.

6.4 MONTAJE DE ACOPLAMIENTOS O POLEAS

Antes de proceder a colocar el plato de acoplamiento o la polea se limpiarán. También deberá limpiarse cuidadosamente el barniz antioxidante del eje, para la buena realización de esta operación es necesario sacar la chaveta (usar disolventes de barniz, JAMAS LIJAR O LIMAR EL EJE).
 Para su montaje se emplearán sólo dispositivos adecuados que se acoplarán al agujero roscado central del extremo del eje.

TABLA 2

TAMAÑO DEL SOPLANTE

DIMENSIONES DE LA ROSCA EN LOS EJES:

60	M.6 × 1
20 - 21	M.8 × 1,25
22 - 23	M.12 × 1,75
24 - 25	M.20 × 2,5
26 - 29	M.24 × 3

En el caso de acoplamientos se pueden calentar las partes de los mismos, facilita su calado sobre el eje. En este caso se debe sacar previamente los elementos elásticos. En el montaje los extremos de los ejes no deben sobresalir en el lado interior de los cubos. La sujeción en el sentido axial se efectúa mediante un tornillo de fijación que actúa sobre la chaveta, no sobre el eje.
 Untar el eje con aceite. Si se emplea aceite de bisulfuro de molibdeno (por ejemplo Molykote) facilita la operación y permite, en su día, un desmontaje más rápido y sin problemas.
 En ningún caso montar los acoplamientos o poleas A GOLPES DE MARTILLO O MAZA.
 Asegurarse de que la polea esté equilibrada dinámicamente con la precisión según VDI 2060 (Q = 2,5).

ALINEACION DE ACOPLAMIENTOS ELASTICOS

Se tomará siempre como referencia el eje del soplante. El eje del motor de accionamiento debe quedar siempre ligeramente más bajo que el eje del soplante. Los suplementos de chapa de acero se colocarán debajo de las patas del motor las cuales cubrirán toda la superficie de contacto de la pata.

El desvío radial y el desvío angular de los extremos de los ejes deben ser lo más reducidos posible.

Esto se efectúa mediante una regla (desvío radial) y palpador (desvío angular) de acuerdo con la figura 5. Mediante dos relojes comparadores se consigue una mayor precisión en la alineación, ver figura 6.

Tolerancias admisibles para la rotación de acoplamientos:

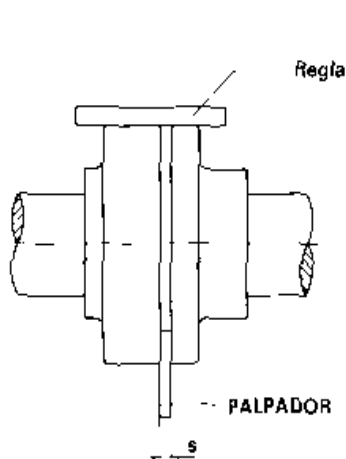


FIGURA 5

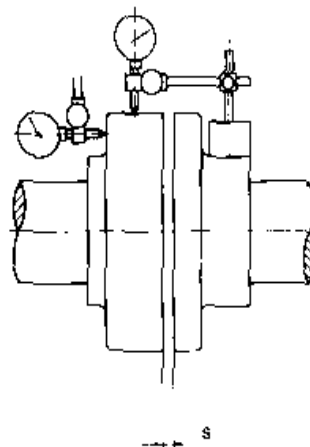
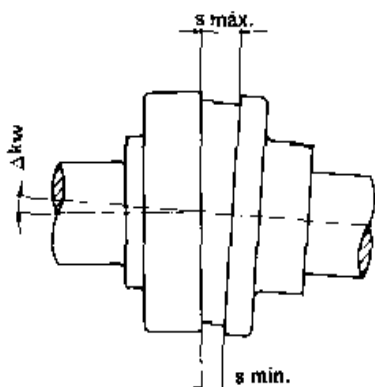
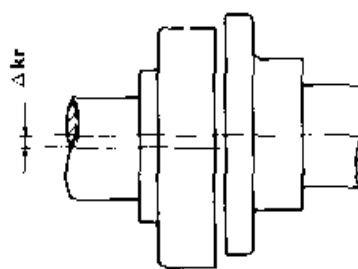


FIGURA 6



DESVIÓ ANGULAR

FIGURA 7



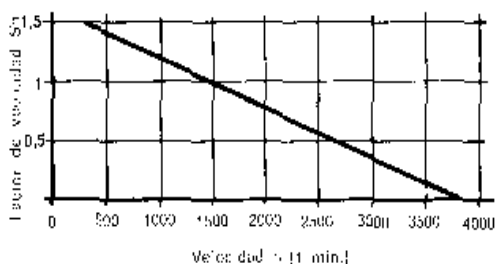
DESVIÓ RADIAL

FIGURA 8

TABLA 3

Valores de separación, desvío angular y desplazamiento radial				
Tamaño	S	Desplaz. radial ΔK _r		
		a 1500 mm	1/min.	
56	2 . 4	0,10	0,10	
68	2 . 4	0,11	0,11	
80	2 . 4	0,13	0,13	
95	2 . 4	0,15	0,15	
110	2 . 4	0,18	0,18	
125	2 . 4	0,21	0,21	
140	2 . 4	0,24	0,24	
160	2 . 4	0,27	0,27	
180	2 . 6	0,30	0,30	
200	2 . 6	0,34	0,34	
225	2 . 6	0,39	0,39	
250	3 . 8	0,42	0,42	
280	3 . 8	0,47	0,47	
315	3 . 8	0,52	0,52	
350	3 . 8	0,56	0,56	
400	3 . 8	0,65	0,65	
440	5 . 10	0,72	0,72	
480	5 . 10	0,78	0,78	
520	6 . 12	0,85	0,85	

TABLA 4



Para velocidades diferentes de la tabla 3, se calcula el desvío angular máximo: $\Delta K_a \cdot S_1$ (S_1 , según gráfico 4).
 Para velocidades diferentes de la tabla 3, se calcula el desplazamiento radial máximo: $\Delta K_r \cdot S_1$ (S_1 , según gráfico 4).
 Desvío angular y desplazamiento radial pueden presentarse ambos al mismo tiempo. La suma de ambos no deben sobrepasar ΔK_a o ΔK_r .

ALINEACIÓN DE LAS POLEAS Y TENSION DE LAS CORREAS

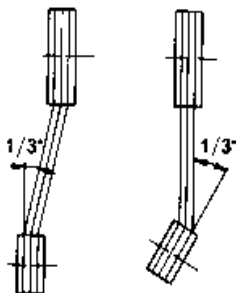


FIGURA 9

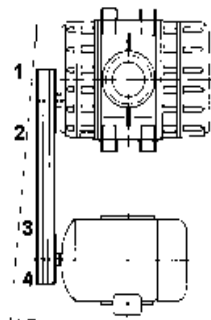


FIGURA 10

La alineación de las poleas puede realizarse con la ayuda de un hilo o regla de acero.
 El paralelismo de los dos ejes queda asegurado si el hilo tenso o regla toca las poleas en los puntos 1, 2, 3, 4 en línea recta, ver figura 10.
 Una mala alineación acorta la vida de las correas. La desviación máxima no debe superar un ángulo de $1/3^\circ$, ver figura 9.

Tensión de las correas.

Medición de la tensión por el método «TENSION FLECHA».

La fuerza de flexión debe ser siempre dirigida perpendicularmente al ramal de arrastre.

FUERZA FLECHA	
Sección	Kg
SPZ	2,5
SPA	5
SPB	7,5
SPC	12,5

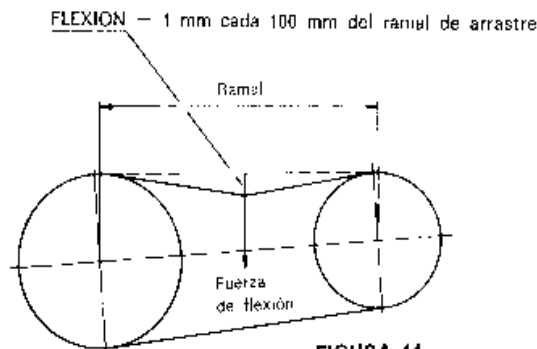


FIGURA 11

Para conseguir un óptimo tensado siga los cuatro pasos siguientes:

1. Después de colocar las correas en los canales de las poleas, aumentar la distancia entre centros hasta que las correas queden ajustadas en los canales pero sin soportar ninguna tensión.
2. Medir la longitud del ramal de la transmisión. Progresivamente ir tensando las correas verificando su valor. Para ello, aplicar en el centro del ramal una fuerza perpendicular mediante un tensiómetro o muelle graduado, que nos permita en cada momento verificar la fuerza aplicada y la magnitud de la flecha que produce. El tensado será correcto cuando alcance las cifras que se indican en la tabla.
3. Son necesarias algunas horas para que las correas se acopien exactamente a los canales de las poleas. La mejor tensión para una transmisión es la mínima posible para que transmita la carga necesaria sin haber producido ningún deslizamiento. Una tensión exagerada reducirá la vida de la correa y una tensión insuficiente producirá deslizamientos y destruirá la correa.
4. Es importante mantener las correas y las poleas lo más limpias posibles. Después de algunas horas de funcionamiento es importante retensar la transmisión, pues es en las primeras horas cuando se producen los ajustes entre poleas y correas.

SUSTITUCIÓN DE LAS CORREAS

En una transmisión de varias correas, si debe ser sustituida una de ellas, es siempre preferible reemplazar el juego completo. La mezcla de correas nuevas y usadas comporta un reparto desigual de tensión y de cargas de trabajo en cada una de ellas.

7.0 PUESTA EN MARCHA

Antes de la puesta en marcha es imprescindible seguir todas las instrucciones.

7.1 MARCHA Y PRUEBA DEL MOTOR DE ACCIONAMIENTO

- 1.º No manipular el motor antes de leer el libro de instrucciones.
- 2.º Comprobar si el voltaje del motor coincide con la red.
- 3.º Comprobar el conexionado del motor.
- 4.º El motor debe estar desacoplado del soplante.
- 5.º Marcha y paro del motor, verificar el sentido de giro del motor, debe ser igual al marcado por la flecha situada en el soplante
- 6.º Marcha del motor, controlar la estabilidad de marcha, eventualmente el equilibrado.

7.2 INSTRUMENTACION

Presustatos, termómetros, termostatos, manómetros con transmisión eléctrica, etc., verificar el funcionamiento de los mismos y eventualmente ajustarlos.

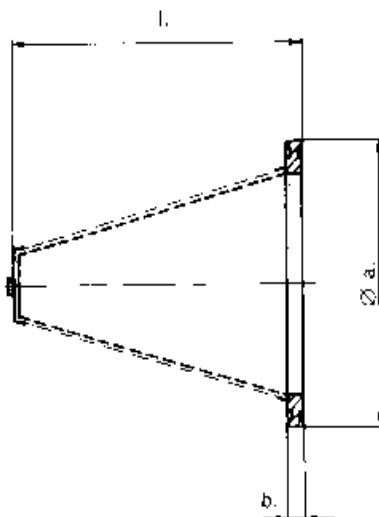
7.3 MARCHA Y PRUEBA DEL SOPLANTE

El soplante es una máquina ruidosa, por lo que es imprescindible que trabaje con los silenciadores adecuados. Si el nivel sonoro es aún mayor del admisible, recomendamos la aplicación de cabinas de insonorización.

- 1.º Hacer girar el soplante con la mano y comprobar que lo hace suavemente. Si se aprecia alguna resistencia deberá aflojarse las bridas de conexión de la aspiración e impulsión y eventualmente los tornillos de fijación al zocalo. Se controlara asimismo de que no se hayan introducido cuerpos extraños en el interior de la máquina. El soplante debe estar montado libre de tensiones.
- 2.º En las instalaciones que el soplante trabaja en funcionamiento por vacío, o por vacío y presión combinadas o alternadas, o en sistemas de transporte de gas en sistemas de tuberías cerradas recomendamos y creemos necesario utilizar los filtros de arranque montados en la aspiración y lo más próximo del soplante pues impide la entrada de cuerpos extraños en el interior de la máquina. Por muchas precauciones que se tomen en la limpieza de las tuberías siempre existe la posibilidad que reste algún cuerpo extraño, la experiencia así nos lo confirma. En las primeras horas de funcionamiento verificar que resistencia ofrece el filtro de arranque. Después de más de 500 horas de servicio debe desmontarse el filtro de arranque y retirar la tela metálica dejando solo la chapa perforada.

TABLA 5

DIMENSIONES DE LOS FILTROS DE ARRANQUE (medidas en mm)



DN	a	b	l
50	107	16	115
80	142	18	170
100	162	18	235
150	218	20	250
200	273	22	285
250	328	24	340
300	378	24	395
350	438	24	480
400	490	24	500
500	590	30	590
600	695	30	750

- 3.º Para la carga de aceite ver «LUBRIFICACION», página 11

ATENCIÓN: nivel de aceite correcto

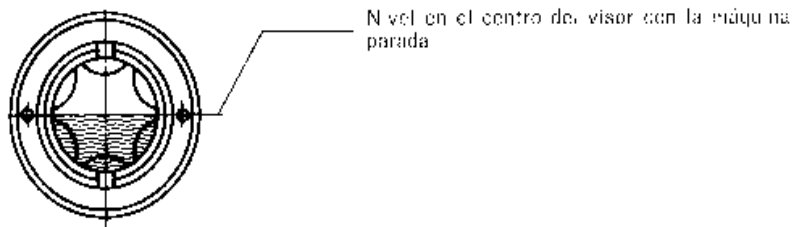


FIGURA 12

Verificar la estanqueidad de los tapones o grifos de vaciado de aceite de los cárter.

- 4.º Si el accionamiento es a través de un reductor o un multiplicador, verificar el nivel de aceite.
Ver instrucciones especiales
- 5.º Si el accionamiento se realiza con polea apoyada o eje de transmisión suplementario, verificar la cantidad de grasa.
Ver instrucciones especiales.
- 6.º Comprobar que todos los aparatos de seguridad están montados con la dirección de paso correcto (válvula de seguridad, válvula de retención, válvulas de cierre, dispositivos de seguridad, etc.).
- 7.º Verificar que todas las demás válvulas del circuito estén totalmente abiertas ya sea en la aspiración o en la impulsión. Es conveniente que en la primera puesta en marcha el soplanete arranque sin carga.
Los soplantes jamás deben funcionar contra válvulas cerradas.
El soplanete se puede proteger de los errores de manejo mediante válvulas de seguridad instaladas en la aspiración e impulsión.
- 8.º La carga máxima de presión de trabajo indicada en la placa de características del soplanete no debe sobrepasarse.
- 9.º Debe controlarse el consumo del motor.
- 10.º Si es necesario reajustar la válvula de seguridad.
- 11.º Verificar que en las tuberías no existan bridas ciegas
- 12.º Los soplantes que trabajan con temperaturas de aspiración elevadas, en la puesta en marcha, la temperatura debe subirse gradualmente hasta alcanzar la temperatura de servicio. La temperatura máxima de aspiración indicada en el pedido no debe sobrepasarse.
- 13.º Los soplantes servidos con sistemas de refrigeración, sistemas de lubricación, sistemas de estanqueidad para gases, etc., antes de ponerse en marcha (ver «MANTENIMIENTO» o suplemento de instrucciones).
- 14.º Controlar:
El ruido y estabilidad de marcha del soplanete y del acoplamiento o sistema de transmisión.
Temperatura del cuerpo.
Estanqueidad de los ejes, juntas radiales de labio del paso del eje de accionamiento.
Desaceleración de rotación suave después de la parada.
Rotación fácil a mano del soplanete, después de la marcha de prueba.
El nivel de aceite con la máquina parada al centro del visor.

8.0 MANTENIMIENTO

8.1 ESTANQUEIDAD

La cámara de impulsión está separada de la parte mecánica (rodamientos, engranajes, etc.), por un espacio o cámara de condensados que conecta al exterior a través de unos agujeros que se encuentran situados en la parte inferior de las cajas laterales

11

Cuando el fluido vehiculado es aire, estos agujeros se dejan abiertos, lo que permite una débil corriente de aire al exterior, esta débil corriente de aire barre continuamente la cámara de condensados.

Para aire la estanqueidad del paso del eje de accionamiento se realiza por medio de una junta radial de labio.

Cuando el fluido vehiculado es gas estos agujeros se cierran o se conducen con tubos a la tubería de baja presión.

Cuando el gas impulsado puede formar condensados, estos deben ser evacuados por medio de purgadores o colectores.

Para gases la estanqueidad del paso del eje de accionamiento se realiza por medio de dos juntas radiales de labio. Para la lubricación de las juntas se usa grasa normal para rodamientos que se introduce a través de un engrasador colocado a tal efecto.

TABLA 6
GRASA DE RODAMIENTOS
(saponificada con litio)

Waelzeroc1	4	(SKF)	
Alvania	3	(SHELL)	
Beacon	3	(ESSO)	
punto de goteo			aprox. 160°
contenido de ceniza			menor de 0,3 %
contenido de humedad			menor de 4 %

Cuando los soplantes para gas van equipados con juntas especiales (ejemplos: cierres mecánicos), ver instrucciones adjuntas especiales.

Controlar las juntas de los tapones de aceite, figuras. 15, 16, 17, 18 y 19, posiciones 2 y 3.

Controlar las juntas de los visores, posición 1.

Controlar que el cierre de paso del eje de accionamiento tiene una estanqueidad perfecta.

En general que no haya pérdidas de aceite.

8.2 LUBRIFICACION

Los rodamientos de los soplantes de émbolos relativos son engrasados por barbotec de aceite y no consumen practicamente aceite.

OBSERVACIONES PARA VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE

- 1.º Máquina parada.
Es la forma de ver exactamente si el nivel es correcto.
Nivel correcto en el centro del visor.
- 2.º Máquina en servicio.
Si existe movimiento de aceite en los visores el nivel es correcto.

IMPORTANTE

Un llenado excesivo produciria un aumento de temperatura del aceite y consecuentemente un mal funcionamiento mecánico del soplante. También se pueden producir pérdidas de aceite hacia la cámara de compresión y goteos en la salida de condensados.

En los soplantes con lubricación a presión y con refrigerador de aceite, la bomba de aceite está montada en el cárter lado opuesto al accionamiento. La presión de aceite deberá permanecer siempre a 1.5 bar sobre la presión de aspiración.

CAMBIO DE ACEITE

Esta operación deberá efectuarse con la máquina parada y a presión atmosférica.

- 1.º En el periodo de rodaje (500 horas de servicio).
Inmediatamente después de la primera puesta en marcha y una vez transcurridas 500 horas de servicio se debe cambiar el aceite.
- 2.º En funcionamiento normal.
Debe cambiarse el aceite una vez al año si el gas vehiculado es limpio.
En condiciones de servicio desfavorables prever el cambio de aceite en periodos más cortos.
Es recomendable tomar muestra de aceite y examinarla cada 4.000 horas de funcionamiento y fijar el cambio de aceite en consecuencia.

8.3 MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA PARADA

En el caso que el soplante deba estar un tiempo prolongado sin trabajar, deberá realizarse también el mantenimiento de " Máquina Parada " tal como sigue:

Si la máquina está trabajando y se para por un tiempo prolongado vaciar el aceite de los cárter y poner aceite nuevo.

Periódicamente (aprox. cada mes) hacer girar la máquina sin carga durante 5 ó 10 minutos, con el objetivo de lubricar todos los elementos relativos de la máquina con impregnación de aceite.

TIPOS DE ACEITE LUBRIFICANTE Y CAPACIDADES POR TAMAÑO DE SOPLANTE

TABLA 7

Los soplantes de nuestra fabricación se sirven sin el lubricante.

Antes de su puesta en marcha se debe realizar la carga con el aceite lubricante que a continuación se indica:

ELECCIÓN DEL LUBRICANTE:

Se empleará un aceite de alta calidad del tipo denominado «turbinas» inhibido contra oxidación, herrumbre y formación de espuma.

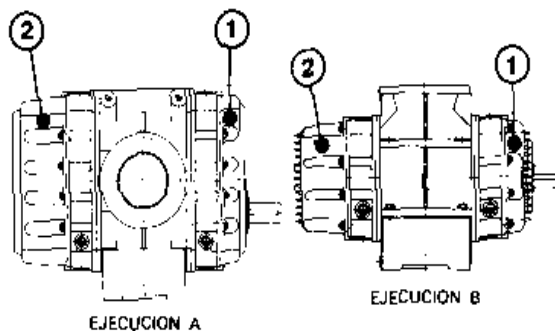
Recomendamos el uso de los aceites indicados en el cuadro. También pueden emplearse aceites tipo «premium» para automotores, sin aditivos, con viscosidad SAE 30 para servicio normal y SAE 40 para temperaturas más elevadas.

MARCA	SERVICIO PARA TEMPERATURAS NORMALES HASTA 80° C 1) ISO VG Viscosidad aceite 90-110 cSt@40° C 2) ISO VG Viscosidad aceite 135-165 cSt@40° C (Servicio normal)	Perla Código aceite	SERVICIO PARA ALTA TEMPERATURA, MÁXIMO 110° C Viscosidad aceite 196-242 cSt@40° C Clase y viscosidad ISO VG 220 (Gas caliente o trópicos)	Perla Código aceite
AGIP	1) OSO 100 2) OSO 150	24°C - 24°C	ACER 220	- 15°C
BP	1) BP ENERGOL THB 100 2) BP ENERGOL THB	9°C - 9°C	BP ENERGOL CS 320	- 9°C
CS	1) Merak C 2) Merak D	- 12°C	CALBAR 90	12°C
CASTROL	1) MAGNA 100 2) MAGNA 150	- 9°C 9°C	MAGNA 220	9°C
CEPSA	2) HD Turbinas 150	- 7°C	HD Turbinas 220	6°C
ELF	2) POLITELIS 150	24°C	POLITELIS 220	- 18°C
ERTOil	2) Odier 150	- 12°C	Odier 220	- 12°C
ESSO	1) NUTO 100 2) NUTO 150	18°C - 18°C	EVL 220	- 18°C
FINA	2) CIRKAN 150	- 18°C		
FULCHS	1) RENOLIN DTA 30 RENOLIN DTA 40	18°C - 18°C	RENOLIN DTA 320	- 12°C
MOBIL OIL	2) Mobil DTE OIL Extra heavy	- 12°C	Mobil DTE OIL BB	- 3°C
REPSOL	ARIES 800	- 12°C	ARIES 1000	- 12°C
SHELL	1) SHELL Tellus 100 2) SHELL Morlina 150	- 24°C - 9°C	SHELL Tellus C 220 SHELL Morlina 220	- 15°C - 9°C
TOTAL	Azolla 68	- 12°C	Azolla 100	12°C

ADVERTENCIAS:

La calidad del aceite no debe ser cambiada puesto que en ciertos casos una mezcla de aceites diferentes pueden ocasionar dificultades. Hasta su empleo, los bidones deben estar cerrados herméticamente, con el fin de impedir que el aceite absorba humedad del aire.

TAMARO	CAPACIDAD DE ACEITE EN LITROS					
	Total	Ejecución A		Ejecución B		
		①	②	Total	①	②
60				0,76	0,26	0,5
20	0,62	0,21	0,41	0,98	0,315	0,67
21	1,1	0,38	0,72	1,61	0,56	1,05
22	1,58	0,54	1,04	2,45	0,8	1,65
23	3,05	1,05	2	4,69	1,58	3,11
24	4,95	1,7	3,25	8,5	3	5,5
25	7,5	2,5	5	12,5	4	8,5
26	16	6	10	27	9	18
27	27	9	18	35	12	23
28				86	32	54
29				125	64	61



ANEXO A

TABLA DE ACEITES SINTÉTICOS PARA LUBRICACION

MARCA	SERVICIO PARA TEMPERATURAS NORMALES HASTA 80° C 1; ISO VG Viscosidad aceite 90-110 (50/40° C) 2; ISO VG Viscosidad aceite 125-165 (50/40° C) (Servicio normal)	Punto congelación	SERVICIO PARA ALTA TEMPERATURA, MAXIMO 110° C Viscosidad aceite 198-242 (50/40° C) Clase Viscosidad ISO VG 220 (Gas caliente o trópicos)	Punto congelación
SHELL	Tivela WA	-33°C	Tivela WB	-33°C
MOBIL OIL	Mobil SHC 629	-48°C	Mobil SHC 630	-39°C
CEPSA	Engranajes HPS 150	-39°C	Engranajes HPS 220	-36°C
FLIBERIA, S.A.	OLICOM-40	-34° C	OLICOM-50	-33° C

9.0 LIMPIEZA

Los soplantes de émbolos rotativos trabajan sin contacto entre émbolos y ni éstos con el cuerpo y tapas laterales, lo que permite a estas máquinas trabajar con fluidos polvosientos de una forma limitada. Los soplantes de ejecución B.A y B.B (paso del fluido vertical y sentido de arandla hacia atrás) son más adecuados que los de paso horizontal.

Además, la ejecución de paso vertical, cuando los fluidos transportados son gases que pueden provocar condensaciones o arrastres de líquidos de una forma continuada y uniforme (na golpes de líquido bruscos), por gravedad, la cámara de compresión queda siempre libre de ellos.

La tanta a diversidad de gases y mezclas gaseosas transportadas u bombeadas y sus naturalezas, que no puede darse unas instrucciones generales válidas sobre la limpieza.

Para que los soplantes trabajen suavemente sin rozamientos, deben estar los émbolos y el cuerpo completamente exentos de aceite, polvo u residuos.

Si se trabaja en condiciones difíciles, se pueden acumular polvo, grasa, residuos pegajosos, etc., en el interior de la cámara de compresión. En estos casos debe lavarse el interior del soplante con detergentes industriales o solventes, como por ejemplo: gasolina, tetralin, keroseno... dependiendo de la elección de la naturaleza de los sedimentos.

En el caso de sedimentos pegados o adheridos deben quitarse con la ayuda de un raspador o con un disolvente adecuado o con la ayuda de vapor recalentado.

Para revisarse el soplante debe desconectarse las tuberías de aspiración e impulsión.

Los visores del nivel de aceite deben estar siempre limpios, vigilarlos y limpiarlos cuando su visibilidad disminuya.

Después de una limpieza debe cambiarse el aceite de engrase.

En casos muy difíciles es preferible consultar a nuestros servicios técnicos y eventualmente pedir a visita de uno de nuestros especialistas.

10.0 FILTROS

Los filtros hasta DN-350 son de un solo cartucho filtrante y está construido por varias capas de malla metálica tricotada, reforzada interiormente y exteriormente con malla electrosoldada galvanizada.

Para desmontar el cartucho filtrante sólo debe retirarse una tuerca que lo sujeta a través de una arandela.

10.1 LIMPIEZA DE FILTROS

Los cartuchos filtrantes pueden emplearse repetidas veces.

Retirando el cartucho se puede limpiar sin dificultad.

Formas de limpiarlo:

- 1.º Con golpes suaves.
- 2.º Soplando con aire comprimido.
- 3.º Lavándolo con agua fría.
- 4.º En casos difíciles, como, por ejemplo, que esté la suciedad muy adherida y el tipo de polvo difícil, puede limpiarse con una mezcla líquida de agua y un detergente adecuado que se encuentre en el comercio.

NOTA: nunca calentar los cartuchos filtrantes a temperaturas superiores a 50 C.

10.2 CONTROL DEL FILTRO

En condiciones difíciles de trabajo se puede controlar la resistencia del filtro por ensuciamiento con los siguientes instrumentos.

Manómetro de columna de agua.

Manómetros diferenciales.

Presostatos.

11.0 VALVULA DE SEGURIDAD DE PRESION

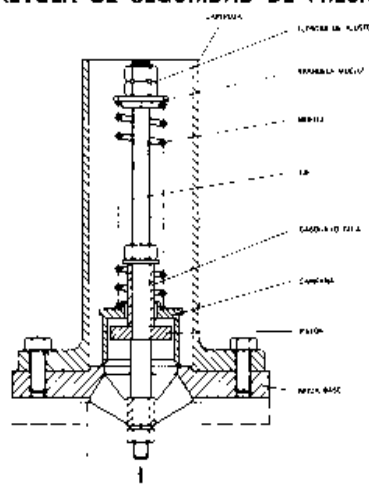


FIGURA 13

Esta válvula está diseñada para proteger el soplante de sobrecargas, y debe situarse de forma que entre el soplante y la válvula no exista ningún órgano de cierre.

Al montarse en la brida de conexión de la tubería no deben producirse tensiones en la brida base.

El material de la campana, el pistón y el casquillo guía son de bronce (en casos especiales, aluminio, acero inoxidable).

El ajuste de la válvula se recomienda que se efectúe en el momento de la puesta en marcha del soplante y en su instalación.

El ajuste está supeditado por los límites del muelle montado en la válvula. Si el ajuste se realiza fuera de estos límites deberá cambiarse el muelle.

Para realizar el ajuste o modificar la presión diferencial se retira la caperuza y se aliojan o aprietan las tuercas de ajuste.

El casquillo guía de la campana no necesita ninguna lubricación. Debe controlarse su buen funcionamiento de tanto en tanto, para realizar esta operación debe provocarse la presión diferencial que indica la placa de características que está sujeta a la válvula.

En caso de atasco, desmontar y limpiar.

15

12.0 MARCHA ANORMAL DE LOS SOPLANTES DE EMBOLOS ROTATIVOS PERTURBACIONES Y FORMA DE DETECTARLAS SOLUCIONES

DE OBSERVARSE RUIDOS ANORMALES O TEMPERATURAS MAS ALTAS DE LAS NORMALES, DEBE PARARSE DE INMEDIATO LA MAQUINA, COMPROBANDO LAS CAUSAS DE LA ANOMALIA Y REPARARLA, NO PONER EN MARCHA ANTES DE QUE EL SOPLANTE ESTE REPARADO.

12.1 RUIDOS ANORMALES DEL SOPLANTE

Pernos de la base flojos.
Mala alineación del soplante y el motor.
Pernos flojos en el acoplamiento.
Correas de la transmisión destensadas.
Roces de las correas con la protección de la transmisión.
Silenciosos no están en condiciones.
Válvula de seguridad disparada (abierta).
Motor de accionamiento (rodamientos, desequilibrio).

12.2 JUEGO ENTRE FLANCOS DE LAS RUEDAS DENTADAS, EN EXCESO

Desmontar el cárter (puesto al vacío accionamiento) y medir el juego entre flancos en toda la circunferencia de las ruedas. Al efectuar esta operación, los dientes de los engranajes deben estar totalmente secos y limpios.
Si el juego medio entre flancos queda superado entre un 30 a 50 % respecto del juego medio cuyo valor está grabado sobre las ruedas, deben montarse engranajes nuevos.

12.3 EXCESO DE JUEGO EN LOS RODAMIENTOS

Verificar tolerancias y compararlas con las indicadas en los catálogos de los rodamientos. Si las tolerancias son superiores cambiar los rodamientos. La calidad de los rodamientos en origen es C-3.
Las jaulas de los rodamientos pueden provocar ruidos.

12.4 ROCES DE LOS EMBOLOS CON EL CUERPO, TAPAS LATERALES O ENTRE SI

Roces de los émbolos rotativos, en diámetro con el cuerpo.
Por excesiva carga. Medir las presiones de trabajo, así como las temperaturas.
Ver datos originales de pedido.

Roces de los émbolos entre si y con el cuerpo por suciedad.
Puede tratarse de polvo, cuerpos sólidos, polvo-humedad, etc.
Limpiar el interior de la cámara de compresión (ver 9.0 limpieza) y controlar si hay fisuras en los émbolos.

12.5 ROCES DE LOS EMBOLOS CON LAS TAPAS LATERALES

Sobre carga térmica. Verificar si hay fisuras o grietas en el paso del eje o en los laterales. Comprobar igualmente si el sello de aceite se ha movido.
Los roces pueden ser provocados por excesivo juego de los rodamientos.

12.6 DESEQUILIBRIO EN LOS EMBOLOS ROTATIVOS

Por depósitos de suciedad o desgaste de los émbolos. Limpiarlos o sustituirlos.
En el caso de reparación comprobar el equilibrado. Posteriormente verificar la rotación uniforme del conjunto eje-émbolo (excentricidad del eje).

12.7

Recalentamiento del soplante:
Sobrecalentamiento por excesiva diferencia de presión.
Suciedad en el filtro de aspiración. Aumenta la resistencia de aspiración y provoca una disminución del caudal aspirado, consecuentemente hay un sobrecalentamiento.
Demasiado aceite de lubricación, provoca un trabajo adicional de fricción, que se traduce en temperatura.
Una alta viscosidad del aceite provoca también sobrecalentamiento. Falta de aireación en la sala

de máquinas o soplantes. Esta deficiencia provoca calentamiento en los soplantes. La temperatura ambiente aumenta debido a los focos de calor de los soplantes, motores, tuberías y de otras máquinas si las hay.

El exceso de tolerancias internas del soplante provoca sobrecalentamientos. El rendimiento volumétrico baja, provocando un calentamiento de compresión. Comprobar tolerancias y consultar con nuestros servicios técnicos.

12.8 ACEITE DENTRO DE LA CÁMARA DE COMPRESIÓN, PERDIDAS DE ACEITE

Carcasa con exceso de aceite, niveles de aceite demasiado altos. Reducir el nivel de aceite. Con la máquina parada el nivel correcto debe estar en el centro del visor.
Limpiar la cámara de compresión con un desengrasante.

12.9 GOTEO O SUDACION A TRAVÉS DE LOS TALADROS DE SALIDA DE CONDENSADOS

Si el soplante trabaja con aire, los taladros de salida de condensados deben estar abiertos. Si el soplante trabaja con gas o gases, los taladros de salida de condensados deben estar cerrados, conducidos, etc.

Cuando los soplantes trabajan con altas diferenciales o altas presiones existen soluciones especiales dependiendo de las condiciones de servicio y aplicaciones.

Causas y soluciones cuando se producen pérdidas de aceite:

Exceso de aceite de lubricación, corregir el nivel.

Exceso de temperatura, viscosidad de aceite baja. Comprobar el tipo de aceite.

Segmentos de cierre del laberinto desgastados. Proceder al cambio de los mismos.

Deficiente nivelación del soplante o grupo soplante-motor. La desnivelación debería ser muy acusada. Comprobar nivelación y corregirla.

12.10 PERDIDAS DE ACEITE A TRAVÉS DE LOS TAPONES DE LLENADO, VACIADO Y VISORES DE LOS NIVELES DE ACEITE

Comprobar su apriete y posteriormente las juntas de estanqueidad.

12.11 PERDIDAS DE ACEITE DE LA JUNTA RADIAL DE LABIO DEL PASO DEL EJE DE ACCIONAMIENTO

Cambiar la junta radial de labio y también el anillo porta retén. El punto de contacto del labio de la junta en el anillo provoca en éste una pequeña raya o hendidura, causa que obliga a cambiar junta y anillo.

12.12 VISORES DE LOS NIVELES DE ACEITE SUCIOS

Desmontar y limpiar el cristal. Si no se consigue una perfecta limpieza, sustituirlo.

12.13 CAUDAL ASPIRADO INSUFICIENTE

Dimensionamiento del soplante defectuoso. Comprobar la curva de rendimientos. Si no la tiene, contacte con el proveedor o con el fabricante y pídale.

Controlar el número de revoluciones del soplante y la presión diferencial.

Las tolerancias internas del soplante demasiado grandes por desgaste y como consecuencia rendimiento volumétrico bajo. Comprobar tolerancias, anotarlas y consultar con el proveedor o fabricante. Puede ser necesario sustituir los émbolos por otros de nuevos.

El soplante puede estar trabajando con una diferencia de presión superior a la prevista, en consecuencia, disminuye el caudal aspirado.

La resistencia que ofrece el filtro de aspiración es excesiva. Limpiar el filtro de aspiración o en caso necesario cambiarlo.

12.14 CONSUMO DE POTENCIA MAS ALTO DE LO NORMAL

Las condiciones de servicio no son iguales a las especificadas en el pedido. En este caso medir y anotar las nuevas condiciones de servicio y a continuación calcular el nuevo punto de trabajo y comprobar si la potencia es correcta.

Un exceso de nivel de aceite de lubricación puede provocar un aumento de consumo. Corregir el nivel de aceite.

13.0

Después de 3 años de funcionamiento o 20.000 horas de servicio, se recomienda una revisión general por un especialista autorizado.

14.0 REPARACIONES

Con la ayuda de las instrucciones de «DESMONTAJE Y MONTAJE» pueden realizarse reparaciones simples (cambio de rodamientos y engranajes).

En caso de pedido de piezas de recambio, les rogamos que indiquen siempre el número de fabricación del soplante (N.º DE FABRICACION).

Adjuntamos aparte lista de importadores y reparadores.

17

PLAN DE MANTENIMIENTO

Después de algunas horas de funcionamiento es importante retensar las correas pues es en las primeras horas cuando se producen los ajustes entre poleas y correas.

15.0 TRABAJOS SEMANALES

- 15.1 Controlar el filtro de aspiración, limpiarlo si la pérdida de presión sobrepasa los 50 mbar.
- 15.2 Control del nivel de aceite.
- 15.3 Controlar el grupo en cuanto a vibraciones y ruidos anormales.

16.0 DESPUES DE 500 HORAS DE SERVICIO, máximo 1/2 año

- 16.1 Cambiar el aceite de lubricación.
- 16.2 Limpiar el filtro de aspiración
- 16.3 Controlar la nivelación del acoplamiento, o la alineación de las poleas y tensado de las correas.
- 16.4 Girar a mano el soplante y observar si la marcha es suave.

17.0 DESPUES DE 1.000 HORAS DE SERVICIO

- 17.1 Limpiar el filtro de aspiración
- 17.2 Controlar la válvula de seguridad
- 17.3 Controlar la válvula de retención
- 17.4 Controlar el tensado de las correas.

18.0 DESPUES DE 4.000 HORAS DE SERVICIO

- 18.1 Limpiar el filtro de aspiración.
- 18.2 Tomar muestras del aceite de lubricación y examinarlas y si es necesario, cambiar el aceite.
- 18.3 Controlar la nivelación del acoplamiento, o la alineación de las poleas y el tensado de las correas.
- 18.4 Controlar la valvula de seguridad.

19.0 DESPUES DE 8.000 HORAS DE SERVICIO, máximo 1 año

- 19.1 Limpiar el filtro de aspiración o cambiarlo.
- 19.2 Cambiar el aceite.
- 19.3 Controlar la válvula de seguridad.
- 19.4 Controlar la nivelación del acoplamiento, verificar el estado de los elementos elásticos (gomas de arrastre) y eventualmente cambiarlas.
Controlar la alineación de las poleas y tensado de las correas, verificar el estado de las correas y eventualmente cambiarlas.

SE DEBE CAMBIAR EL ACEITE UNA VEZ AL AÑO.

20.0 DESPUES DE 20.000 HORAS DE SERVICIO

- 20.1 Inspección general, por un especialista autorizado.

NIVEL DE ACEITE CORRECTO



FIGURA 14

Se debe llenar de aceite hasta que el nivel esté 3-4 mm por debajo de la línea del centro del visor y luego esperar hasta que las paredes se hayan escurrido.

IMPORTANTE: En caso de que el nivel de aceite sobrepase la línea central del visor puede producirse la pérdida de estanqueidad de soplar (e es decir pérdidas de aceite hacia la cámara de compresión y gotas en la salida de condensados).

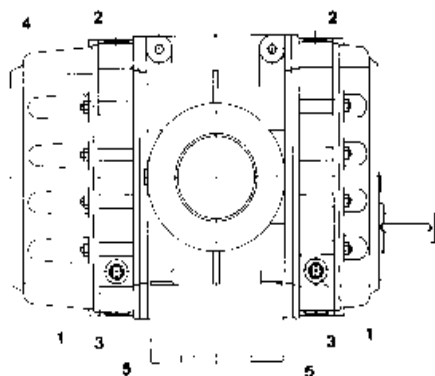


FIGURA 15

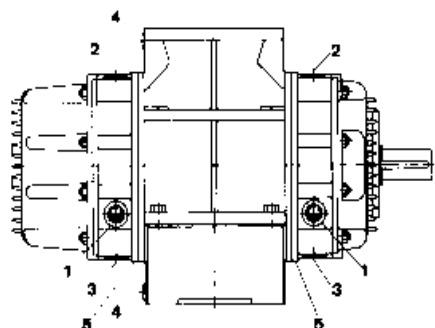


FIGURA 16

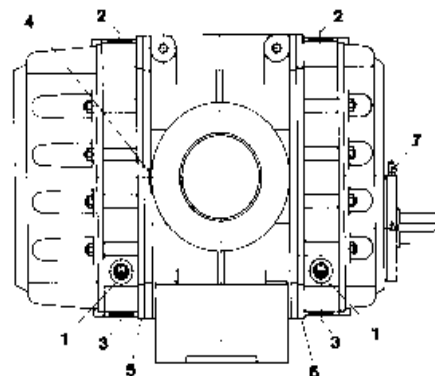


FIGURA 17

1 Visor de nivel de aceite

2 Tapón de llenado de aceite

3 Tapón de vaciado de aceite

4 Toma de presión:
Conexión para instrumentación de medición

Hasta el tamaño de soplar de

23.30 = 1/4" G

Desde el tamaño 24.10 = 1/2" G

5 Salida de condensados (purga)

Tamaño 60 = 1/8" G

Tamaños 20 hasta 23 = 1/4" G

Tamaños 24 hasta 29 = 1/2" G

En los soplantes para aire está abierto a la atmósfera.

En los soplantes para gas cerrado, conducido a la brida de baja presión, etc., se adopta el sistema necesario dependiendo esta elección del gas y condiciones de trabajo.

6 Conexión de llenado para producto limpiador.

7 Engrasador STAUFFER

NOTA: en el caso de grifos de vaciado (3) recomendamos retirar las manivelas de los grifos.

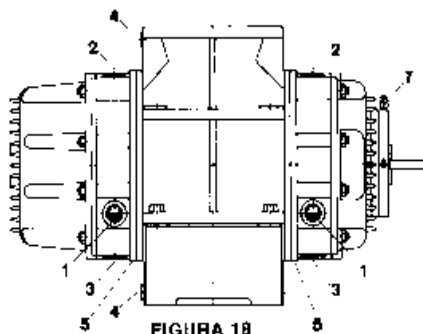


FIGURA 18

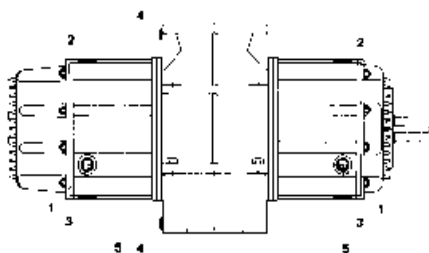


FIGURA 19

2.1.2.2 Manual del Variador de frecuencia.



CONVERTIDOR DE FRECUENCIA

3G3PV

- Control V/f
- Función PID
- Operador estándar tipo LED y Operador opcional LCD
- Integración en bus de campo: DeviceNet, Profibus
- 7 entradas digitales configurables
- 3 salidas digitales configurables
- Bajo nivel de ruido audible
- Funcionalidad orientada a aplicaciones (software CASE)
- Función HSB
- Fácil mantenimiento
- Función de ahorro energético



Tabla de selección

Composición de la referencia	Descripción
3G3PV-□□□□-E A 2 kW B 4	A = IP20, B = IP00, 2 = Clase 200V, 4 = Clase 400V Ejemplo: 3G3PV - A4007-E Convertidor 3G3PV

Especificaciones

■ Convertidores de clase 200-V

3G3PV-		A												
		2004	2007	2015	2022	2037	2055	2075	2110	2150	2185	2220	2300	2370
Salida	Salida máx. de motor aplicable (kW) (nota 1)	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37
	Capacidad nominal de salida (kVA)	1.2	1.6	2.7	3.7	5.7	8.8	12	17	22	27	32	44	55
	Corriente nominal de salida (A)	3.2	4.1	7.0	9.6	15	23	31	45	58	71	85	115	145
	Tensión de salida máx. (V)	3-fases; 200, 208, 220, 230 ó 240 V.c.a. (Proporcional a la tensión de entrada)												
	Frecuencia de salida máx. (Hz)	120 Hz máx.												
Alimentación	Tensión nominal (V)	3-fases, 200/208/220/230/240 V.c.a., 50/60 Hz												
	Frecuencia nominal (Hz)	50/60 Hz												
	Fluctuación de tensión permisible	-15% a +10%												
Control	Medidas contra armónicos de la alimentación	Reactancia de c.c.	Opcional										Integrada	
		Transformador de rectificación de 12 pulsos	No utilizable										Utilizable (nota 2)	

Nota 1. La salida de motor máxima aplicable se indica para un motor estándar de 4 polos. Al seleccionar el motor y convertidor reales, asegúrese de que la corriente nominal del convertidor es aplicable para la corriente nominal del motor.
 2. Se requiere un transformador a 3 hilos en la fuente de alimentación para rectificación de 12 pulsos.

3G3PV OMRON 3G3PV

3G3PV-		A					B						
		2450	2550	2750	2900	2220	2300	2370	2450	2550	2750	2900	211K
Salida máx. de motor aplicable (kW) (nota 1)		45	55	75	90	22	30	37	45	55	75	90	110
Salida	Capacidad nominal de salida (kVA)	69	82	110	130	32	44	55	69	82	110	130	160
	Corriente nominal de salida (A)	180	215	283	346	85	115	145	180	215	283	346	415
	Tensión de salida máx. (V)	3-fases 200, 208, 220, 230 ó 240 Vc.a. (Proporcional a la tensión de entrada)											
	Frecuencia de salida máx. (Hz)	120 Hz máx.											
Alimentación	Tensión nominal (V)	3-fases, 200/208/220/230/240 Vc.a., 50/60 Hz											
	Frecuencia nominal (Hz)	3-fases, 200/208/220/230/240 Vc.a., 50/60 Hz											
	Fluctuación de tensión permisible	+ 10%, - 15%											
	Fluctuación de frecuencia permisible	±5%											
Control	Medidas contra armónicos de la alimentación	Reactancia de c.c.	Integrada										
		Transformador de rectificación de 12 pulsos	Utilizable (nota 2)										

■ Convertidores de clase 400-V

3G3PV-		A										
		4004	4007	4015	4022	4037	4040	4055	4075	4110	4150	4185
Salida máx. de motor aplicable (kW) (nota 1)		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	4.0	5.5	7.5	11	15	18.5
Salida	Capacidad nominal de salida (kVA)	1.4	1.6	2.8	4.0	5.8	6.6	9.5	13	18	24	30
	Corriente nominal de salida (A)	1.8	2.1	3.7	5.3	7.6	8.7	12.5	17	24	31	39
	Tensión de salida máx. (V)	3-fases; 380, 400, 415, 440, 460 ó 480 Vc.a. (Proporcional a la tensión de entrada.)										
	Frecuencia de salida máx. (Hz)	120 Hz máx.										
Alimentación	Tensión nominal (V)	3-fases, 380, 400, 415, 440, 460 ó 480 Vc.a., 50/60 Hz										
	Frecuencia nominal (Hz)	3-fases, 380, 400, 415, 440, 460 ó 480 Vc.a., 50/60 Hz										
	Fluctuación de tensión permisible	+ 10%, - 15%										
	Fluctuación de frecuencia permisible	±5%										
Control	Medidas contra armónicos de la alimentación	Reactancia de c.c.	Opcional									
		Transformador de rectificación de 12 pulsos	No utilizable									

3G3PV-		A / B									
		4220	4300	4370	4450	4550	4750	4900	411K	413K	416K
Salida máx. de motor aplicable (kW) (nota 1)		22	30	37	45	55	75	90	110	132	160
Salida	Capacidad nominal de salida (kVA)	34	46	57	69	85	110	140	160	200	230
	Corriente nominal de salida (A)	45	60	75	91	112	150	180	216	260	304
	Tensión de salida máx. (V)	3-fases; 380, 400, 415, 440, 460 ó 480 Vc.a. (Proporcional a la tensión de entrada.)									
	Frecuencia de salida máx. (Hz)	120 Hz máx.									
Alimentación	Tensión nominal (V)	3-fases, 380, 400, 415, 440, 460 ó 480 Vc.a., 50/60 Hz									
	Frecuencia nominal (Hz)	3-fases, 380, 400, 415, 440, 460 ó 480 Vc.a., 50/60 Hz									
	Fluctuación de tensión permisible	+ 10%, - 15%									
	Fluctuación de frecuencia permisible	±5%									
Control	Medidas contra armónicos de la alimentación	Reactancia de c.c.	Integrada								
		Transformador de rectificación de 12 pulsos	Utilizable (nota 2)								

Nota 1. La salida de motor máxima aplicable se indica para un motor estándar de 4 polos. Al seleccionar el motor y convertidor reales, asegúrese de que la corriente nominal del convertidor es aplicable para la corriente nominal del motor.
 2. Se requiere un transformador de 3 hilos en la fuente de alimentación para rectificación de 12 pulsos.

3G3PV

OMRON

3G3PV

■ Especificaciones comunes

3G3PV-	Especificaciones	
Características de control	Método de control	PWM de onda senoidal Control V/f
	Rango de control de velocidad	1:40
	Precisión de control de velocidad	±2 a 3% (25°C ± 10°C)
	Precisión de frecuencia (características de temperatura)	Referencias digitales: ± 0.01% (-10°C a +40°C)
		Referencias analógicas: ±0.1% (25°C ±10°C)
	Resolución de ajuste de frecuencia	Referencias digitales: 0.01 Hz
		Referencias analógicas: 0.05/50 Hz (10 bits sin signo)
	Capacidad de sobrecarga y corriente máxima (nota 1)	120% de la corriente de salida nominal por minuto
	Nivel de señal para ajuste de frecuencia	0 a 10 V, 4 a 20 mA
	Tiempo de aceleración/desaceleración	0.0 a 6000.0 s (4 combinaciones seleccionables de ajustes de aceleración y desaceleración independientes)
Funciones de control principales	Rearranque tras pérdida momentánea de alimentación, búsquedas de velocidad, detección de sobreparr, control de 4-velocidad (máximo), cambios de tiempo de aceleración/desaceleración, aceleración de curva S, secuencia de 3 hilos, autotuning, control ON/OFF de ventilador, compensación de par, salto de frecuencias, límites superior e inferior para referencias de frecuencia, freno de c.c. al arranque y a la parada, función HSB, control PI (con función sleep), control de ahorro energético, comunicaciones RS-422A/485 (19.2 kbps máximo), reset de fallo y función de copia.	
Funciones de protección	Protección del motor	Protección de sobrecarga por relé termoelectrónico.
	Protección de fusible fundido	Parada por fusible fundido
	Protección contra sobrecarga	120% de la corriente de salida nominal durante 1 minuto
	Protección contra sobreten-sión	Clase 200-V: Para cuando la tensión de c.c. del circuito principal es superior a 410 V.
		Clase 400-V: Para cuando la tensión de c.c. del circuito principal es superior a 820 V.
	Protección contra bajaten-sión	Clase 200-V: Para cuando la tensión de c.c. del circuito principal es inferior a 190 V.
		Clase 400-V: Para cuando la tensión de c.c. del circuito principal es inferior a 380 V.
	Protección contra cortes momentáneos de alimentación	Para con cortes de 15 ms o más. Se puede establecer para que continúe la operación si la alimentación se restablece en 2 seg.
	Sobrecalentamiento de aletas de refrigeración	Protección por termistor.
	Prevención de bloqueo	Prevención de bloqueo durante aceleración, desaceleración o marcha.
Protección de tierra	Protección por circuitos electrónicos. (50% de la corriente nominal del convertidor)	
Indicador de Cargado	Encendido cuando la tensión de c.c. del circuito principal es aprox. 50 V o mayor.	
Condiciones ambientales	Lugar de aplicación	Interior (sin gases corrosivos, suciedad, etc.)
	Temperatura ambiente de operación	-10°C a 40°C (Tipo cerrado)
		-10°C a 45°C (Tipo abierto)
	Humedad ambiente de operación	95% máx. (sin condensación)
	Temperatura de almacenaje	-20°C a + 60°C (temperatura transitoria durante el transporte)
	Altitud	1000 m máx. (nota 2)
	Vibraciones	10 a 20 Hz, 9.8 m/s ² máx.; 20 a 50 Hz, 2 m/s ² máx.
Estructura protectora	Tipo cerrado (NEMA 1): 18.5 kW o menos (igual para clase 200 V y 400 V) Tipo abierto (IP00): 22 kW o más (igual para clase 200 V y 400 V)	

Nota 1. Aumente la capacidad del convertidor si las cargas exceden estos valores de corrientes esperados.
2. Para aplicar a mayor altitud consulte con OMRON.

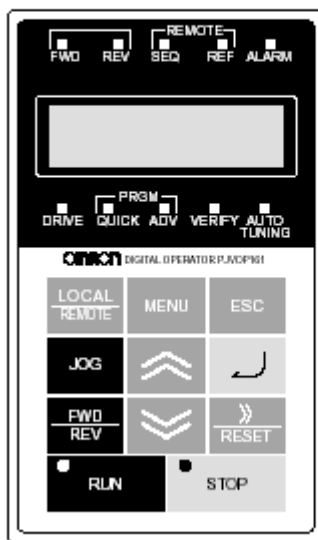
3G3PV

OMRON

3G3PV

■ Operadores digitales

Operador digital con display LED (3G3IV-PJVOP161)



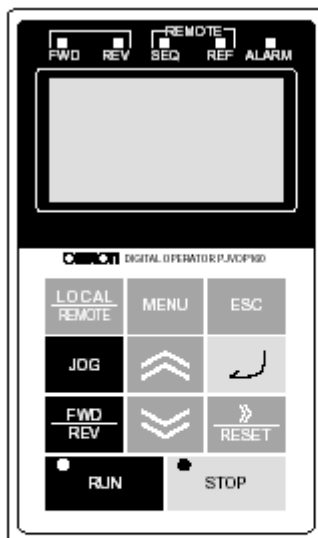
- Indicadores de modo Drive
- FWD: Encendido con entrada de comando de marcha directa.
- REV: Encendido con entrada de comando de marcha inversa.
- SEQ: Encendido con el comando run desde terminales del circuito de control habilitado.
- REF: Encendido cuando está habilitada la referencia de frecuencia desde los terminales A1 y A2 del circuito de control.
- ALARM: Encendido cuando se ha producido un error o alarma.

Display de datos
Visualiza datos de monitorización, números de parámetros y ajustes (en 5 dígitos).

- Indicadores de modo
- DRIVE: Encendido en modo Drive.
- QUICK: Encendido en modo Programación Rápida.
- ADV: Encendido en modo Programación Avanzada.
- VERIFY: Encendido en modo Verificar.
- A. TUNE: Encendido en modo Autotuning.

Teclas
Ejecutar operaciones tales como configuración de parámetros, monitorización, jogging y autotuning.

Operador digital con display LCD (3G3IV-PJVOP160)



- Indicadores de modo Drive
- FWD: Encendido con entrada de comando de marcha directa.
- REV: Encendido con entrada de comando de marcha inversa.
- SEQ: Encendido con el comando run desde terminales del circuito de control habilitado.
- REF: Encendido cuando está habilitada la referencia de frecuencia desde los terminales A1 y A2 del circuito de control.
- ALARM: Encendido cuando se ha producido un error o alarma.

Display de datos
Visualiza datos de monitorización, números de parámetros y ajustes.

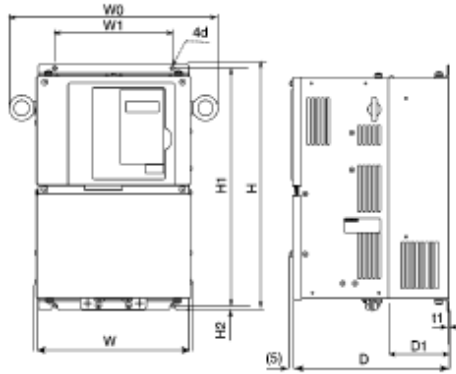
Teclas
Ejecutar operaciones tales como configuración de parámetros, monitorización, jogging y autotuning.

Dimensiones

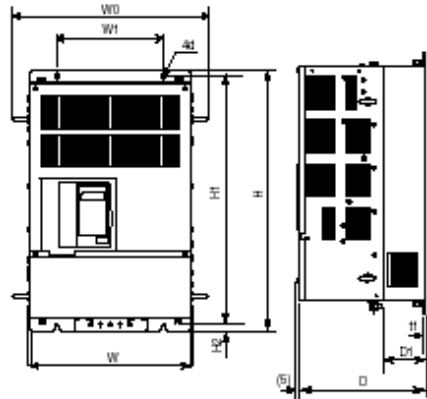
■ Modelos abiertos (IP00)

Diagramas exteriores de los convertidores abiertos.

A. Convertidores de clase 200-V de 22 a 30 kW
Convertidores de clase 400-V de 22 a 55 kW



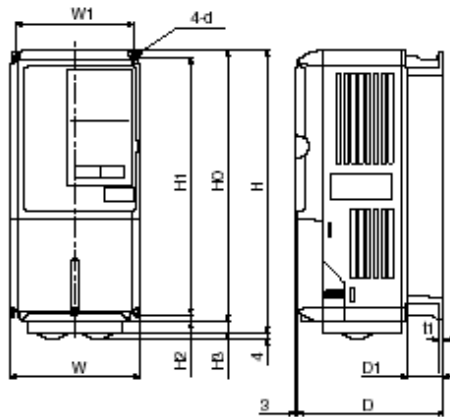
B. Convertidores de clase 200-V de 37 a 110 kW
Convertidores de clase 400-V de 75 a 180 kW



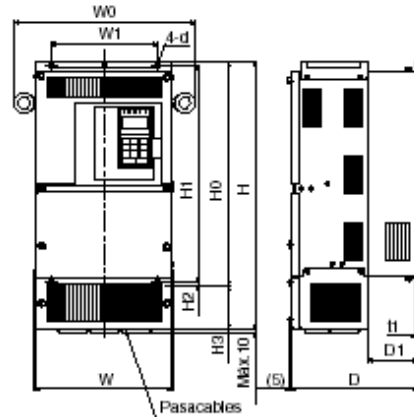
■ Modelos cerrados (NEMA 1)

Diagramas exteriores de los convertidores cerrados (NEMA 1).

C. Convertidores de clase 200-V/400-V de 0.4 a 18.5 kW



D. Convertidores de clase 220-V de 22 a 75 kW
Convertidores de clase 400-V de 22 a 180 kW



(Como ejemplo se muestra un convertidor de 22-kW de clase 200-V)

3G3PV OMRON 3G3PV

Clase de tensión	Salida de motor max. aplicable [kW]	Dimensiones (mm)																Valor térmico (W)			Método de enfriamiento					
		Tipo abierto (IP00)								Tipo cerrado (NEMA1, IP20)								Calentamiento	Inertancia térmica	Temperatura máxima						
		W	H	D	W1	H1	H2	D1	H	Peso aprox.	W	H	D	W1	H0	H1	H2					H3	D1	H	Peso aprox.	Calentamiento
200 V (3-fases)	0.4																						20	30	50	Natural
	0.75																						27	42	60	
	1.5	140	280	157																			50	50	100	
	2.2																						70	59	129	
	3.7																						112	74	188	
	5.5			177																			164	84	248	
	7.5																						219	113	332	
	11	200	300	197	188	285																	374	170	544	
	15																						429	183	612	
	18.5	340	350	207	216	335	7.5																501	211	712	
	22	254	400		195	385																	588	274	850	
	30	279	450		220	435																	885	352	1217	
	37																						1015	411	1426	
	45	379	600		250	575																	1285	505	1771	
55																						1588	619	2207		
75	454	725	348	325	700																	2019	838	907		
90	505	850	358	370	820																	2437	997	3434		
110	579	885	378	445	855																	2733	1242	3975		
400 V (3-fases)	0.4																									Natural
	0.75																									
	1.5	140	280	157																						
	2.2																									
	3.7																									
	4.0			177																						
	5.5																									
	7.5	200	300	197	188	285																				
	11																									
	15	340	350	207	216	335	7.5																			
	18.5	280	450		220	435																				
	22																									
	30																									
	37																									
45	329	550	283	280	535																					
55																										
75	454	725	348	325	700																					
90	505	850	358	370	820																					
110	579	916	378	445	855																					
132																										
160	579	916	378	445	855																					

Nota 1. Igual para convertidores abiertos y cerrados.

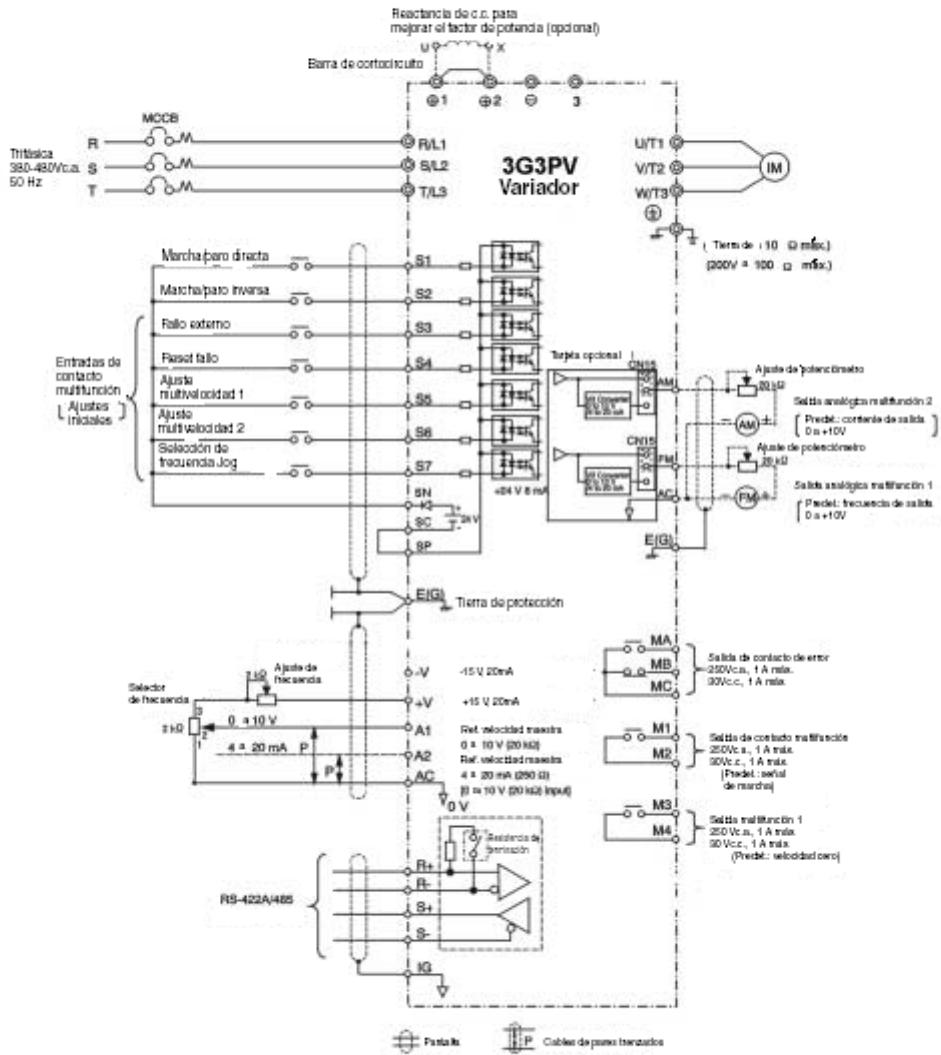
3G3PV

OMRON

3G3PV

Instalación

■ Cableado



3G3PV

OMRON

3G3PV

Accesorios

■ Tarjetas opcionales

Propósito	Nombre	Modelo (Código)	Descripción
Proteger el cableado del convertidor	Interruptor automático MCCB o Diferencial (nota 1)	-	Conectar siempre un interruptor automático a la línea de alimentación para proteger el cableado del convertidor. Utilice un interruptor automático diferencial apropiado para altas frecuencias.
Prevenir que se quemé la resistencia de frenado instalada	Contacto magnético	-	Instalar para evitar que se quemé la resistencia de frenado. Coloque siempre un supresor de picos de la bobina.
Eliminar sobretensiones y sobrecorrientes	Supresor de picos	DCR2-□	Absorbe los picos de contactores y relés de control. Conectar supresores de picos en todos los contactores magnéticos y relés próximos al convertidor.
Aislar las señales de E/S	Aislador	DGFD	Aísla las señales de E/S del convertidor y es efectivo contra el ruido inductivo.
Mejorar el factor de potencia de entrada del convertidor	Reactancia de c.c. Reactancia de c.a.	3G3FV-PUZ□ 3G3IV-PUZ□	Utilizada para mejorar el factor de potencia de entrada del convertidor. Todos los convertidores de 22 kW o más llevan integradas reactancias de c.c.. Estas son opcionales para convertidores de 18.5 kW o menos. Instalar reactancias de c.c. y de c.a. para aplicaciones con alta capacidad de fuente de alimentación (600 kVA o más).
Reducir los efectos del ruido inducido y radiado	Filtro de ruido de entrada	3G3RV-PFI	Reduce el ruido entrante/saliente entre convertidor y línea de alimentación. Conéctelo lo más próximo posible al convertidor.
	Filtro de ruido de salida	3G3IV-PLFD	Reduce el ruido generado por el convertidor. Conéctelo lo más cerca posible del convertidor.
Permite parar la máquina en el tiempo establecido	Unidad de resistencia de frenado	3G3IV-RN	Consume la energía regenerativa del motor con una resistencia para reducir el tiempo de desaceleración (ratio de utilización: 10% ED). (Se requiere unidad de frenado)
	Unidad de frenado	3G3IV-PCDBR□	Utilizada con una unidad de resistencia de frenado para reducir el tiempo de desaceleración del motor.
Operar externamente el convertidor	Cable de conexión de Operador Digital	Cable de 1 m: (3G3IV-PCN126) Cable de 3 m: (3G3IV-PCN326-E)	Cable de extensión para utilizar un Operador Digital de forma remota. Longitud del cable: 1 m ó 3 m
Proporcionar un tiempo de recuperación ante pérdida momentánea de alimentación	Unidad de recuperación de pérdida momentánea de alimentación	3G3IV-PCND26	Trata los cortes momentáneos de la fuente de alimentación de control para modelos de 2.2 kW o menos (mantiene la alimentación durante 2 s).
Fijar/monitorizar externamente frecuencias y tensiones	Visualizador escalable	K3TJ-V11□	Mide externamente la tensión de salida y diseñado para utilizar con un medidor de PWM.

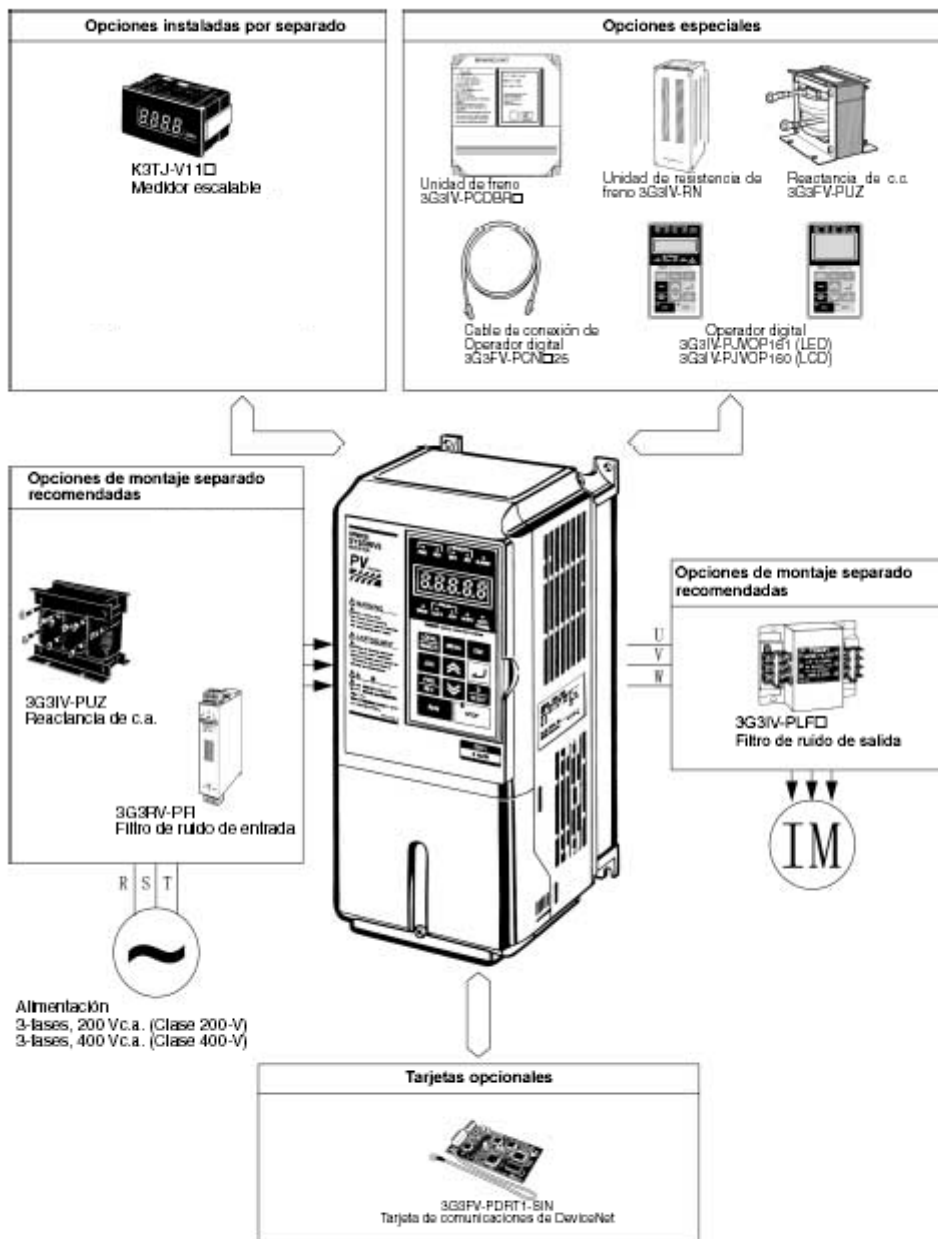


Note 1. Utilizar un interruptor automático diferencial con una sensibilidad de 200 mA mínimo y tiempo de operación de 0.1 s mín. para evitar errores. Debe ser apropiado para altas frecuencias.

3G3PV

OMRON

3G3PV



3G3PV

OMRON

3G3PV

Tipo	Nombre	Referencia	Aplicación
Opciones especiales montadas	Ventilador	3G3IV-PFAND	Repuesto para los convertidores que incorporan ventilador de enfriamiento. Cámbielo una vez transcurrido el tiempo indicado o si se ha visualizado una alarma de ventilador (FAN).
Opciones instaladas por separado	Visualizador escalable	K3TJ-V11□	Conectar a una salida analógica multifunción del convertidor. Utilizado para visualizar velocidad de motores, velocidades lineales, etc. en sus unidades correspondientes.
Opciones especiales	Unidad de frenado	3G3IV-PCDBR□B	Utilizada con una unidad de resistencia de frenado para reducir el tiempo de desaceleración del motor. No es necesaria con convertidores de 7.5 kW o menos de clase 200-V o para convertidores de 18,5 kW o menos de clase 400-V.
	Unidad de resistencia de frenado	3G3IV-RND	Consuma la energía regenerativa del motor con una resistencia para reducir el tiempo de desaceleración (ratio de utilización: 10% ED).
	Reactancia de c.c.	3G3FV-PUZ	Utilizada para controlar los armónicos generados por el convertidor y mejorar el factor de potencia. Todos los convertidores de 22 kW o más llevan integradas reactancias de c.c..
	Operador Digital con pantalla LCD	3G3IV-PJOP160	Para visualizar y cambiar parámetros en el display LCD.
	Operador Digital con pantalla LED	3G3IV-PJOP161	Para visualizar y cambiar parámetros en el display LED.
	Cable de conexión del operador digital	3G3IV-PCN126 (1 m)	Cable de extensión para utilizar el operador digital de la serie 3G3PV de forma remota. Longitud del cable: 1 m ó 3 m
		3G3IV-PCN326-E (3 m)	
Cable de ordenador personal	3G3IV-PCN329-E	Cable de conexión del convertidor 3G3PV con el ordenador personal ejecutando el software SYSDrive configurator.	
Tarjetas opcionales	Tarjeta de Comunicaciones DeviceNet	3G3FV-PDRT1-SIN	Utilizada para comunicaciones DeviceNet con un Autómata programable o con otro dispositivo maestro de DeviceNet.
Opciones instaladas por separado recomendadas	Reactancia de c.a.	3G3IV-PUZ	Utilizada para reducir los armónicos generados por el convertidor o cuando la capacidad de la fuente de alimentación es mucho mayor que la capacidad del convertidor. Mejora el factor de potencia.
	Filtro de ruido de entrada para Directiva EMC	3G3RV-PFD□-E	Requerido para que el convertidor 3G3PV cumpla la Directiva EMC.
	Filtro de ruido de salida	3G3IV-PLFD	Controla el ruido generado por el convertidor para impedir que entre en la alimentación. Conectado en el lado de salida al motor.

3G3PV **OMRON** 3G3PV

■ Filtros

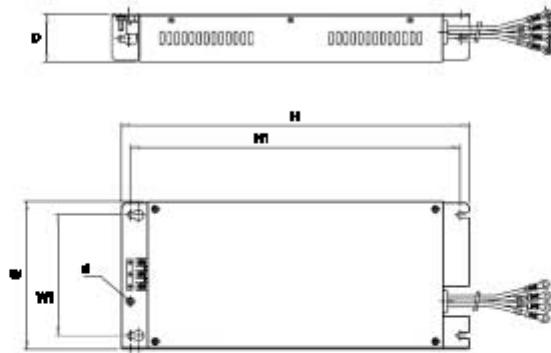
Especificaciones de filtros

Montaje	3G3PV-	Referencia OMRON	Corriente (A)	Dimensiones de montaje & FP (mm)					
				W	H	D	W1	H1	d
[FP]/ [STD]	A2004 / A2007 / A2015	3G3RV-PFB010-SE	6-5-10	141	330	46	115	313	M4
	A2022	3G3RV-PFB018-SE	15	141	330	46	115	313	M4
	A2097 / A2055	3G3RV-PFB035-SE	25 / 35	141	330	46	115	313	M5
	A2075 / A2110	3G3RV-PFB060-SE	45 / 60	206	355	60	175	336	M6
	A2150 / A2185	3G3RV-PFB100-SE	85 / 100	236	408	80	205	390	M6
	A4004 / A4007 / A4015 / A4022	3G3RV-PFB010-SE	3 / 4 / 5 / 8	141	330	46	115	313	M4
	A4097 / A4040 / A4055	3G3RV-PFB018-SE	15-12-18	141	330	46	115	313	M4
	A4075 / A4110	3G3RV-PFB035-SE	25 / 35	206	355	50	175	336	M5
	A4150 / A4185	3G3RV-PFB060-SE	45 / 60	236	408	65	205	390	M6
[STD]	B2200 / B2300	3G3RV-PFB130-SE	100 / 130	90	366	180	65	295	M10
	B2370	3G3RV-PFB160-SE	160	120	451	170	102	365	M10
	B2450 / B2550	3G3RV-PFB200-SE	200 / 240	130	610	240	90	498	M10
	B2750 / B2900	3G3RV-PFB400-SE	320 / 390	300	564	160	275	420	M8
	B4220 / B4300	3G3RV-PFB070-SE	60 / 70	80	329	185	55	314	M6
	B4370 / B4450 / B4550	3G3RV-PFB130-SE	90 / 110 / 130	90	366	180	65	295	M10
	B4750	3G3RV-PFB170-SE	170	120	451	170	102	365	M10
	B4900 / B411K	3G3RV-PFB200-SE	200 / 250	130	610	240	90	498	M10
	B413K / B416K	3G3RV-PFB400-SE	300 / 350	300	564	160	275	420	M8

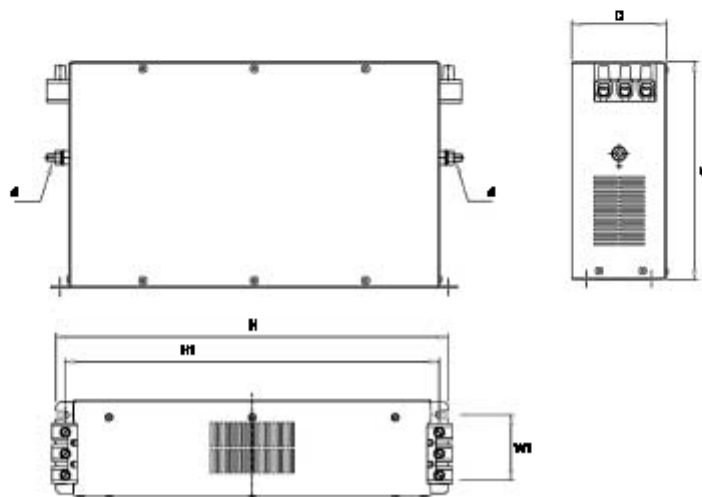
3G3PV OMRON 3G3PV

■ Dimensiones del filtro

Montaje [FP]/[STD]



Montaje [STD]



2.1.2.3 Manual del Regulador P.I.D.



Ramp/Soak Process Controller

E5CK-T

Advanced, 1/16-DIN Ramp/Soak Process Controllers Ideal for Worldwide Use

- Offers one pattern of simple programming control, up to four patterns with communications (16 steps per pattern)
- Water-resistant front face meets IP66/NEMA 4 (indoor use)
- Modular structure, one-stock type
- Heat/Cool control
- Serial communications (RS-232C and RS-485)
- Temperature and analog inputs
- High-accuracy: 100 ms sampling (for analog input)
- Conforms to international EMC and safety standards
- 24V AC/DC type also available
- 3-year warranty



Ordering Information

Order control output boards and option boards separately. A single output board and option board can be mounted to each base unit. For example, for a relay control output, order the E53-R4 output board in addition to the E5CK-TAA1-500 Process Controller.

■ PROCESS CONTROLLERS

Description	DIN size	Supply voltage	Part number
Base unit with terminal cover	1/16 DIN (48 x 48 mm)	100-240 VAC	E5CK-TAA1-500 AC-100-240
		24 VAC/DC	E5CK-TAA1-500 AC/DC-24

E5CK-T **OMRON** E5CK-T

■ OPTIONAL OUTPUT BOARDS

Description	Specifications	Compatible controller	Max. quantity	Part number
Relay/Relay	SPST/SPST, 5 A, 250 VAC	E5CK-T	1	E53-R4R4
Relay/Pulse	SPST, 5 A/NPN, 24 VDC	E5CK	1	E53-Q4R4
	SPST, 5 A/PNP, 24 VDC	E5CK	1	E53-Q4HR4
Relay/Linear current	SPST, 5 A/4-20 mA	E5CK	1	E53-C4R4
	SPST, 5 A/0-20 mA	E5CK	1	E53-C4DR4
Relay/Linear voltage	SPST, 5 A/0-10 VDC	E5CK	1	E53-V44R4
Pulse/Pulse	NPN/NPN, 24 VDC	E5CK	1	E53-Q4Q4
	PNP/PNP, 24 VDC	E5CK	1	E53-Q4HQ4H
Computer communications	RS-232C	E5CK	1	E53-CK01
	RS-485	E5CK	1	E53-CK03
Event Input	For remote set point	E5CK	1	E53-CKB
Transfer output	4 to 20 mA	E5CK	1	E53-CKF

Note: If the control period is less than 5 seconds, use an SSR (solid state relay) or pulse voltage output.

■ ACCESSORIES (ORDER SEPARATELY)

Description	Specifications	Compatible controller	Max. quantity	Part number
Current transformer; order only if using heater burnout alarm function	50 A load, 5.8 mm hole dia.	E5CK-T	1	E54-CT1
	120 A load, 12 mm hole dia.	E5CK-T	1	E54-CT3
Terminal cover (supplied with Standard models)	Provides finger protection from terminals (VDE0106 part 100)	E5CK-T	1	E53-COV07
Software	For setup and monitoring requires optional computer communications board	All	1	SYS-CONFIG V2.0

Temperature Ranges

Platinum Resistance Thermometer

Input (switch selectable)		JPT100	PT100
Range	°C	-199.9 to 650.0°	-199.9 to 650.0°
	°F	-199.9 to 999.9°	-199.9 to 999.9°
Resolution °C/°F (main setting and alarm)		0.1	0.1

Thermocouple

Input (switch selectable)	K1	K2	J1	J2	T	E	L1	L2	U	N	R	S	B	W	PLII
Range	°C	-200 to 1,300	0.0 to 500.0	-100 to 850	0.0 to 400.0	-199.9 to 400.0	0 to 600	-100 to 850	0.0 to 400.0	-199.9 to 400.0	-200 to 1,300	0 to 1,700	0 to 1,700	100 to 1,800	0 to 2,300
	°F	-300 to 2,300	0.0 to 900.0	-100 to 1,500	0.0 to 750.0	-199.9 to 700.0	0 to 1,100	-100 to 1,500	0.0 to 750.0	-199.9 to 700.0	-300 to 2,300	0 to 3,000	0 to 3,000	300 to 3,200	0 to 4,100
Resolution °C/°F (main setting, alarm)	1	0.1	1	0.1	0.1	1	1	0.1	0.1	1	1	1	1	1	1

- Note: 1. Setting number is factory-set to 2 (K1).
- 2. Thermocouple W is W/Rs 5-26 (tungsten rhenium 5, tungsten rhenium 26).

Current/Voltage

Input (switch selectable)	Current Input		Voltage Input		
	4 to 20 mA	0 to 20 mA	1 to 5 V	0 to 5 V	0 to 10 V
Range	One of following ranges depending on results of scaling -199.9 to 999.9 -199.9 to 999.9 -19.99 to 99.99 -1.999 to 9.999				
Resolution (main setting and alarm)	Depends on range selected				

E5CK-T **OMRON** E5CK-T

Specifications

■ RATINGS

Model	E5CK-T (Standard)	E5CK-T (24 V Type)
Supply voltage	100 to 240 VAC, 50/60 Hz	24 VAC/VDC, 50/60 Hz
Power consumption	15 VA	6 VA, 3.5 W
Operating voltage range	85% to 110% of rated supply voltage	
Input	Thermocouple	K, J, T, E, L, U, N, R, S, B, W, PLII
	Platinum resistance thermometer	JPt100, Pt100
	Current input	4 to 20 mA, 0 to 20 mA
	Voltage input	1 to 5 V, 0 to 5 V, 1 to 10 V
Input impedance	Current input	150 Ω
	Voltage input	1 MΩ min.
Control output	According to Output Board (see Output Board Ratings and Characteristics)	
Auxiliary output	SPST-NO, 1 A at 250 VAC (resistive load)	
Control method	ON/OFF or advanced PID control	
Setting method	Digital setting using front panel keys or communications features	
Indication method	7-segment digital display and LEDs	
Additional functions	Standard	Manual output, heating/cooling control, SP limiter, loop burnout alarm, MV limiter, MV change rate limiter, input digital filter, input shift, run/reset, protect functions, scaling function

■ CHARACTERISTICS

Indication accuracy (See Note 1)	Thermocouple	±0.3% of indication value or ±1°C, whichever greater, ±1 digit max.
	Platinum resistance thermometer	±0.2% of indication value or ±0.8°C, whichever greater, ±1 digit max.
	Analog input	±0.2% of indication value, ±1 digit max.
Hysteresis	0.01% to 99.99% FS (in units of 0.01% FS)	
Proportional band (P)	0.1% to 999.9% FS (in units of 0.1% FS)	
Integral (reset) time (I)	0 to 3,999 s (in units of 1 s)	
Derivative (rate) time (D)	0 to 3,999 s (in units of 1 s)	
Control period	1 to 99 s (in units of 1 s)	
Manual reset value	0.0% to 100.0% (in units of 0.1%)	
Alarm setting range	-1,999 to 9,999 or -199.9 or 999.9 (decimal point position dependent on input type)	
Set time	0 to 99 hrs 59 min or 0 to 99 min 59 s	
Program capacity	1 pattern, 16 steps (possible to use up to 4 patterns with the communications function.)	
Programming method	Time or ramp setting method	
Time accuracy	±0.2% (±500 ms) of the set value	
Sampling period (See Note 2)	Temperature input	250 ms
	Analog input	100 ms
Insulation resistance	20 MΩ min. (at 500 VDC)	
Dielectric strength	2,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between terminals of different polarities	

(This table continues on the next page.)

- Note: 1. The indication accuracy of the K1, T, and N thermocouples at a temperature of -100°C max. is ±2°C ±1 digit maximum. The indication accuracy of the U and L thermocouples at any temperature is ±2°C ±1 digit maximum. The indication accuracy of the B thermocouple at a temperature of 400°C max. is unrestricted. The indication accuracy of the R and S thermocouples at a temperature of 200°C max. is ±3°C ±1 digit maximum. The indication accuracy of the W thermocouple at any temperature is (±0.3% of the indicated value or ±3°C, whichever is greater) ±1 digit maximum. The indication accuracy of the PLII thermocouple at any temperature is (±0.3% or ±2°C, whichever is greater) ±1 digit maximum.
2. The sampling period of the standard model with CT and remote SP inputs is 250 ms.

E5CK-T **OMRON** E5CK-T

Characteristics Table – continued from previous page

Vibration resistance		Malfunction: 10 to 55 Hz, 10 m/s ² (approx. 1G) for 10 min each in X, Y, and Z directions Destruction: 10 to 55 Hz, 20 m/s ² (approx. 2G) for 2 hrs each in X, Y, and Z directions
Shock resistance		Malfunction: 200 m/s ² min. (approx. 20G), 3 times each in 6 directions (100 m/s ² (approx. 10G) applied to the relay) Destruction: 300 m/s ² min. (30G), 3 times each in 6 directions
Ambient temperature	Operating	-10°C to 55°C (with no icing)/3-year warranty period: -10°C to 50°C
	Storage	-25°C to 65°C (with no icing)
Ambient humidity	Operating	35% to 85%
Enclosure ratings	Front panel	NEMA 4 for indoor use (equivalent to IP66)
	Rear case	IEC standard IP20
	Terminals	IEC standard IP00
Memory protection		Non-volatile memory (number of writings: 100,000 operations)
Weight		Approx. 170 g; Adapter: approx. 10 g
EMC		Emission Enclosure: EN55011 Group 1 class A Emission AC Mains: EN55011 Group 1 class A Immunity ESD: EN61000-4-2: 4kV contact discharge (level 2) 8kV air discharge (level 3) Immunity RF-interference: ENV50140: 10V/m (amplitude modulated, 80 MHz to 1 GHz) (level 3) 10 Vm (pulse modulated, 900 MHz) Immunity Conducted Disturbance: ENV50141: 10V (0.15 to 80 MHz) (level 3) Immunity Burst: EN61000-4-4: 2kV power-line (level 3) 2kV I/O signal-line (level 4)
Approved standards		UL1092, CSA22.2 No. 14, CSA22.2 No. 1010-1 Conforms to EN50081-2, EN50082-2, EN61010-1 (IEC1010-1) Conforms to VDE0106/part 100 (Finger Protection), when the separately-ordered terminal cover is mounted.

■ OPTION BOARD RATINGS AND CHARACTERISTICS

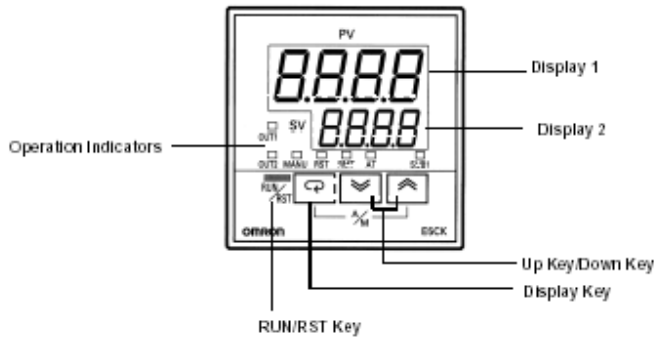
Model	Description		Specifications
E53-CKB	Event input		Contact input: ON: 1 kΩ max., OFF: 100 kΩ min. No-contact input: ON: residual voltage 1.5 V max., OFF: leakage current 0.1 mA max.
E53-CK01	Communications	RS-232C	Transmission method: Half-duplex Synchronization method: Start-stop synchronization (asynchronous method) Baud rate: 1.2/2.4/4.8/9.6/19.2 kbps
E53-CK03		RS-485	
E53-CKF	Transfer output		4 to 20 mA; Permissible load impedance: 500 Ω max. Resolution: approx. 2,600 steps

Note: Event input is used for switching the target value, run or stop command, or automatic and manual mode with an external signal input.

E5CK-T **omron** E5CK-T

Nomenclature

■ E5CK-T



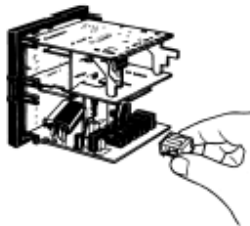
Operation

Note: Before changing any switch settings, always turn OFF the power supply to the Process Controller

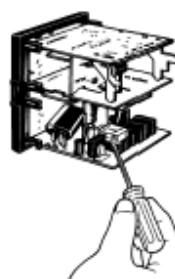
■ SETTINGS

1. On a standard model, set up the output boards for control outputs 1 and 2 before mounting the Controller.
2. On a position-proportional model, the relay output board is already set, so this setup operation is unnecessary. (Do not replace with other output boards.)
3. When setting up the output boards, remove the internal mechanism from the housing and insert the output boards into the sockets for control outputs 1 and 2.

Setting up the Output Board



Removing the Output Board



E5CK-T

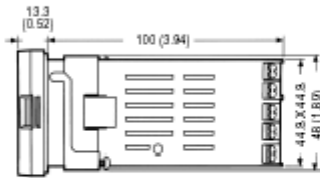


E5CK-T

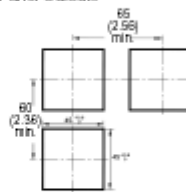
Dimensions

Unit: mm (Inch)

■ E5CK-T



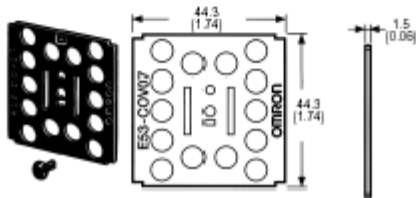
Panel Cutouts



■ ACCESSORIES (ORDER SEPARATELY)

Terminal Cover

E53-COV07



E5CK-T

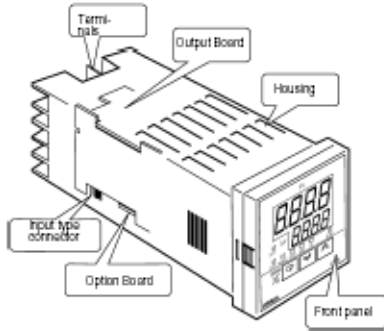


E5CK-T

Installation

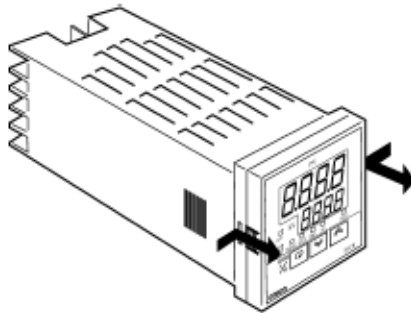
■ INSTALLATION

Main Parts



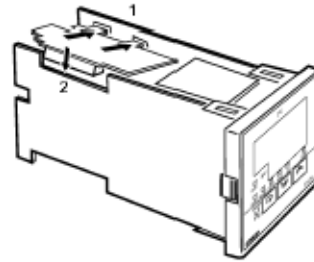
Removing Internal Mechanism

While pressing the hooks on the left and right sides of the front panel, carefully pull the internal mechanism from the housing. (Refer to the drawing below.)

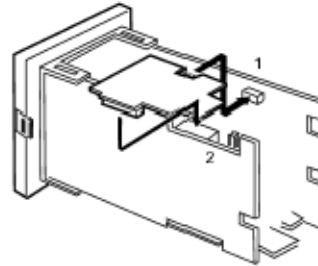


■ SETTING UP THE OUTPUT BOARD

1. Two rectangular holes are provided on the power board (right side of Controller). Fit the two protrusions of the output board into these two holes.
2. With the output board fitted into the power board, fit the output board into the connector on the control board (left side of Controller).



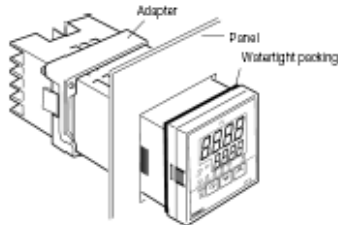
■ SETTING UP THE OPERATION BOARD



E5CK-T **OMRON** E5CK-T

■ MOUNTING THE CONTROLLER

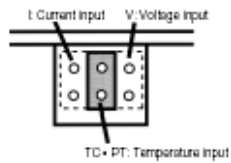
1. Insert the Controller into the panel's mounting hole at the position shown in the figure below.
2. Push the adapter along the Controller body from the terminals up to the panel, and fasten temporarily.
3. Tighten the two fixing screws on the adapter. When tightening screws, tighten the two screws alternately keeping the torque to approximately 0.29 to 0.39 N·m, or 3 to 4 kgf·cm.



Input Jumper Setting

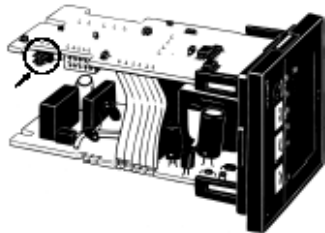
Note: The jumper is factory-set to TC + PT (temperature input).

Set the jumper to temperature, voltage, or current input according to the sensor connected to the input terminal.



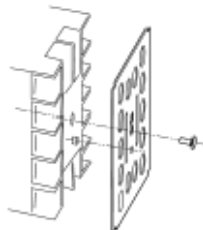
Note: Do not touch the pins of the jumper connector when setting the input type.

After setting the jumper, put on the housing, pressing the housing until the hooks of the front panel snap on.



Terminal Cover

The E5CK-AA1-500 Controller is provided with a terminal cover E53-COV07. Fasten the terminal cover as follows by using the snap pin.

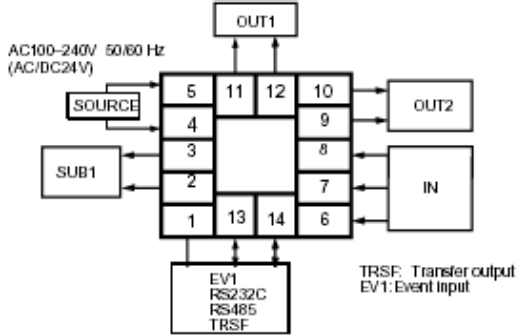


E5CK-T **omron** E5CK-T

■ WIRING TERMINALS

Terminal Arrangement

E5CK-T



■ WIRING PRECAUTIONS

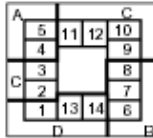
- Use ducts to separate input leads and power lines in order to protect the Controller and its lines from external noise.
- Solderless terminals are recommended when wiring the Controller.
- Tighten the terminal screws using a torque no greater than 0.78 N • m, or 8 kgf • cm max. Be careful not to tighten the terminal screws too tightly.

Power Blocks for E5CK-T

The E5CK-T has independent power supplies for each of the terminal blocks shown below.

Note: The power supplies for blocks C (exclude relay output) and D are shared for the following option board: E53-CKB or E53-CKF Option Board

E5CK-T



E5CK-T



E5CK-T

E5CK-T WIRING

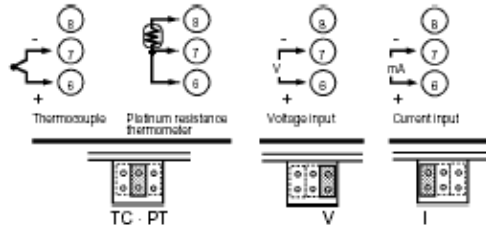
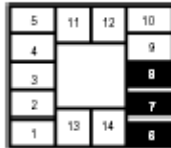
Power Supply

Input 100 to 240 VAC or AC/DC 24 V to terminal numbers 4 and 5 according to the specification.



Input

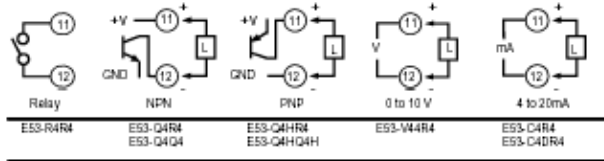
Connect the input to terminal numbers 6 to 8 as follows according to the input type.



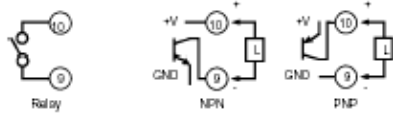
Match the inputs with the internal jumper settings for each input type. For thermocouple or platinum resistance thermometer inputs, set the inputs to a common position (TC/PT) as the temperature input.

Control Output

Terminal numbers 11 and 12 are for control output 1 (OUT1). The five output types and internal equalizing circuits are available according to the output board.



Terminal numbers 9 and 10 are for control output 2 (OUT2). The three output types and internal equalizing circuits are available according to the output board.



ESS-R4R4 ESS-V44R4
ESS-Q4R4 ESS-C4R4
ESS-Q4HR4/ESS-C4DR4

E5CK-T  E5CK-T

Specifications for Each Type of Output

Output type	Specifications
Relay	3 A at 250 VAC
Voltage (NPN)	20 mA at 12 VDC (with short-circuit protection)
Voltage (PNP)	20 mA at 12 VDC (with short-circuit protection)
0 to 10 V	0 to 10 VDC, permissible load impedance: 1 kΩ min., resolution: approx. 2,600
4 to 20 mA	4 to 20 mA, permissible load impedance: 500 Ω max., resolution: approx. 2,600

Auxiliary Output 1

Terminal numbers 2 and 3 are for auxiliary output 1 (SUB1).

The internal equalizing circuit for auxiliary output 1 is as follows:



Relay specifications are as follows: SPST-NO, 250 VAC, 1 A

Option

Terminal numbers 1, 13, and 14 are valid only when the option board is set in the Controller.

The following four connections are possible depending on the model of the option board.



Use event inputs under the following conditions:

Contact input	ON: 1 kΩ max., OFF: 100 kΩ min.
No-contact input	ON: residual voltage 1.5 V max., OFF: leakage current 0.1 mA max.

The polarity for no-contact input is as follows:



Transfer output specifications are as follows: 4 to 20 mA, load: 500 Ω max., resolution approx. 2600

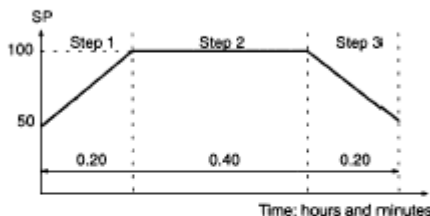
E5CK-T



E5CK-T

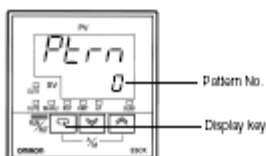
Quick Setup Instructions

The following procedure writes a simple program to Pattern 0.

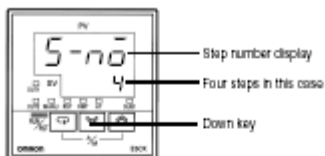


Step number	Target set point value	Time (hours.minutes)
0	50	0.00
1	100	0.20
2	100	0.40
3	50	0.20

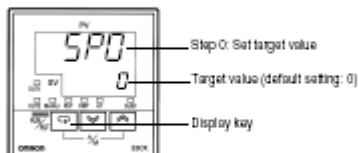
1. Press the Display Key to shift to the display for the number of steps.



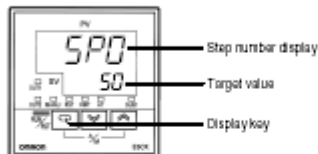
2. Press the Down Key and set the number of steps.



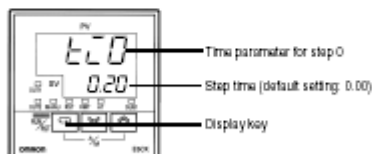
3. Press the Display Key to shift to the display for the target value of step 0.



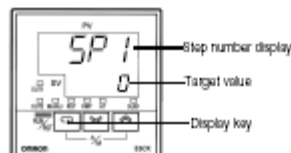
4. Set the target value to "50."



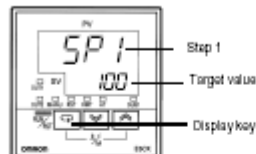
5. Press the Display Key to shift to the display for the time of Step 0.



6. Press the Display Key again with the step time set at 0 minutes, and the target value parameter for Step 1 will be displayed.



7. Press the UP Key to increment to "100."



8. In the same manner, set the time for Step 1, target value for Step 2, time for Step 2, etc.
9. When the target value and time settings are complete, press the Display Key.

Note: For more details about programming refer to the E5CK-T User's Manual, H090-E3-1.

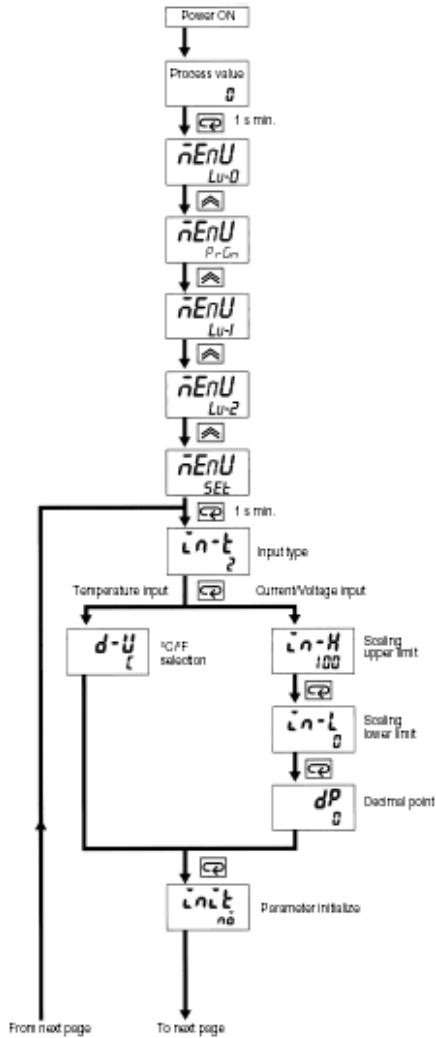
E5CK-T



E5CK-T

■ AFTER TURNING POWER ON

Determine the I/O specifications of the Process Controller in setup mode.



■ INPUT TYPE

Set the code according to the following table. Default is "2: K1 thermocouple."

Platinum Resistance Thermometer

Set value	Input type	
0	JP100	-199.9 to 650.0 (°C) /-199.9 to 999.9 (°F)
1	PH100	-199.9 to 650.0 (°C) /-199.9 to 999.9 (°F)
2	K1	-200 to 1,300 (°C) /-300 to 2,300 (°F)
3	K2	0.0 to 500.0 (°C) /0.0 to 900.0 (°F)
4	J1	-100 to 850 (°C) /-100 to 1,500 (°F)
5	J2	0.0 to 400.0 (°C) /0.0 to 750.0 (°F)
6	T	-199.9 to 400.0 (°C) /-199.9 to 700.0 (°F)
7	E	0 to 600 (°C) /0 to 1,100 (°F)
8	L1	-100 to 850 (°C) /-100 to 1,500 (°F)
9	L2	0.0 to 400.0 (°C) /0.0 to 750.0 (°F)
10	U	-199.9 to 400.0 (°C) /-199.9 to 700.0 (°F)
11	N	-200 to 1,300 (°C) /-300 to 2,300 (°F)
12	R	0 to 1,700 (°C) /0 to 3,000 (°F)
13	S	0 to 1,700 (°C) /0 to 3,000 (°F)
14	B	100 to 1,800 (°C) /300 to 3,200 (°F)
15	W	0 to 2,300 (°C) /0 to 4,100 (°F)
16	PLH	0 to 1,300 (°C) /0 to 2,300 (°F)
17	4 to 20 mA	
18	0 to 20 mA	
19	1 to 5 V	
20	0 to 5 V	
21	0 to 10 V	

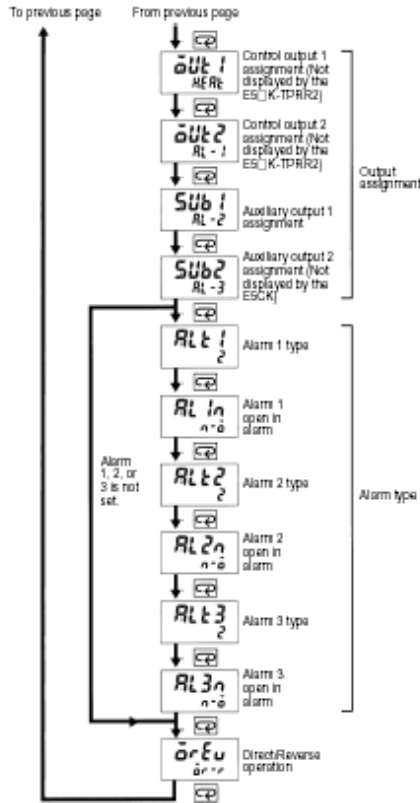
E5CK-T



E5CK-T

■ PARAMETER INITIALIZE

Parameter initialization sets all parameters to default values except for the input type, scaling upper limit, scaling lower limit, decimal point, and °C/°F selection parameters.



■ OUTPUT ASSIGNMENTS

Signals available as allocated outputs are the control output (heat), control output (cool), alarm 1, alarm 2, alarm 3, LBA. The auxiliary outputs of the Process Controller cannot be used as control outputs. The E5CK-T does not have a heater burnout alarm (HBA).

Control output (heat), control output (cool), alarm 1, alarm 2, alarm 3, LBA, error 1 (input error), and error 2 (A/D converter error) output functions are available. These functions are assigned to control outputs 1 and 2 and auxiliary outputs 1 and 2.

The assignment destination of each output function is restricted. Refer to the tables provided under the headings, Standard Models and Position-Proportionate Models.

■ STANDARD MODELS

Assignment destination	Control output		Auxiliary output
	1	2	1
Control output (heat)	Yes	Yes	---
Control output (cool)	Yes	Yes	---
Alarm 1	Yes	Yes	Yes
Alarm 2	Yes	Yes	Yes
Alarm 3	Yes	Yes	Yes
LBA	Yes	Yes	Yes
Error 1: Input error	---	---	Yes
Error 2: A/D converter error	---	---	Yes

With control output (cool), the conditions for switching from standard control to heating and cooling control are reached when the output function is assigned at the cooling side during heating and cooling control.

In other words, heating and cooling control is carried out when control output (cool) is assigned, and standard control is carried out when output is not assigned.

LBA

The LBA (loop break alarm) function is available when it is assigned as an output. The LBA function is not available when a memory or A/D converter error results.

LBA is a function for determining that an error has occurred somewhere on the control loop and outputting an alarm when the process value does not change with the manipulated variable at a maximum or minimum state. Accordingly, the LBA function can be used as a means for detecting a malfunctioning control loop.

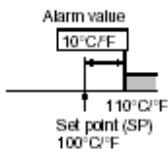
■ ALARM MODE SELECTORS

Alarm outputs are available if they are allocated as outputs. Factory setting is "2: Upper-limit alarm (deviation)."

Switch setting	Alarm operation	Alarm output	
		When X is positive	When X is negative
1	Upper- and lower-limit alarm (deviation)	ON OFF	Always ON
2	Upper-limit alarm (deviation)	ON OFF	ON OFF
3	Lower-limit alarm (deviation)	ON OFF	ON OFF
4	Upper- and lower-limit range alarm (deviation)	ON OFF	Always OFF
5	Upper- and lower-limit alarm with standby sequence (deviation)	ON OFF	Always OFF
6	Upper-limit alarm with standby sequence (deviation)	ON OFF	ON OFF
7	Lower-limit alarm with standby sequence (deviation)	ON OFF	ON OFF
8	Absolute-value upper-limit alarm	ON OFF	ON OFF
9	Absolute-value lower-limit alarm	ON OFF	ON OFF
10	Absolute-value upper-limit alarm with standby sequence	ON OFF	ON OFF
11	Absolute-value lower-limit alarm with standby sequence	ON OFF	ON OFF

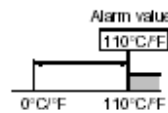
Deviation Alarm

If the alarm mode selector is set to a number between 1 and 7, alarm values are set to the width deviated from the set point as shown in the following illustration.



Absolute Alarm

If the alarm mode selector is set to 8 or 9, alarm values are set to the absolute value based on 0°C/F as shown in the following illustration.



■ CLOSE IN ALARM/OPEN IN ALARM

When the Controller is set to "close in alarm," the status of the alarm output function is output as it is. When set to "open in alarm," the status of the alarm output function is output inverted.

Condition	Alarm	Output	Output LED
Close in alarm	ON	ON	LE
	OFF	OFF	Not lit
Open in alarm	ON	OFF	LE
	OFF	ON	Not lit

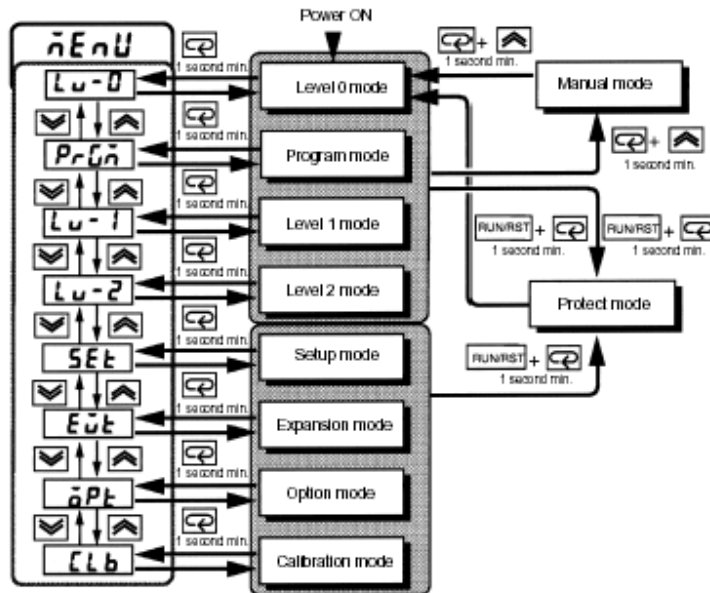
Alarm type and close in alarm (normally open)/open in alarm (normally close) can be set independently from each alarm.

Close in alarm/Open in alarm is set in the "alarm 1 to 3 open in alarm" parameters (setup mode).
Factory setting is "close in alarm" [0-0].

■ PARAMETER OPERATION LIST

Switching to modes other than manual or protect mode is carried out using the mode selection in the menu display.

The figure below shows all parameters in the order that they are displayed. Some parameters are not displayed depending on the protect mode setting and conditions of use.



■ PARAMETERS AND MENUS

All functions selected with the Controller in setup or expansion mode or all optional functions of the Process Controller may not be displayed.

Note: All references to Heater Burnout Alarm Function and "position-proportional" apply only to E5EK/AK-T and are not applicable to E5CK-T.

Protect Mode

The protect function is for preventing unwanted modification of parameters and switching between run and reset operation or auto and manual operation.

Manual Mode

In this mode, the Controller can be switched to manual operation. The manipulated variable can be manipulated manually only in this mode.

Level 0 Mode

Set the Controller to this mode during normal operation. In this mode, you can change the set point and pattern during operation, and execute step operation (e.g. advance). You can only monitor (not change) the process value, step No., standby time, pattern elapsing time, pattern execution count, and manipulated variable.

Program Mode

This is the programming mode. In this mode, you can set the number of steps used in each pattern, pattern execution count, alarm values, set points for each step, step time, and time signals for two steps.

Level 1 Mode

This is the main mode for adjusting control. In this mode, you can execute AT (auto-tuning), set up the control period, change PID parameters, and set alarm values.

Level 2 Mode

This is the auxiliary mode for adjusting control. In this mode, you can set the parameters for limiting the manipulated variable, switch between the remote and local modes, and set the loop break alarm (LBA), alarm hysteresis, and the digital filter value of inputs.

Setup Mode

This is the mode for setting the basic specifications. In this mode, you can set parameters that must be checked or set before an operation such as the input type, scaling, output assignments, and direct/reverse operation.

Expansion Mode

This is the mode for setting expanded functions. In this mode, you can set SP setting limiter, switching between advanced PID control or ON/OFF control, program time unit, selection of step time/rate of rise, time unit of ramp rise rate, and the time for automatic return to the monitoring display.

Option Mode

This is the mode for setting optional functions. You can select this mode only when an option board is mounted in the Controller. In this mode, you can set the communications conditions, transfer output and event input parameters to match the type of option board mounted in the Controller.

Calibration Mode

This mode is provided so that the user can calibrate inputs and output. When calibrating input, the selected input type is calibrated. Whereas, transfer output can be calibrated only when the communications board (E53-CKF) is set in the Controller.

E5CK-T

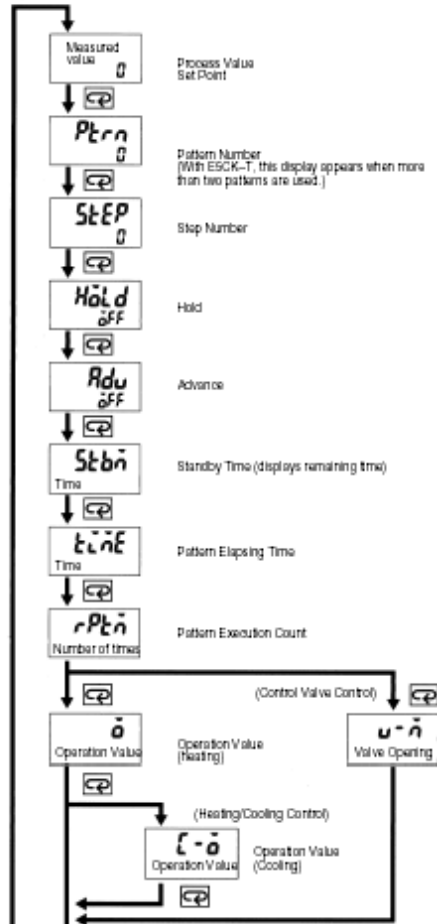


E5CK-T

PARAMETER OPERATION

Refer to "Settings" in the Operation Section.

Level 0 Mode



PV/SP

The process value is displayed on the No.1 display and the set point is displayed on the No.2 display.

When the multi-SP function is in use, the value of whichever is set, set point 0 or 1, is linked.

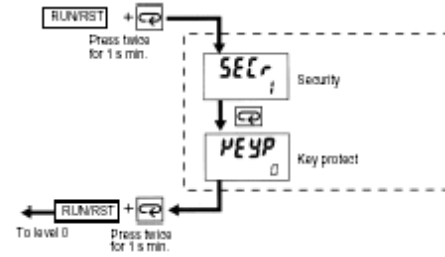
Remote SP Monitor

Monitors remote SP in the local SP mode.

Set Point During SP Ramp

Monitors the set point when the SP ramp function is used.

PROTECT MODE



Security

Any mode marked with "X" in the following table is not displayed on the menu when this parameter is set to "0" to "3."

Mode	Set value				
	0	1	2	3	4
Calibration	---	X	X	X	X
Option	---	---	X	X	X
Expansion	---	---	X	X	X
Setup	---	---	X	X	X
Level 2	---	---	---	X	X
Level 1, 0	---	---	---	---	X

The Unit will be in only level 0 mode and the menu will not be available when this parameter is set to "4" to "6."

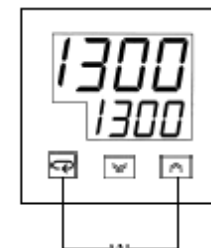
Only the "PV/SP" parameter in the level 0 mode can be used when this parameter is set to "5."

Only the "PV/SP" parameter in the level 0 mode can be used when this parameter is set to "6."

Key Protect

Invalidate the automatic, manual, run, and reset functions.

MANUAL MODE



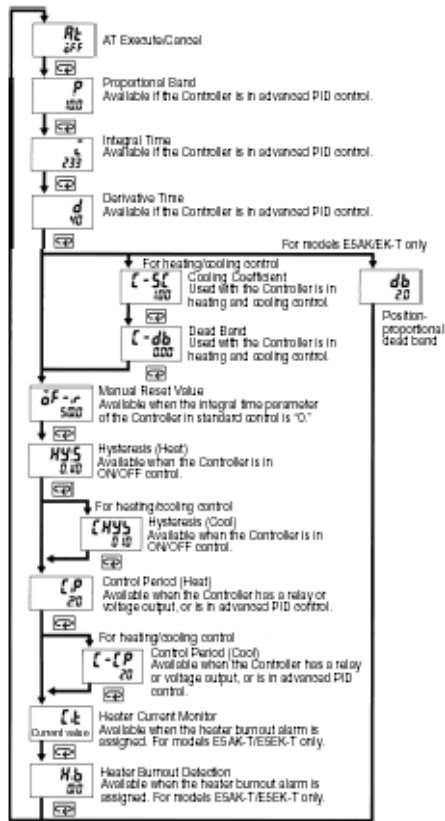
Press both simultaneously for more than 1 second to switch between auto or manual.

E5CK-T



E5CK-T

■ LEVEL 1 MODE

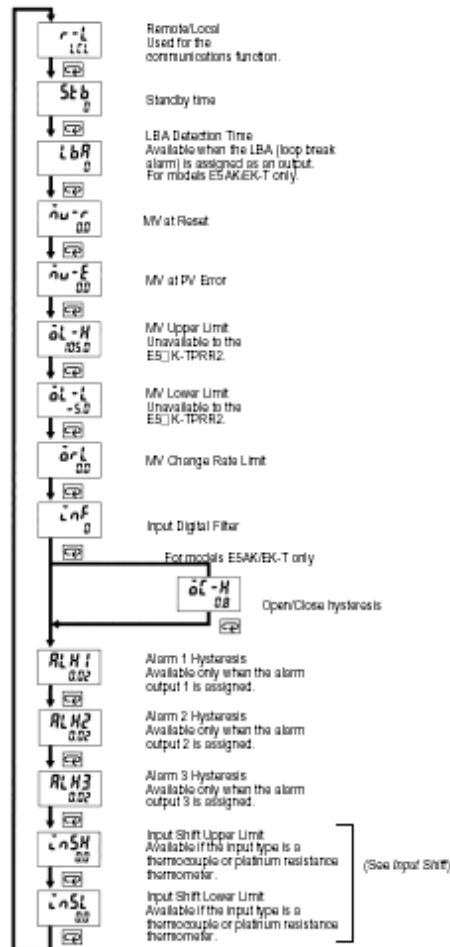


E5CK-T



E5CK-T

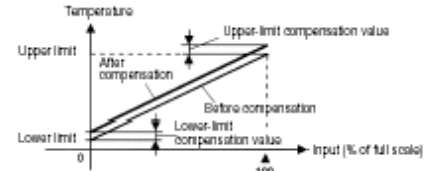
■ LEVEL 2 MODE



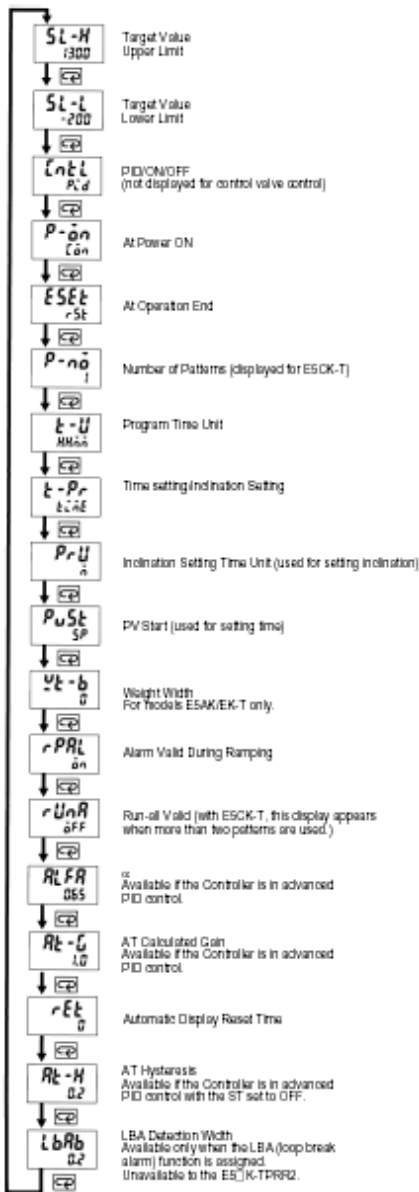
Input Shift

When temperature input is selected, scaling is not required. This is because input is treated as the "temperature" as it is matched to the input type. However, note that the upper- and lower-limit values of the sensor can be shifted. For example, if both the upper- and lower-limit values are shifted by 1.2°C, the process value (before shift) is regarded as 201.2°C after shift when input is 200°C before shift.

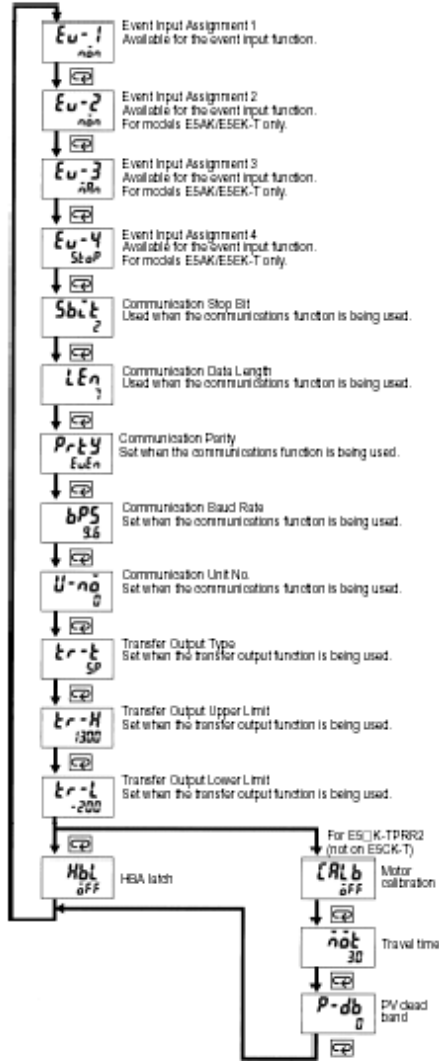
To set the input shift, set shift values in the "input shift upper limit" and "input shift lower limit" parameters (level 2 mode).



■ EXPANSION MODE



■ OPTION MODE

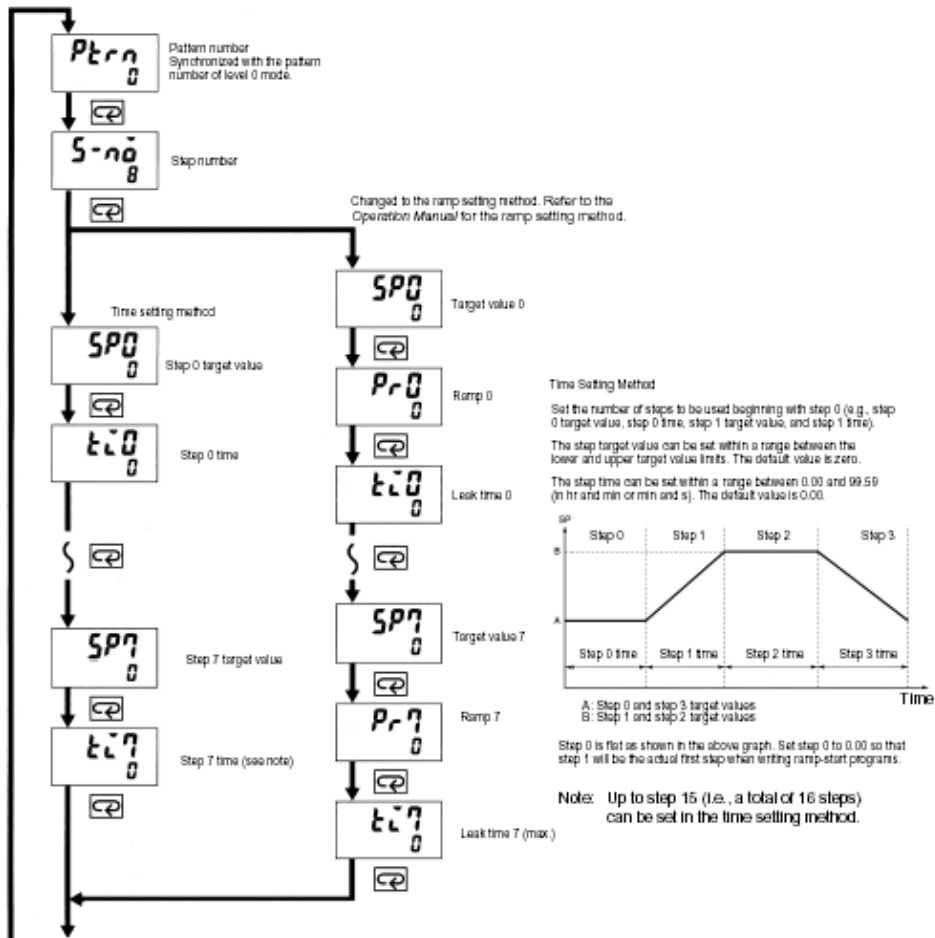


E5CK-T



E5CK-T

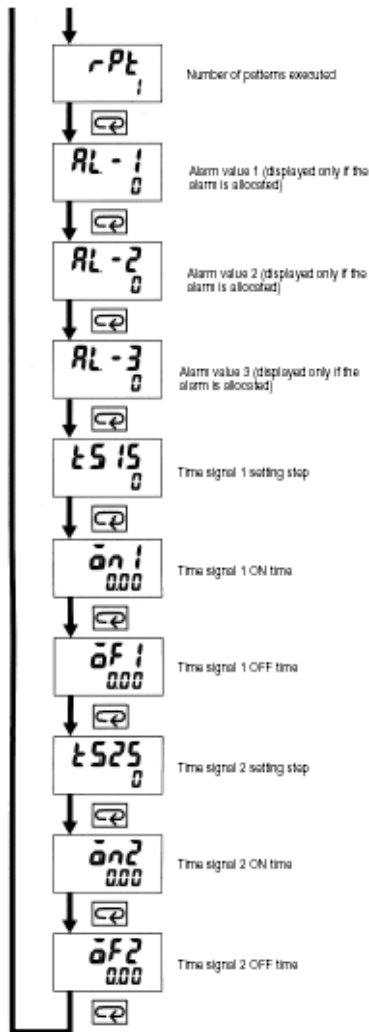
PROGRAM MODE



E5CK-T

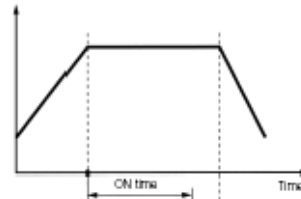


E5CK-T



Time Signal

Two types of time signal patterns can be set in each pattern.



Two types of time signal timers are available (i.e., ON-time and OFF-time use), each of which starts with the edge of the step.

The output is ON from the moment the ON time elapses until the OFF time elapses.

Set the step so that the time signal is triggered by the time signal 1/2 setting step parameters. The default is step 0.

Set the ON/OFF timing with the timing signal 1/2 ON-time and time signal 1/2 OFF-time parameters in Program mode.

ON Conditions

If the ON time is shorter than the OFF time, the signal will be reset or ON after the ON time elapses until the next pattern starts.

The signal is not ON if there is no difference in period between the ON time and OFF time.

If ADVANCE is executed while the time signal setting step is executed, the time equivalent to the setting step will be deemed to have elapsed. In the above graph, for example, the signal is ON from the edge of the next step until the OFF time elapses.

E5CK-T



E5CK-T

■ HOW TO USE THE ERROR DISPLAY

When an error has occurred, the No.1 display alternately indicates error codes together with the current display item. This section describes how to check error codes on the display, and the actions that must be taken to remedy the problem.

EErr Input Error

Meaning Input is in error.
Action Check the wiring of inputs, disconnections, and shorts, and check the input type and the input type jumper connector.
Operation at Error For control output functions, output the manipulated variable matched to the setting of the "MV at PV error" parameter (level 2 mode). Alarm output functions are activated when the upper limit is exceeded.

E111 Memory Error

Meaning Internal memory operation is in error.
Action First, turn the power OFF then back ON again. If the display remains the same, the E5CK-T Controller must be repaired. If the display is restored to normal, the probable cause may be external noise affecting the control system. Check for external noise.
Operation at Error Control output functions turn OFF (2 mA max. at 4 to 20 mA output, and output equivalent to 0% in case of other outputs). Alarm output functions turn OFF.

E333 A/D Converter Error

Meaning Internal circuits are in error.
Action First, turn the power OFF then back ON again. If the display remains the same, the E5CK-T Controller must be repaired. If the display is restored to normal, the probable cause may be external noise affecting the control system. Check for external noise.
Operation at Error Control output functions turn OFF (2 mA max. at 4 to 20 mA output, and output equivalent to 0% in case of other outputs). Alarm output functions turn OFF.

AErr Calibration Data Error

This error is output only during temperature input and is displayed for two seconds when the power is turned ON.

Meaning Calibration data is in error.
Action Must repair.
Operation at Error Both control output functions and alarm output functions are active. However, note that the readout accuracy is not assured.

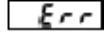
E5CK-T **omron** E5CK-T

	Display Range Over
---	---------------------------

Meaning Though not an error, this is displayed when the process value exceeds the display range when the control range (setting range $\pm 10\%$) is larger than the display range (-1999 to 9999).

- When less than "-1999" **C C C C**
- When greater than "9999" **D D D D**


Operation Control continues, allowing normal operation.

	Motor Calibration Error (Displayed on the No. 2 Display)
---	---

Meaning Motor calibration has ended with an error.

Action First, correctly connect the wiring for the potentiometer, open output, and close output. Execute the motor calibration again.

Operation Procedure



Operation at Error When motor calibration is executed, open output will operate and then close output will operate. However, as the value is incorrect, the result turns out to be an error.

E5CK-T

OMRON

E5CK-T

Precautions

■ OPERATING ENVIRONMENT

- Operate the Controller within the rated ambient operating temperature, ambient operating humidity, and storage temperature ranges.
- Use the Controller according to the vibration resistance, shock resistance, and enclosure ratings.
- Do not install the Controller in places with corrosive gas or excessive dust.
- Do not install the Controller near machines generating high-frequency noise.

■ MOUNTING

- The dimensions of the Controller conform to DIN 43700.
- Recommended panel thickness is 1 to 8 mm.
- Mount the Unit horizontally.

■ CONNECTION

- To reduce inductive noise influence, the lead wires connecting the input type to the Controller must be separated from the power lines and load lines.
- Use the specified compensating conductors for thermocouples. Use lead wires having a small resistance for platinum resistance thermometers.

■ CONNECTION EXAMPLE

- Wire the terminals of the Unit using solderless terminals.
- The tightening torque applied to the terminal screws of the Unit must be approximately $0.78 \text{ N} \cdot \text{m}$ or $8 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$.
- Use the following type of solderless terminals for M3.5 screws.



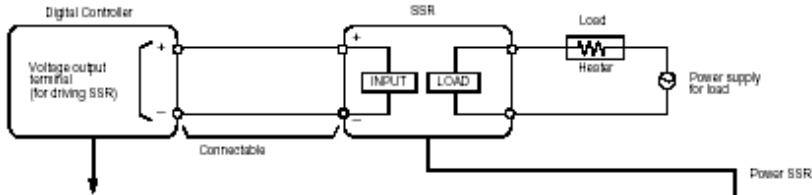
■ OPERATION

- The alarm outputs of a model with an alarm function may not turn ON correctly when the model malfunctions. The use of alarm equipment with the Controller is recommended.
- The parameters and internal switch are set before shipping so that the Unit will function normally. Change the settings of the parameters and internal switch according to the application if necessary.
- After power has been supplied to the Controller, several seconds are required until the relay is turned ON. Consider this time delay when designing sequenced circuits which incorporate a Controller.
- Do not use excessive force when removing the internal mechanism from the housing. Protect the internal connector or electronic parts of the Unit from shock.
- Protect against static discharge when changing the settings of the internal switch. Changing the settings on a grounded conductive mat is recommended.
- When connecting the control output board to the Temperature Controller or Process Controller, make sure that the control output board is the appropriate type, or the system may malfunction.

E5CK-T **OMRON** E5CK-T

■ SSR

Connection Example of Process Controller and SSR



E5□K-T

Process Controller with Voltage Output (12 VDC, 40 mA max.)



E5CK-T

Controller with Voltage Output (12 VDC, 20 mA max.)



See the following table.

Model	G3PA/G3PB	G3NH	G3NA	G3NE	G3B
Appearance					
SSRs connected in parallel	E5AK-/E5EK-T: 8 pcs. E5CK-T: 4 pcs.	E5AK-/E5EK-T: 8 pcs. E5CK-T: 4 pcs.	E5AK-/E5EK-T: 5 pcs. E5CK-T: 2 pcs.	E5AK-/E5EK-T: 2 pcs. E5CK-T: 1 piece	E5AK-/E5EK-T: 5 pcs. E5CK-T: 2 pcs.
Rated input voltage	5 to 24 VDC	5 to 24 VDC	5 to 24 VDC	12 VDC	5 to 24 VDC
Features	Thin, SSR with built-in heat sink; 1-phase and 3-phase models	For high-power heater control	Standard model with screw terminals	Compact, low-cost model with tab terminals	Socket, model with 5-A switching capacity

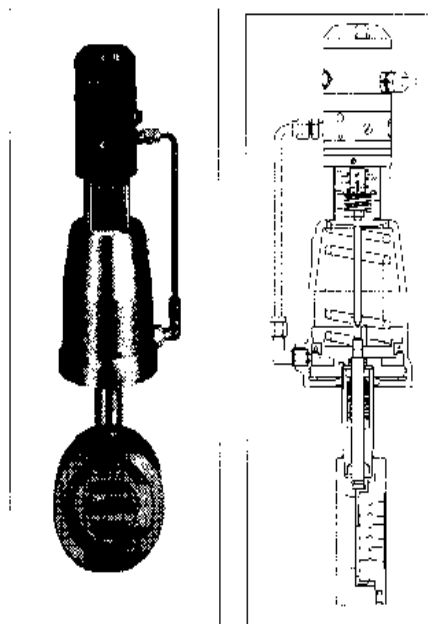
2.1.2.4 Manual de las Válvulas electroneumáticas.

CONTROL DE GASES, VAPOR Y LÍQUIDOS

-Válvula de Control**8043/44****DN15 a DN100**

Válvula de control GS con actuador neumático y posicionador integrado para la regulación de fluidos neutros hasta altamente agresivos dentro de la industria química.

- Posicionador integrado
- Peso reducido
- Muy silenciosa
- Tiempo de respuesta muy alto debido a las cortas carreras
- Altos valores Kvs
- Muy alta estanqueidad



SCHUBERT & SALZER
C NTROL
YSTEMS

CONTROL DE GASES, VAPOR Y LÍQUIDOS

Válvula de control GS Tipo 8043/44

Características Técnicas

Diseño del cuerpo	Versión entre bridas	
	Construcción según DIN 3202, serie K1	
Diámetro nominal	DN15 a DN100	
Presión nominal	PN40, según DIN 2401 también para bridas PN10 a PN25	
Temperatura de trabajo	Cuerpo Acero 1.0570	-10°C a +300°C
	Cuerpo Inox 1.4571	-60°C a +350°C
	Cuerpo (diseño corto)	a +230°C
Temperatura ambiente	-10°C a +60°C	
Rentabilidad	25 : 1	
Histéresis	< 1%	
Estanqueidad	< 0,0001 % de valor Kvs	

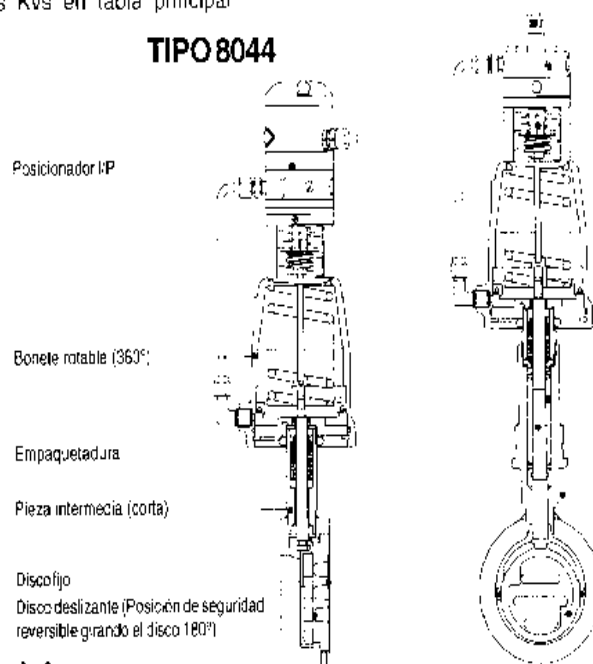
Opciones:

- Fuelle de acero inoxidable 1.4571
- Indicador óptico de posición
- Finales de carrera inductivos
- Convertidor I/P externo
- Versión libre de grasa y aceite
- Posicionador electroneumático con protección intrínseca EEx ib II CT6.

TIPO 8043

Valores Kvs en tabla principal

TIPO 8044



Materiales

Cuerpo	Acero al carbono 1.0570 cromado	Acero inoxidable 1.4571
Pieza intermedia	Acero inoxidable 1.4104 (versión corta) Acero al carbono 1.0570 (versión larga)	Acero inoxidable 1.4581
Actuador	Latón cromado (80mm) Aluminio tratado contra la corrosión (125mm)	
Muelles del Actuador	Acero inoxidable 1.4310 (80mm), Acero cincado (125mm)	
Empaquetadura	Anillos de leflón en V con relleno de carbono, muelle acero inox. 1.4310	
Eje de la válvula	Acero inoxidable 1.4571, pulido a presión	
Fuelle	Acero inoxidable 1.4571	
Disco fijo	Acero inoxidable 1.4581, cromado	
Disco deslizando	Carbono especial, metálicamente impregnado	
Soporte disco deslizando	Acero inoxidable 1.4581	
Posicionador	Latón cromado (versión P/IP)	Latón/Aluminio (versión I/P)
Indicador óptico de posición	Plástico (Acetato de celulosa)	

CONTROL DE GASES, VAPOR Y LÍQUIDOS

Válvula de control GS Tipo 8043/44

Presiones diferenciales admisibles

DN	Diámetro del Actuador			DN	Diámetro del Actuador		
	80 mm				125 mm		
	Presión diferencial bar	Presión de cierre bar	Presión de pilotaje bar		Presión diferencial bar	Presión de cierre bar	Presión de pilotaje bar
15	20	30	4 - 6	15	40	40	3 - 6
20	18	27	4 - 6	20	40	40	3 - 6
25	16	24	4 - 6	25	40	40	3 - 6
32	14	21	4 - 6	32	35	40	3 - 6
40	11	16	4 - 6	40	25	37	3 - 6
50	7	10	4 - 6	50	17	25	3 - 6
65	5	7	4 - 6	65	13	19	3 - 6
80	3	4	4 - 6	80	8	12	3 - 6
100	18	25	4 - 6	100	4	6	3 - 6

Codificación

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 1 - 5: a rellenar
V M Z S 6 - 16: rellenar cuando se requiera

Diámetro nominal Símbolo: "V": Válvula
 "R": Kit de repuesto (empaquetadura, disco deslizante, etc...)

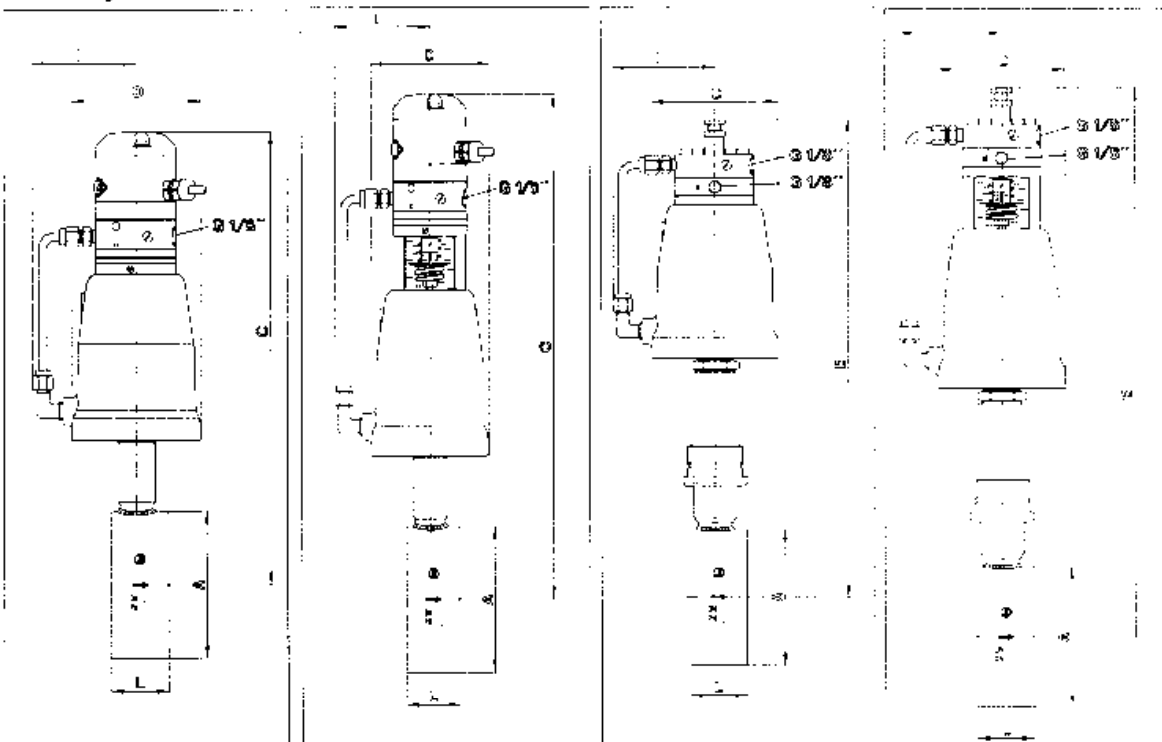
1. Función	2. Diseño del cuerpo	3. Material del cuerpo	4. Función de pilotaje	5. Actuador	6. Versiones especiales	7. Muelles	8. Empaquetadura
E Válvula de control GS, diseño corto (tipo 8044) F Válvula de control GS, diseño largo (tipo 8043)	C Montaje entrebridas según DIN 3202, serie K1 para bridas DIN 2632-2635 (PN-10 a PN-40)	0 Acero al carbono 1.0570 cromado 1 Acero inoxidable 1.4571	0 NC (normalmente cerrada) 1 NA (normalmente abierta)	1 Diámetro 80 mm. 2 Diámetro 125 mm.	M Incluir en código si las secciones 7-16 van a ser rellenadas	- Estandar	- Anillos de teflón (PTFE) en V, con muelle autoajustable (ESTANDARD) 1 Fuelle de acero inoxidable 1.4571 adicional (solo tipo 8043)
9. Disco deslizante	10. Disco tje	11. Valor Kvs	12. Características de paso	13. Accesorios	14. Posicionador	15. Versiones especiales	16. Otras versiones especiales
- Carbono especial, metalicamente impregnado 0 Carbono especial, impregnado de resina sintética. 8 Disco SIN	- Acero inoxidable 1.4381 cromado 1 Disco S7N	- 100% A (Estándar) 1 reducido al 60% 2 reducido al 40% 3 reducido al 15% 4 reducido a 6,3% 5 reducido a 2,5% reducido a 1%	- Lineal 1 Isopericentral	2 Incluir en código si las secciones 14-15 son requeridas	- Posicionador neumático integrado PnP (Estándar) 1 Posicionador electro neumático integrado (EPI) 2 Posicionador neumático integrado NP con indicador óptico 3 Posicionador electro neumático integrado NP con indicador óptico 5 Item 3, con protección EEEx II CTE	- Sin significado 1 Tubo de aire en plástico (PA)	S Ejecutores especiales de comando

Ejemplo de pedido: 050VF0101M-1-1
 Válvula de control GS con actuador neumático, DN 50, diseño largo, cuerpo en acero inoxidable, normalmente cerrada, actuador de 80 mm, fuelle de acero inox. 1.4571, Kvs reducido al 40%.

CONTROL DE GASES, VAPOR Y LÍQUIDOS

Válvula de control GS tipo 8043/44

Peso y dimensiones



Versión I/P

Versión I/P con indicador óptico de posición

Versión P/P

Versión P/P con indicador óptico de posición

DN	Diámetro del pistón Ø	A	L	D	C*	E*	I	Peso kgs Versión corta	Peso kgs Versión larga
15	80	53	33	98	287	351	80	4,7	5,4
20	80	62	33	98	292	356	80	4,8	5,5
25	80	72	33	98	297	362	80	4,9	5,6
32	80	82	33	98	301	366	80	4,9	5,6
40	80	92	33	98	306	371	80	5,1	5,8
50	80	108	43	98	329	381	80	6,2	6,9
50	125	108	43	146	359	411	105	8,0	8,7
65	80	123	46	98	338	391	80	6,7	7,4
65	125	123	46	146	368	421	105	8,5	9,2
80	80	142	46	98	346	399	80	7,4	8,1
80	125	142	46	146	375	429	105	9,2	9,9
100	80	164	52	98	359	412	80	8,6	9,3
100	125	164	52	146	389	442	105	10,4	11,1

Reservados todos los derechos. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.

- * C+E con indicador de posición + 40 mm.
- * C con diseño largo + 95 mm. (DN 15-40) + 85 mm. (> DN 50)
- * E diseño corto - 95 mm. (DN 15-40) - 85 mm. (> DN 50)

Dimensiones en mm

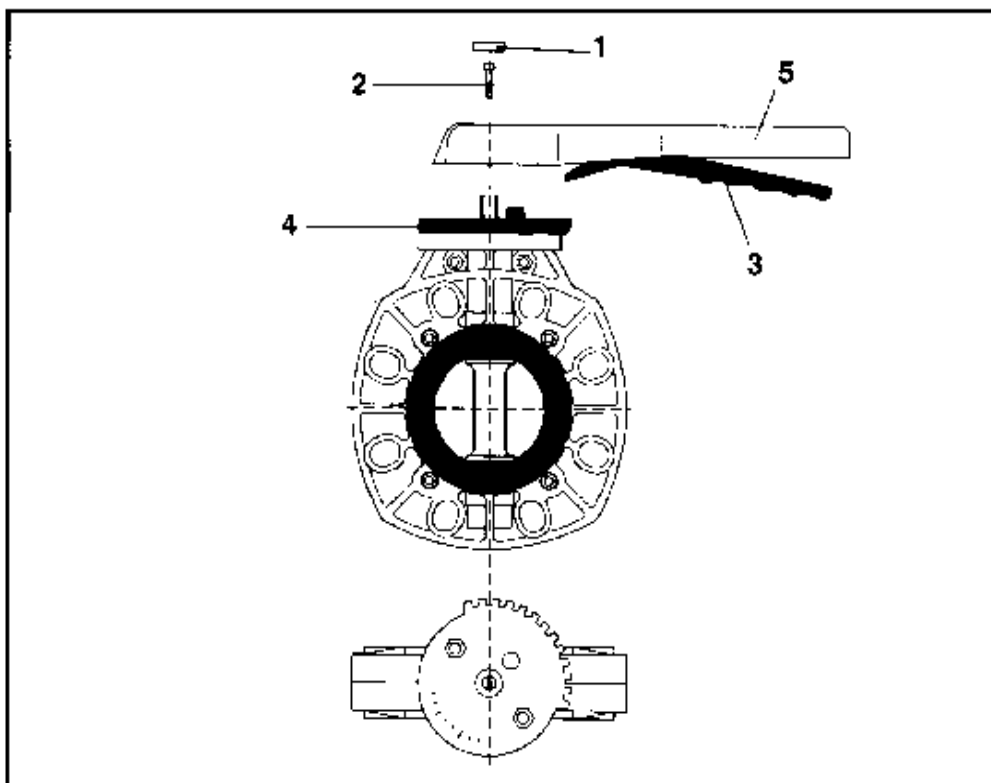
SCHUBERT & SALZER
C N T R O L
S Y S T E M S

Schubert & Salzer Ibérica

Edición

VALVULAS PARA TODO TIPO DE CONTROL

2.1.2.5 Manual de las Válvulas de mariposa.


CEPEX, S.A.
**INSTRUCTIONS FOR ASSEMBLY AND INSTALLATION
BUTTERFLY VALVES**
**INSTRUCTIONS DE MONTAGE ET D'INSTALLATION
VANNES A PAPILLON**
**INSTRUCCIONES DE MONTAJE E INSTALACION
VALVULAS DE MARIPOSA**

INSTRUCTION TO REMOVE THE VALVE HANDLE

- A.- Remove the round disc (1) from the handle and loosen the screw (2) using an Allen key.
 B.- Push the handle (3) upwards until the both sets of dog teeth are clear of each other (4).
 C.- Remove the handle from the shaft. (you may have to tap the handle softly a couple of times to release it)

INSTRUCTIONS POUR DEMONTER LA POIGNÉE DE LA SOUPE

- A.- Sortir le bouchon rond (1) de la poignée et desserrer la vis (2) avec la clé "Allen".
 B.- Appuyer sur la levier (3) vers le haut au maximum afin que les dents de celui-ci dégagent totalement les dents du sélecteur de débit (4).
 C.- Sortir la poignée (5) de l'axe (dû à l'ajustement entre la poignée et l'axe il est préférable d'agir avec une masse en caoutchouc (en douceur) afin de ne pas abîmer la peinture.

INSTRUCCIONES PARA DESMONTAR LA MANETA DE LA VALVULA

- A.- Extraer el tapon redondo (1) de la maneta y aflojar el tornillo (2) con una llave allen.
 B.- Presionar la palanca (3) al máximo hacia arriba de forma que los dientes de ésta libren totalmente los dientes de la placa de visora (4).
 C.- Sacar la maneta (5) del eje. (Debido al ajuste entre maneta y eje, será preciso dar a la maneta unos golpes suaves, a ser posible con una maza de nylon, con el fin de no dañar la pintura de ésta.)



COUPLING
 Join flanges of the DN 65 to DN 225 (Fig. 2).
 Flat gaskets are not necessary. K₁ and K₂ are the keys for the connection of the valve seat.

ACCOUPEMENT
 Avec les brides normales DN 65 à DN 225 (Fig. 2).
 Dans l'accouplement, les joints plats ne sont pas nécessaires. Les clavets K₁ et K₂ sont coupures à la valve.

ACOPLAMIENTO
 Mediante bridas Normas DIN y Normas 90, según esquema de la figura 2.
 En el acoplamiento no son necesarias juntas planas para los mangosillos, por llevarlos y conserdes a misma válvula.

D	DN	REF.		Coupling torque Couple de serrure Por momento mN	DIMENSIONS / DIMENSIONES												
		EPDM	VITON		A	B	C	E	F	G	H	K	L	M	N	S	
75	65	2 1/2"	05 80 075	05 80 075 VI	25	192.5	165	110	27	18x4	104	48	125/145	228	70	9	10
90	80	3"	05 80 090	05 80 090 VI	55	227	200	126	27	18x6	104	53	160/169	263	70	9	12
110	100	4"	05 80 110	05 80 110 VI	100	271	229	158.5	24	18x8	104	60	180/190	263	70	9	16
125	125	4 1/2"	05 80 125	05 80 125 VI	120	297	250	172	27	18x8	104	66	190/210	350	70	9	20
140	125	5"	05 80 140	05 80 140 VI	120	297	250	172	27	18x8	104	66	190/210	350	70	9	20
180	150	6"	05 80 160	05 80 160 VI	140	327	285	185	27	22x8	104	72	240	350	70	9	20
200	175	8"	05 80 200	05 80 200 VI	340	400	340	230	35	22x8	136	73	270/295	390	102	11	26
225	200	8"	05 80 225	05 80 225 VI	340	400	340	230	95	22x8	136	73	270/295	390	102	11	26

D	DN	REF.		Coupling torque Couple de serrure Por momento mN	DIMENSIONS / DIMENSIONES														
		EPDM	VITON		A	B	C	E	F	G	H	K	L	M	N	S	O	P	
75	65	2 1/2"	05 81 075	05 81 075 VI	25	192.5	165	110	27	18x4	104	142	145	228	70	9	10	185	44
90	80	3"	05 81 090	05 81 090 VI	55	227	200	126	27	18x6	104	165	160	263	70	9	12	200	51
110	100	4"	05 81 110	05 81 110 VI	100	271	229	158.5	24	18x8	104	192	180	263	70	9	16	220	61
125	125	4 1/2"	05 81 125	05 81 125 VI	120	297	250	172	27	18x8	104	214	190	350	70	9	20	230	69
140	125	5"	05 81 140	05 81 140 VI	120	297	250	172	27	18x8	104	228	210	350	70	9	20	250	76
180	150	6"	05 81 160	05 81 160 VI	140	327	285	185	27	22x8	104	254	240	350	70	9	20	285	86
200	200	7"	05 81 200	05 81 200 VI	340	400	340	230	35	22x8	136	297	270	390	102	11	26	315	106
225	200	8"	05 81 225	05 81 225 VI	340	400	340	230	35	22x8	136	323	295	390	102	11	26	340	119

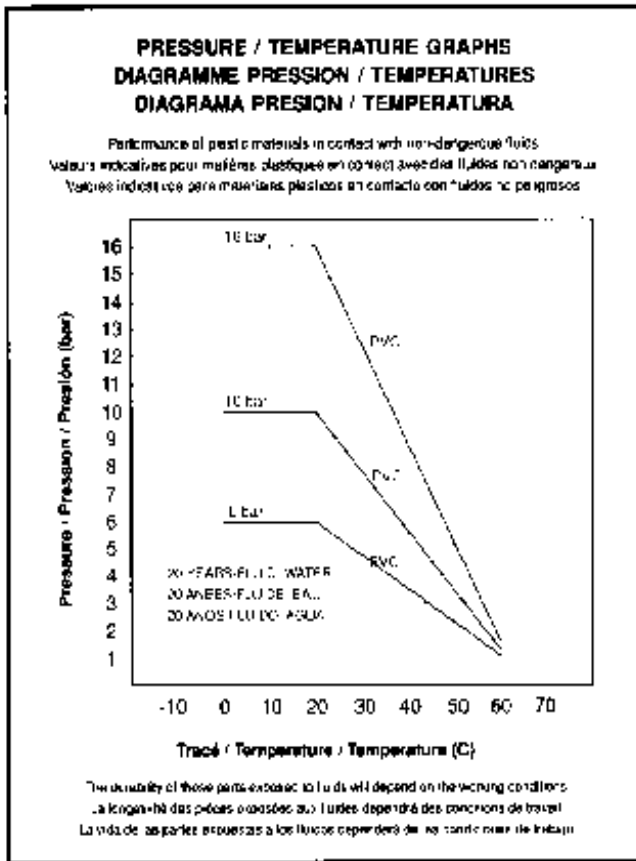
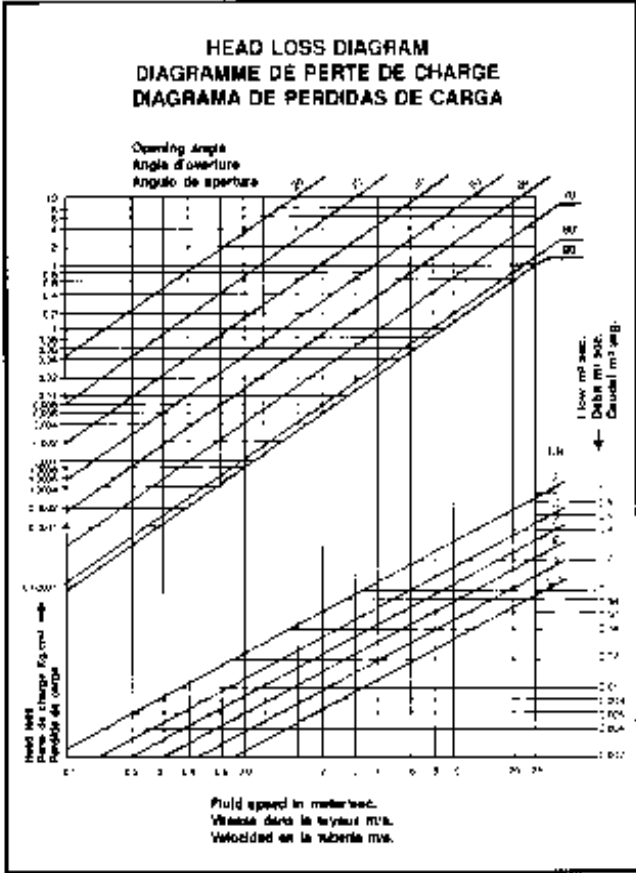
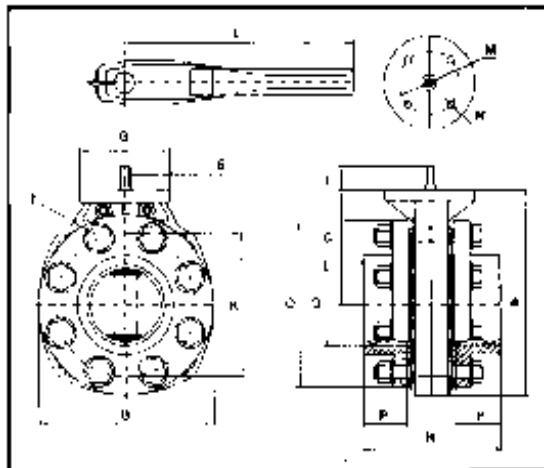
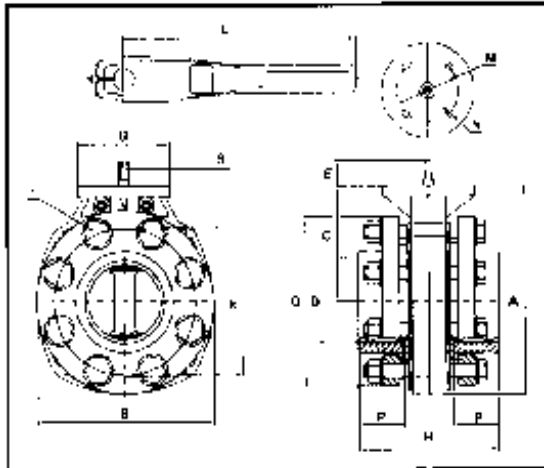
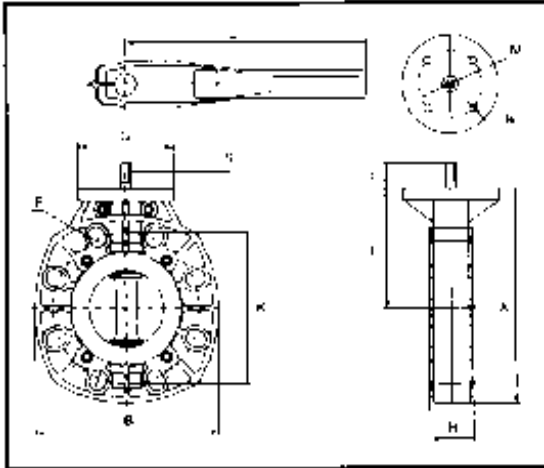
D	DN	REF.		Coupling torque Couple de serrure Por momento mN	DIMENSIONS / DIMENSIONES														
		EPDM	VITON		A	B	C	E	F	G	H	K	L	M	N	S	O	P	
75	65	2 1/2"	05 82 075	05 82 075 VI	25	192.5	165	110	27	18x4	104	142	145	228	70	9	10	185	44
90	80	3"	05 82 090	05 82 090 VI	55	227	200	126	27	18x6	104	165	160	263	70	9	12	200	51
110	100	4"	05 82 110	05 82 110 VI	100	271	229	158.5	24	18x8	104	192	180	263	70	9	16	220	61
125	125	4 1/2"	05 82 125	05 82 125 VI	120	297	250	172	27	18x8	104	214	190	350	70	9	20	230	69
140	125	5"	05 82 140	05 82 140 VI	120	297	250	172	27	18x8	104	228	210	350	70	9	20	250	76
160	150	6"	05 82 160	05 82 160 VI	140	327	285	185	27	22x8	104	254	240	350	70	9	20	285	86
200	175	7"	05 82 200	05 82 200 VI	340	400	340	230	35	22x8	136	297	270	390	102	11	26	315	106
225	200	8"	05 82 225	05 82 225 VI	340	400	340	230	35	22x8	136	323	295	390	102	11	26	340	119



BUTTERFLY VALVE OPERATING INSTRUCTIONS:
 (operación de la válvula de mariposa)

FUNCTIONNEMENT:
 Pour ouvrir la valve, appuyez sur le bouton (1) en appuyant le ressort contre le mur en libérant les dents de la tige (2) et en tirant le poignée dans le tour de la valve.

FUNCIONAMIENTO:
 Para abrir la válvula, se procederá a desbloquear la manivela (1) presionando la palanca (2) hacia arriba liberando los dientes de la tija (3) y tirando la manivela en sentido conveniente.



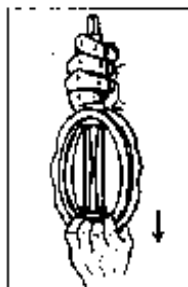
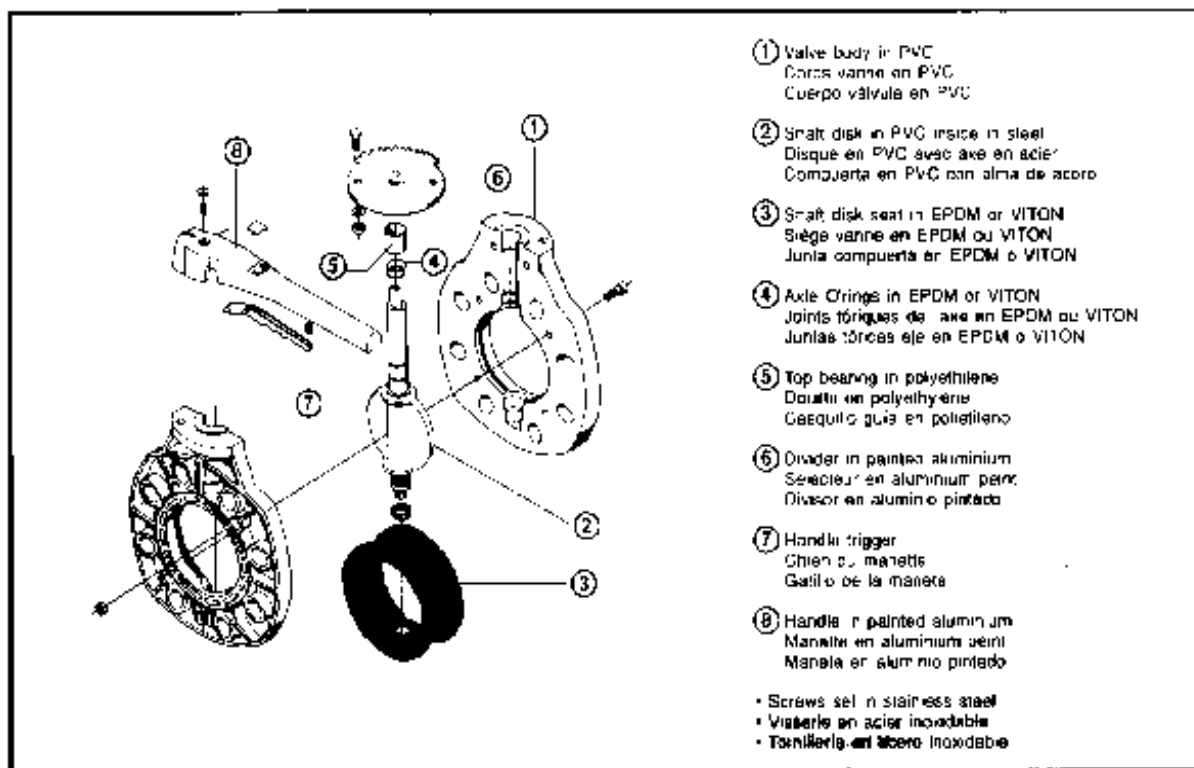

CEPEX, S.A.


Fig. 4



Fig. 5

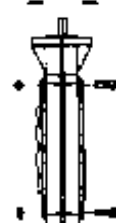


Fig. 6

OPERATIONS FOR REPLACING THE ELASTOMER SEAT

If the valve elastomer seat has to be replaced proceed as follows:

- Take out the lever, the dividing plate and screws.
- Half open the valve and take out the axle with the elastomer seat.
- Proceed to strip the elastomer seat, see figure 4 and position the new elastomer seat in the same way.
- Place the axle/seat unit in half the body of the valve, see fig. 5 and then elastomer seat the two valves, see fig. 6 fixing them with the appropriate screws.

OPERATIONS POUR LE CHANGEMENT DU SIÈGE

Dans le cas où il faudrait changer le siège de la vanne, on procédera de la façon suivante.

- Retirer la manette, la plaque de division et les vis.
- Ouvrir la vanne par le milieu et en extraire l'axe et le siège.
- Démontez le siège comme sur la fig. 4 et mettez le nouveau de la même façon.
- Poser le groupe axe-siège dans l'une des moitiés de la vanne selon fig. 5 et ensuite unir les deux moitiés selon fig. 6 en les fixant avec les vis correspondantes.

OPERACIONES PARA EL RECAMBIO DE LA JUNTA

En caso de que fuera necesario cambiar la junta de la válvula, se procederá de la siguiente manera:

- Extraer la maneta, la placa divisora y los tornillos.
- Abrir la válvula por la mitad y extraer el eje con la junta.
- Proceder a desmontar la junta s/fig. 4 y colocarlo la nueva junta de la misma manera.
- Colocar el grupo eje-junta en un medio cuerpo de la válvula s/fig. 5 y a continuación unir las dos mitades s/fig. 6, fijándolas con los tornillos correspondientes.

2.1.2.6 Manual del Sensyflow.



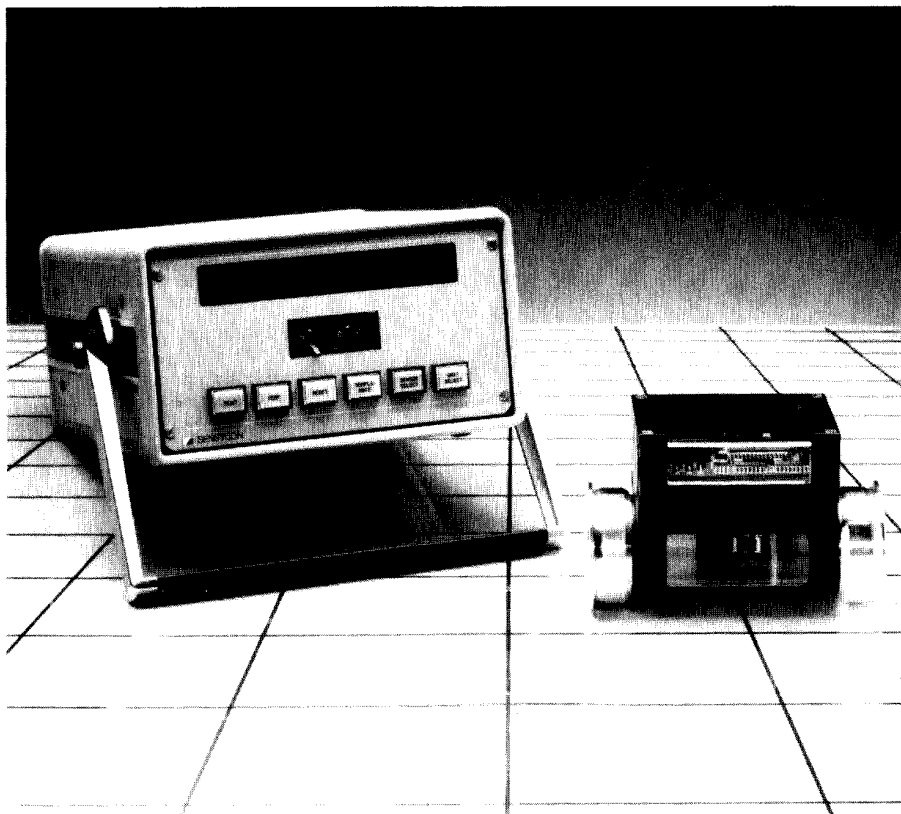
GESELLSCHAFT FÜR INDUSTRIELLE SENSORSYSTEME UND PROZESSLEITTECHNIK MBH

SENSYCON

Sensing Systems
Division

Operating instructions

Sensyflow[®] P
Mass Flow Meter for Gases



Operating instructions to catalogue no. 8701 E
Edition 04/92

Preface

Contents

	page
1. Preface	3
2. Device Description	4
3. Commissioning	6
4. Measuring Principle	7
5. Measuring Tube	8
6. Analyzing Unit	9
6.1 Display Unit	
6.2 Options	
6.2.1 Adjustable Measuring Rate	
6.2.1.1 Fast Measuring Rate	
6.2.2 Analog Outputs	
6.2.3 Temperature Measurement	
6.2.4 2-Probe-Operation	
6.2.5 Digital Interfaces	
6.2.5.1 12-Bit Parallel Interface	
6.2.5.2 Serial Interface	
6.2.6 Totalizing Measurement	
7. Measuring Set-Up	19
8. Instructions for Application	20
9. Calibration	21
10. Accessories	22
11. Technical Data	23
● BNC Outputs	
● Connector PIN Assignment of the D-SUB-Sleeves	
● Dimensions Sheets	

1. Preface

Due to the consolidation of two companies with long traditions DEGUSSA (measuring technique division) and VDO Meß- und Regeltechnik to SENSYCON, the name of our product has been changed. However the high standard of quality and the permanent ongoing development of this mass flow meter system Sensyflow P stays unchanged.

The demanding requirements of modern measuring technique in research development and production have determined the conception of this mass flow meter Sensyflow P.

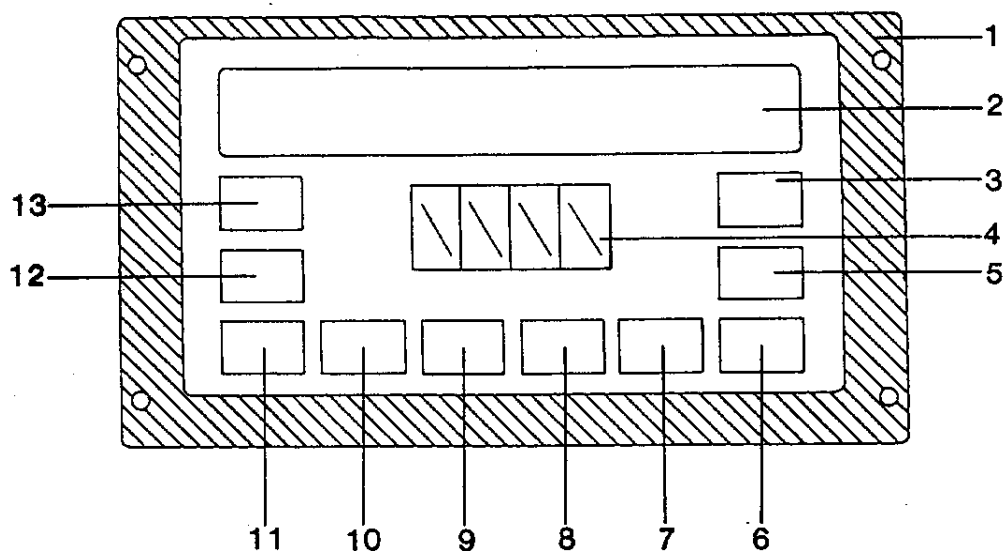
The measuring system Sensyflow P is suitable for flow measurement of gases

- with high accuracy
- over a wide measuring range
- with short response time
- with easy handling
- with fast installation without problems
- with high stability in continuous operation
- as direct mass flow measurement.

Sensyflow P, the solution for flow measurement of gases.

Device Description

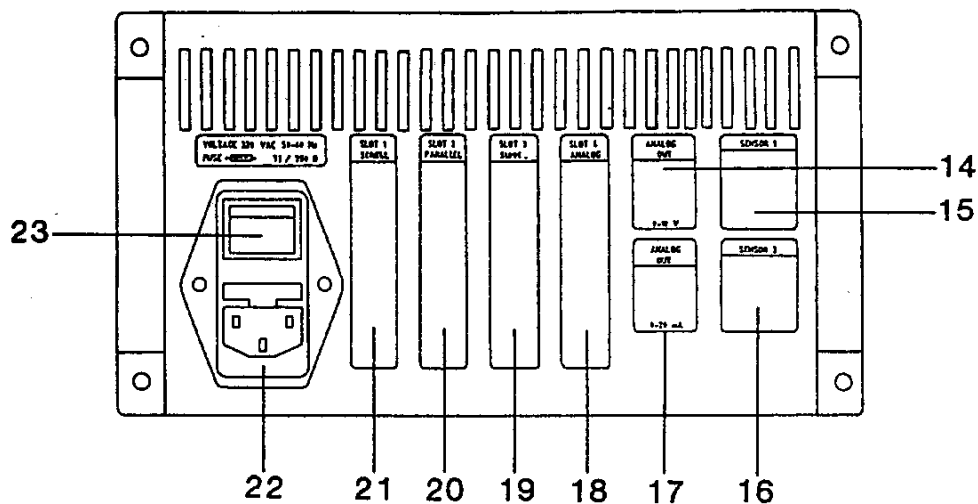
2. Device Description



Front

- 1. Housing
- 2. Digital display, "DISPLAY"
- 3. Option
- 4. Switch to adjust the measuring rate
- 5. Option
- 6. Switch to the second unit to be displayed, "UNIT-SELECT"
- 7. Switch between the measuring tubes "SENSOR-SELECT"
- 8. Acceptance of the adjusted measuring rate "SAMPLE-RATE"
- 9. "RESET"
- 10. Selection of the gas temperature "TEMP"
- 11. Option
- 12. Option
- 13. Option

Device Description



Back

- 14. Analog output 0 – 10 V via BNC-sleeve
- 15. Connection of measuring tube 1 (7-pole)
- 16. Connection of measuring tube 2 (7-pole)
- 17. Analog output 0 (4) – 20 mA via BNC-sleeve
- 18. Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "Analog Outputs"
- 19. Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "Totalizing"
- 20. Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "12-Bit Parallel Output"
- 21. Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "Serial Output"
- 22. Sleeve for 3-pole power-plug with internal fuse (see instruction at the back of the apparatus)
- 23. On/Off main switch

Commissioning

3. Commissioning

1. Connect the analyzing unit with the attached power cable to the supply voltage, permitted for this apparatus.

Please note!

With direct current operation the correct polarity of the connection has to be heeded. A reverse voltage protection prevents the destruction of the apparatus in case of incorrect connection.

2. Installation of the transmitter (measuring tube) into the metering pipe.
Here special attention must be paid to the correct fit of the conical flange joint and the flow direction.
3. Connect the transmitter (measuring tube) and analyzing unit with the transmitter cable (7-pole).
4. Switch on the measuring system by operating the on/off main switch at the rear of the apparatus.

Remarks:

- Prior to the actual measuring mode a self-test takes place, which switches all possible read-outs on the "display". After one minute the apparatus is ready for operation and after about half an hour it reaches the full measuring accuracy.
- The pre-adjusted measuring rate is $N = 100$. If another measuring rate is desired (option), one has to proceed acc. to chapter 6.2.1.
- After disconnection of probe and analyzing unit, for ex. after a change of probes, the "Reset" pushbutton has always to be pressed.
- The fault display "E 02" signals if no measuring tube is connected.
- If the fault display signals "E 11", the pushbutton "Temp" has been pressed without having applied a probe with temp. option, or a fault in the system has occurred.

Measuring Principle

4. Measuring Principle

Sensyflow P applies the principle of the hot-film anemometer. The basis of this method of measurement is to withdraw heat from a heated body by a gas passing this body. The flow-dependent cooling is used as measuring effect. The set-up of a hot-film anemometer with constant excess temperature is shown in fig. 1 schematically.

The heated detector (R_S) and the temperature resistor (R_T), specially designed robust and dirt-insensitive platinum thin-film resistors, are exposed to the gas flow (fig. 1).

An electrical control circuit mainly consisting of a resistor-bridge circuit and an amplifier controls the heating current I_S that way that the temperature of the resistor R_S stays constant compared to the temperature of R_T , i.e. the current I_S rises according to the rising flow rate because more heating power is dissipated. Therefore this current I_S is a measure for the power, dissipated by the flow.

The resistor R_T adopts the temperature of the fluid. Thus temperature changes of the gas are taken into account.

It is of crucial importance that the parameters of an ideal gas, which are relevant for the method of measurement, are not pressure dependent and temperature dependent only to a small degree. The small temperature dependency is compensated by the electronics. The electric power, produced in the resistance R_S compensates its loss of heat to the flow. Because this loss of heat is dependent of the number of particles which hit the heated surface of T_S , I_S represents a measure for the mass flow.

The sensor unit built into the measuring tube is shown in Fig. 2.

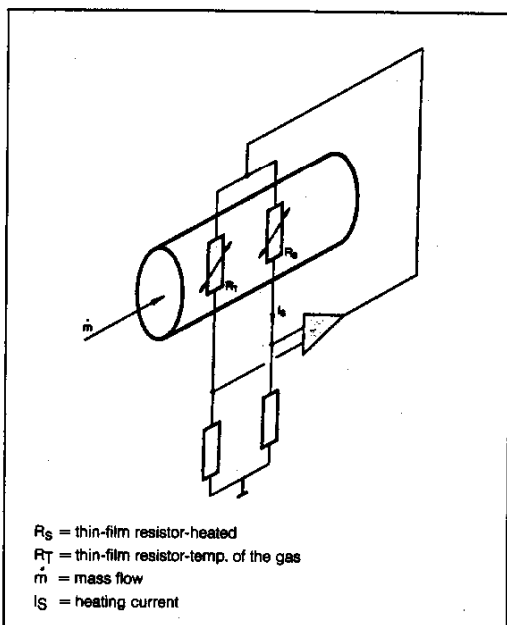


Fig. 1: Schematic presentation of the measuring principle

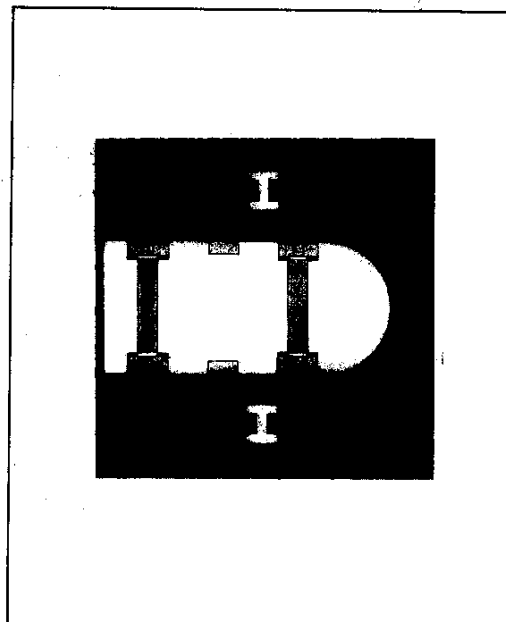


Fig. 2: Sensor unit with two thin-film resistors as sensor elements

Measuring Tube

5 Measuring Tube

The heated resistor is mounted together with the temperature-dependent resistance on a support in the measuring tube (fig. 2). By using a honeycomb/mesh arrangement in the measuring tube (fig. 3) the flow at the sensor elements is influenced in such a way that different upstream flow conditions have almost no effect on the measurement.

The sensor signal is amplified by the electronic circuitry attached to the measuring tube to a failsafe, mass-flow dependent current signal.

The measuring tube is available in the following nominal sizes:

probe	measuring range (air)	
DN 25	0(2)	60 kg/h
DN 50	0(10)	400 kg/h
DN 80	0(20)	720 kg/h
DN 100	0(40)	1200 kg/h
DN 150	0(80)	2400 kg/h
DN 200	0(200)	4000 kg/h

The value given in brackets shows the lower limit of the measuring range for which the given accuracy of the measuring value is specified.

The measuring ranges in further mass-resp. standard volume units can be taken from chapter "Technical Data", page 27.

In addition and as an option the measuring tube incorporates a temperature resistor (Pt100) with transmitter circuit (see chapter 6.2.3).

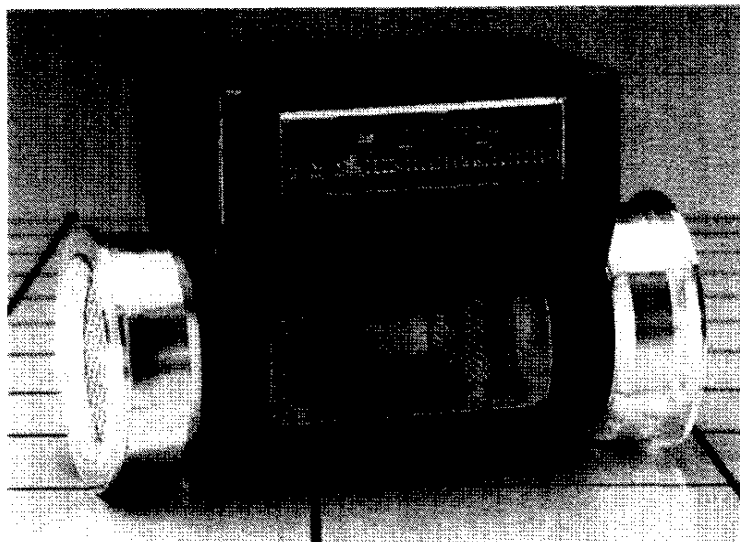


Fig. 3: Cut-away model of the transmitter (measuring tube).

Analyzing Unit

6. Analyzing Unit

The analyzing unit is carried-out in micro-processor technique. The transmitter signal is linearized and directly displayed as mass flow or standard volume flow (f. ex. in kg/h resp. m^3N/h). Due to the μ -processor only **one** analyzing unit is needed for any measuring tube size with standard measuring range.

The apparatus is available as 19" rack or as portable table-top unit for various supply voltages (see chapter "Technical Data" on page 25).

The measuring range of the respective transmitter is identified automatically when the measuring tube is connected.

A measuring range identification is necessary if 2 probes are connected (comp. chapter 6.2.4) and if the measuring signal has to be processed analogically. This measuring range assignment is available as a binary code at the sleeve: "Analog Outputs" (see pages 29 to 31).

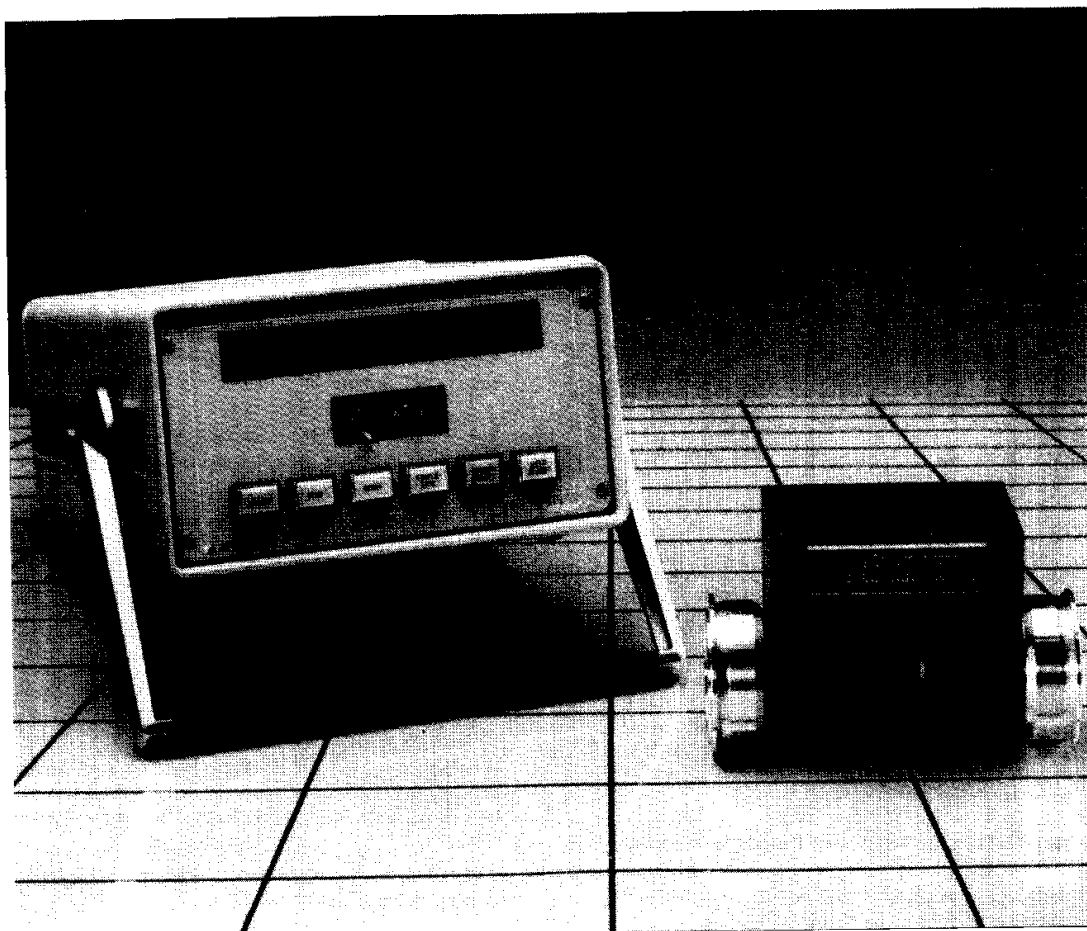


Fig. 4. Analyzing unit as portable table-top unit.

Analyzing Unit

6.1 Display unit (Display)

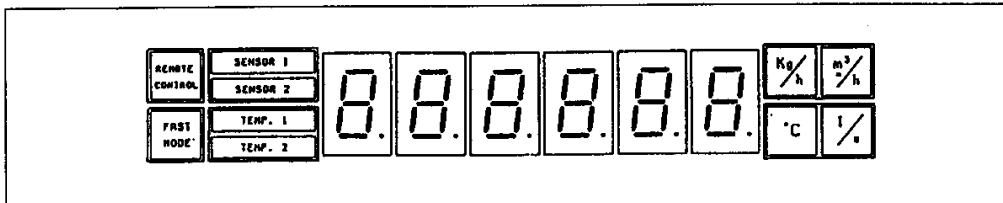


Fig. 5: Display of the analyzing unit.

- The 6-digit display has a max. value of 999 999
- The units for the indicated measuring value appear in the field on the right side of the digital display. They are indicated in kg/h as a standard. Indication in other units is possible (comp. page 27).
- The indication "SENSOR 1" is illuminated when probe 1 is chosen.
- The indication "SENSOR 2" is illuminated when probe 2 is chosen (compare chapter 6.2.4).
- The indication "TEMP 1" is illuminated when the temperature of the gas in probe 1 is interrogated.
- The indication "TEMP 2" is illuminated when the temperature of the gas in probe 2 is interrogated (comp. chapter 6.2.4).
- The indication "REMOTE-CTRL" is illuminated when the apparatus is used in the totalizing mode (comp. chapter 6.2.6).

6.2 Options

6.2.1 Adjustable Measuring Range

Often a time-average over an adjustable number of single measurements is of interest. The desired number of single measurements can be set with the selector switch at the front of the analyzing unit.

One period for a measurement cycle (time for a single measurement) comes up to about 3 ms. The average value of as many single measurements as adjusted is indicated and is available at the interfaces. In standard operation the apparatus automatically forms an average value of 100 single measurements, i.e. after switching on the apparatus resp. prior to the take-over of the adjusted measuring rate.

When the apparatus forms an average value of less than 100 single measurements the analog outputs and the 12-bit parallel interface will be served with the adjusted measuring rate. However the digital display and the serial interface still receive measuring values which represents an average value of 100 single measurements.

Selection of a measuring rate should to be proceeded as follows:

1. Select the desired measuring rate with the selector switch at the front of the analyzing unit.
2. Take-over the selected measuring rate by pressing the push-button "SAMPLE-RATE" on the display the selected measuring rate appears for a short time as an acknowledgement.

The following indicated measuring value is already the first averaged measuring value of N single measurements as selected.

Please note!

After switching-on the measuring system resp. after a "reset" the apparatus works — after having finished internal test routines — with a measuring rate of N = 100.

Example:

The average mass flow rate in a time interval of 3 sec is desired.

Which measuring rate has to be selected?

$$3 \text{ s.} = 3000 \text{ ms} = T$$

$$N = 1 = 3 \text{ ms} = t$$

$$\text{Set of selector switch} = N$$

$$N = \frac{T}{t} = \frac{3000}{3} = 1000$$

Thus the measuring rate has to be adjusted at the selector switch to N = 1000.

With the help of the 4-digit selector switch it is consequently possible to form an average value of the mass flow which represents an average value of up to 9999 single measurements.

If "0000" is selected, the period of measuring cycle will come only up to 1 ms (see chapter 6.2.1.1).

Summarized, this means that

- after adjusting a small measuring rate it will be averaged over a few single measurements and thus dynamic processes can be measured and registered.
- after adjusting a high measuring rate it will be averaged over many single measurements and thus undesired fluctuations are suppressed.

Analyzing Unit

6.2.1.1 Fast Measuring Rate

The mode of operation is selected to measure very fast, dynamic processes. The period of measuring cycle comes up to 1 ms, i.e. that each ms an actualized measuring value can be expected at the analog outputs and the 12-bit parallel interface (see also chapter 6.2.1.1).

Selection of this mode of operation should be proceeded as follows:

1. Adjust the measuring rate "0000" at the selector switch at the front of the analyzing unit.
2. Take-over this measuring rate by pressing the push-button "SAMPLE-RATE".

On the display "....." and the operation identification "FAST MODE" occur.

Please note!

To operate the basic setting of the apparatus again it has to be re-set (press the RESET-push-button) or to be switched on again. After having finished the internal test routines (while all indicators are illuminated on the display) the measuring system measures with the standard measuring rate adjustment of $N = 100$ again.

6.2.2 Analog Outputs

The 3 following analog outputs are available as options:

- 0 – 10 V
- 0 – 20 mA
- 4 – 20 mA

The analog interfaces are served with the measuring rate, which has been pre-set (compare chapter 6.2.1).

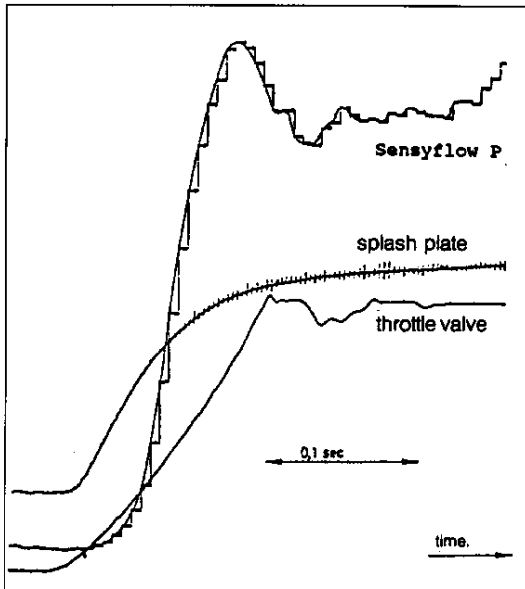


Fig. 6: Dynamic measurement; Comparison of Sensyflow P and splash plate concerning reaction time.

Further signal processing apparatus can be connected to the analog outputs, for example:

- recorder
- oscilloscope
- transient recorder
- process computer
- controller

Thus fast changing flow fluctuation can be made visible and can be registered.

The measuring system Sensyflow P was designed especially for applications where a fast response to changes of flow rate is necessary. Fig. 6 shows as an example the fast reaction of the measuring signal to the opening of a throttle valve, in comparison to the inert reaction of a splash plate.

If several successive instruments are connected to the outputs, they will have to be connected at the voltage output in parallel and at the current output in series (Fig. 7 and 8).

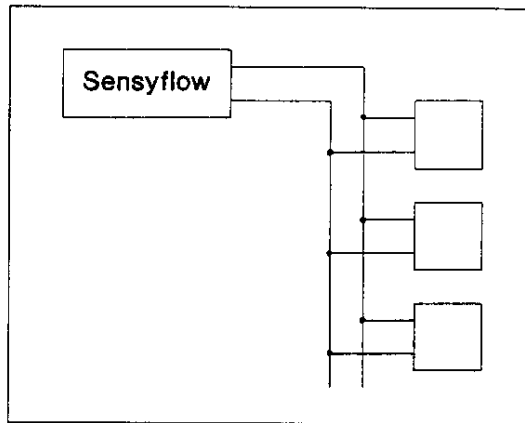


Fig. 7: Successive instruments at the voltage output

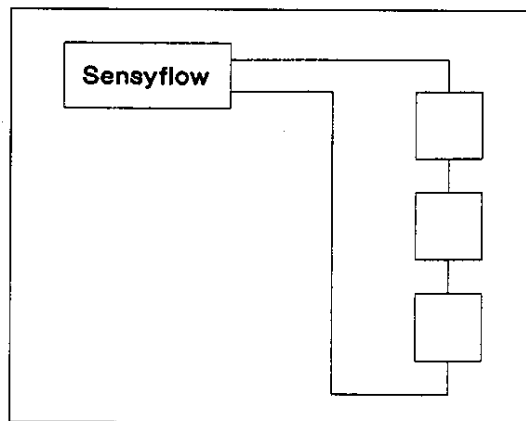


Fig. 8: Successive instruments at the current output

Voltage output: 0 – 10 V max. current carrying capacity 4 mA

Current output: 0 – 20 mA max. load resistance 550 Ω
4 – 20 mA max. load resistance 550 Ω

Connection: – BNC-sleeve (see page 28)
– D-SUB-sleeve (see page 29)

Analyzing Unit

6.2.3 Temperature Measurement

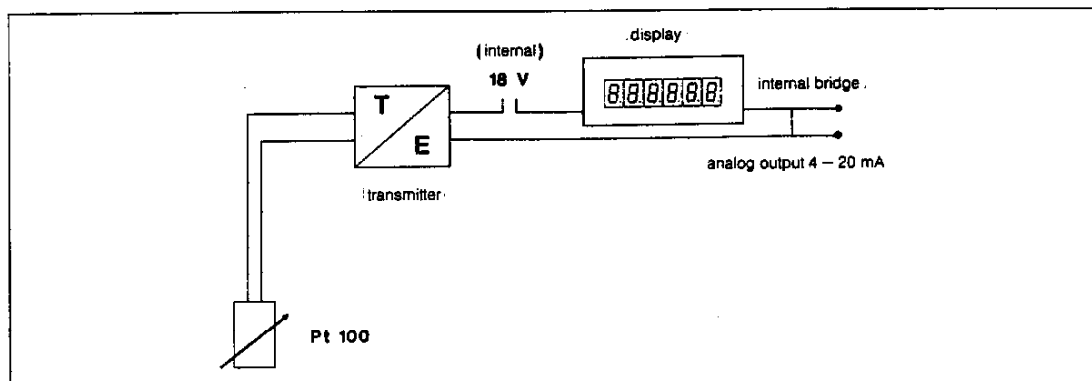


Fig. 9: Temperature measurement of the gas

By installing an additional measuring resistor (Pt100) into the measuring tube it is possible to determine the temperature of the gas.

The temperature of the gas is indicated on the display after pressing the pushbutton "TEMP". After pressing the pushbutton again the apparatus returns to the original mode of operation (flow measurement).

Measuring Principle:

The resistance signal of the Pt 100 is already transformed in the measuring tube into a temperature proportional 4 – 20 mA current signal and is indicated on the display as temperature in °C. If the temperature signal has to be used, electrically a bridge inside the apparatus must be opened (in the factory). In this case it is necessary to close the circuit outside of the apparatus, for ex. with the help of a display unit or recorder. The maximum permitted load comes up to 120 Ω. During the temperature measurement the respective flow signal is not available at the interfaces.

This temperature-proportional 4 – 20 mA signal is available (with bridge opened in factory) at the pins 11 and 24 (resp. 12 and 25 at 2-probe operation) (compare page 29).

Technical data of the Pt 100:

Response time in air at v = 1 m/s:	$\tau_{50} = 3 \text{ s}$
	$\tau_{90} = 10 \text{ s}$
measuring range	: -20 to +100 °C
measurement uncertainty at ambient conditions	: +/-0,4 °C

6.2.4 Two-Probe-Operation

Two probes of any nominal size can be connected to the analyzing unit at the same time. Both probes (e. g. DN 25 and DN 150) are permanently operable. The measuring values of the probe chosen at the pushbutton "Sensor-Select" are indicated on the display and are optionally available as a digital and / or analog signal (see chapter 6.2.2 and 6.2.5).

To select the desired measuring tube one proceeds as follows:

Press the pushbutton "Sensor-Select" until the desired probe is chosen.

1. on the display by "Sensor 1" and / or
2. with the help of the coding at the 25-pole D-SUB-sleeve (see pages 29 to 31).

6.2.5 Digital Interfaces

The digital interfaces transmit the same mass flow value as the analog output and make possible a direct connection to digital systems without loss of accuracy by additional conversion. All signal leads of the digital interface are electrically isolated.

Electric isolation

The electric isolation is achieved by an optical isolator. An optical isolator consists of a light-emitting diode and a photo-transistor (Fig. 10).

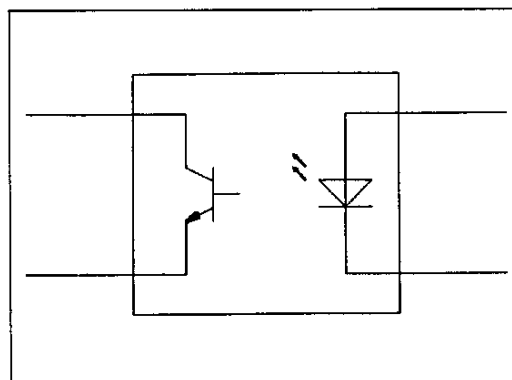


Fig. 10: Optical isolator

Analyzing Unit

6.2.5.1 12-Bit-Parallel Interface

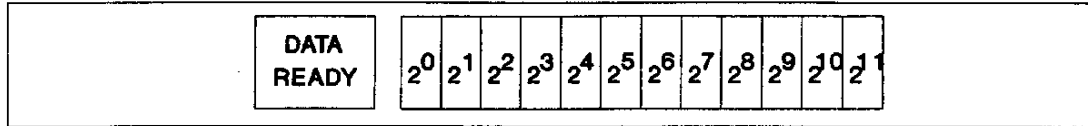


Fig. 11: 12-bit data word with DATA-READY-BIT

The flow value is available as binary-coded, parallel 12-bit data word (electrically insulated, with DATA-READY-BIT) (Fig. 11). The digital output represents the average mass flow rate \dot{m} as 12-bit-binary data word. To be able to identify the validity of the data word an additional DATA-READY-BIT is used.

The data bits are set acc. to the negative logic. If the DATA-READY-BIT is logic 1, the data will be valid.

A complete edge change of the DATA-READY-BITS resembles a change of the data word from the "old data" to the "new data". The data bits may only be interrogated when the DATA-READY-BIT has been set on logic 1.

The impulse diagram shown in Fig. 12 represents the change of signal of the DATA-READY-BIT and the DATA-BIT.

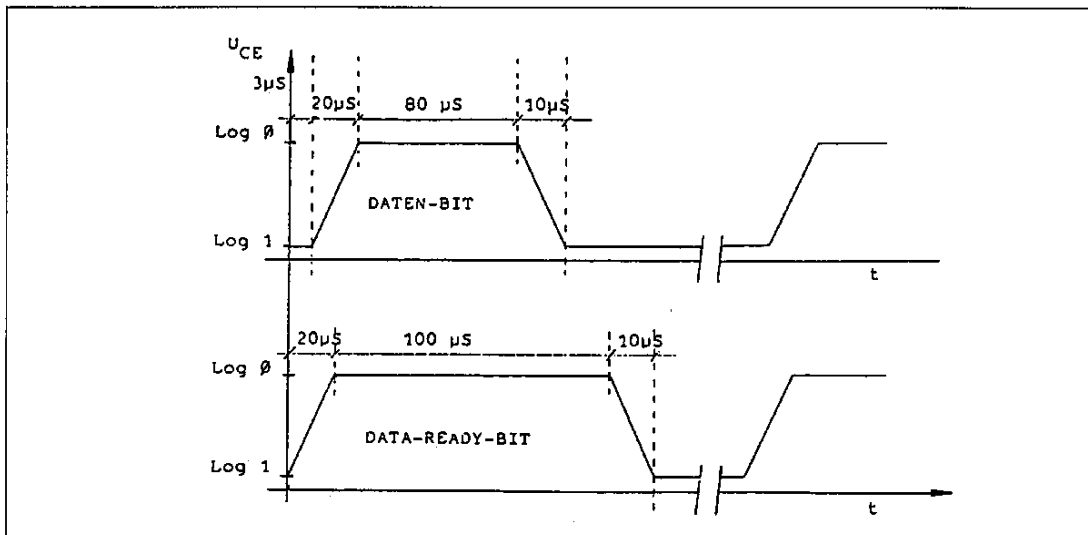


Fig. 12: Voltage characteristic at the collector-emitter of the open-collector output

6.2.5.2 Serial Interface

General

The serial interface (V 24/RS 232 C) enables the digital transmission of measuring values as well as the control of all possible operator functions of the analyzing unit (bidirectional communication).

Only three leads are necessary to exchange all signals between the communicating systems. Bit by bit the addresses, data and control informations must be transferred. There can be distinguished synchronous and asynchronous serial interfaces.

Synchronous Serial Data Transmission

At certain intervals the sender puts an additional synchronization mark into the data flow. At the receiver this mark will be identified by a special logic and so eventual shifts can be

corrected until synchronization has been established between sender and receiver.

Asynchronous Serial Data Transmission

The transmission of data in small units of identical length without additional clock information is called asynchronous clock-free data communication.

Between sender and receiver the conditions of the transmission must be pre-arranged like f. ex.:

- transmission rate (baud rate)
- wordlength
- number of start – and stop-bits (format)
- bit-assignment
- signal voltage

This kind of signal transmission is very safe and thus technically used most widely. => RS 232 C, V 24

Analyzing Unit

Serial Output

1. Connector Pin Assignment

The flow measuring value is available as a serial signal via a 25-pole-sleeve at the back of the analyzing unit (Fig. 13).

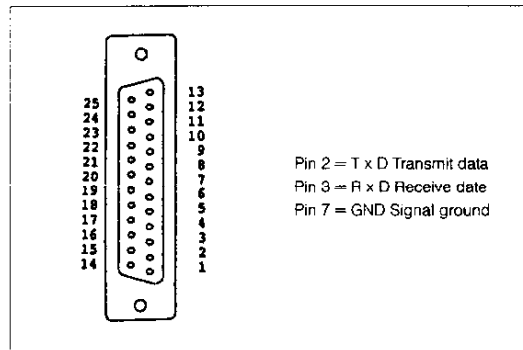


Fig. 13: 25-pole D-SUB-Sleeve of the serial interface.

2. Electric Characteristics

The voltage levels of the sender and receiver data correspond with the EIA (Electronic Industries Association) RS 232 C standard and are electrically insulated from the supply voltage of the analyzing unit (Fig. 14).

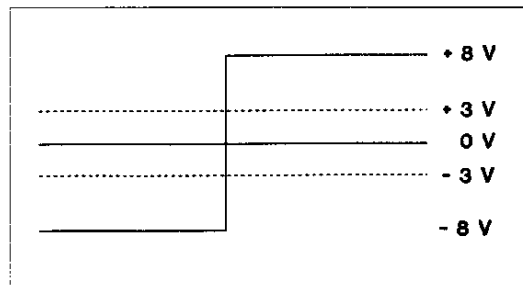


Fig. 14: Voltage levels of the sender and receiver data.

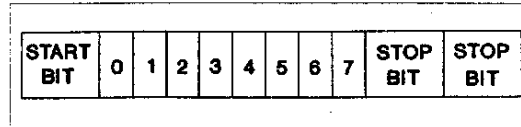


Fig. 15: Data format

3. Data Format

The data transmission takes place bidirectionally in the ASCII-code (American Standard Code for Information Interchange).

An asynchronous data format with one START- and two STOP-bits is used (Fig. 15).

The analyzing unit is ready to receive right after switching-on and has got a factory-adjusted baud-rate of 9600 bit/s.

Please note!

All following listed control characters are transmitted but not indicated on a monitor which may be used.

The following software description refers to the versions 7.10 and 7.11 (without totalizing measurement).

Translation table for applied control characters

short symbols	identification	corresponding Hex-code	corresponding Decimal-code
EOT	End of Transmission	04	04
LF	Line Feed	0A	10
CR	Carriage Return	0D	13
CLS	Clear Screen	1A	26
IV	Inverse Video	1B, 47, 34	27, 71, 52
DV	Default Video	1B, 47, 30	27, 71, 48

Analyzing Unit

Instruction List

With the help of the input command XB_{CR} the instruction list can be polled. If a monitor is connected the following text will appear:*

command	description
CLS	
instruction list	
<XR>	resets analyzing unit CR, F
<XTT>	sends general information CR, LF
<XB>	sends instrument list of interface CR, LF
<XF>	sends error-table CR, LF
<XS>	sends permanent flow value in desired unit CR, LF
<XH>	stops output <XS> and releases interface CR, LF
<XE>	sends just one measuring value CR, LF
<XA>	sends totalized value of the mass/nominal volume in grams/litre after the STOP-bit has been set (externally triggered) CR, LF
<XZ>	changes the measuring rate of display and analog output CR, LF example: <XZ 0100 CR>; <XZ 0005 CR>!!! It must be a 4-digit cycle number CR, LF
<XSR>	interrogates the selected sample-rate. CR, LF
<XUO>	selects the first unit: kg/h. CR, LF
<XU1>	selects the second unit: f. ex. Nm ³ /h. CR, LF
<XSW1>	switches sensor 1 to the analyzing unit. CR, LF
<XSW2>	switches sensor 2 to the analyzing unit. CR, LF
<X\$>	sends length of the single strings. CR, LF
<XTR>	sends the last measured value of temperature. If no transmitter is connected the display wil show E11, in case of damage of the Pt 100 E12 CR, LF
<XT1>	switches temperature measurement sensor 1, the values will be sent after XTR; CR, LF
<XT2>	switches temp. measurement sensor 2, the values will be sent after XTR. CR, LF, EOT

*All following listed control characters will be transmitted but not indicated on a monitor, which may be used.

Listing of the telegrams being ordered by command

Command	Answer-telegram
XE CR	MF:0.44.30 kg/h sensor 1 NW25 CR, LF, EOT sends single measurement value
XE CR	MF: 044.30 kg/h sensor NW 25 CR, LF, EOT sends continuously
XE CR	MF: stops continuous sending and releases sender (no feedback)
XH CR	stops sending mode and releases sender
XZ0400 CR	CLS The sample rate is now 400 CR, LF, EOT
XZ0000 CR	CLS The analyzing unit is with fast mode CR, LF The display is not operable CR, LF Each measuring value is sent to the analog output CR, LF Certain switching operations are not operable CR, LF and can only be altered at the front panel CR, LF, EOT.
XTT CR	General information concerning the interface are transmitted (see page 16)
XTR CR	T = 035.4 ° C. CR, LF, EOT
XA CR	CLS SU: 12309 gram sensor 1 NW 50 CR, LF, EOT
XSR CR	CLSSR1: 0100 measuring cycles/SR2: 0001 measuring cycle CR, LF, EOT
XR CR	forces a software-reset (no feedback)
XSW1 CR	CLS probe 1 is switched CR, LF, EOT
XSW2 CR	CLS probe 2 is switched CR, LF, EOT
XT1 CR	CLS the temperature of the gas at probe 1 is measured CR, LF
XT2 CR	CLS temperature of the gas at probe 2 is measured CR, LF, EOT
XB CR	the complete command list is transmitted (see page above)
XF CR	complete error table is transmitted (see page 16)
XUO CR	CLS the unit is now kg/h CR, LF, EOT
XU1 CR	CLS the unit is now Nm ³ /h at 20 °C CR, LF, EOT
X S CR	string table is transmitted (see page 16)

Analyzing Unit

General Information

With the help of the input command XTT CR general informations can be polled via the interface. If a monitor is connected the following text* will appear:

CLS, IV General Information CR, LF
 vers. X.XX CR, DV, LF

program Sensyflow P: CR, LF

digital interfaces 15 bit output + data-ready
 12 bit digital-out/opt. coupled CR, LF

serial interface: FS 232/V 24 CR, LF

command list serial interface: <XB> CR CR, LF

analog interface: 0-10 V or 0-20 mA/4-20 mA, CR, LF

digital coding of the sensor dimension CR, LF for ex. NW 25 sensor 1 CR, LF
 1010 1100 binaric CR, LF

change of the measuring rate via BNC-sleeve
 for display and analog output: CR, LF
 measuring rate for display: 0100-9999 measuring cycles CR, LF
 measuring rate for analog output: 0001-9999 measuring cycles CR, LF
 fast-mode: display will not be served, each measuring value will be given to analog output CR, LF

temperature-option: measuring range: -20..+100 ° C CR, LF

2-probe-operation: switching of 2 sensors CR, LF, EOT

*note: All following listed control characters will be transmitted but not be indicated on a monitor which may be connected.

Error Table

With the help of the input command XF CR the error table can be polled. If a monitor is connected the following text will appear:*

CLS
 error table "Sensyflow P" CR, LF

999999	—————>	Measuring value => Measuring range (standard operation) CR, LF
E02	—————>	no probe connected CR, LF
E03	—————>	overrun of the summation register CR, LF
E04	—————>	a measuring value > MOG of the probe CR, LF
E11	—————>	no transmitter connected CR, LF
E12	—————>	damage of Pt100 sensor CR, LF
E13	—————> CR, LF
E14	—————> CR, LF
E15	—————> CR, LF
E16	—————> CR, LF
E17	—————> CR, LF
E18	—————> CR, LF
E19	—————> CR, LF
E20	—————> CR, LF, EOT

*Note: All following listed control characters will be transmitted but not indicated on a monitor, which may be used.

Table: Length of the transmitted strings

With the help of the input command X\$CR the string-table can be polled. If a monitor is connected the following text will appear:*

CLS
 Length of the transmitted string: CR, LF

	Length in Hex	Length in Decimal		Length in Hex	Length in Decimal
<XTT>	03AD	941 characters CR, LF	<XTR>	0012	18 characters CR, LF
<XB>	0421	1057 characters CR, LF	<XU0>	0022	34 characters CR, LF
<XF>	02C6	710 characters CR, LF	<XU1>	002F	47 characters CR, LF
<XS>	0020	32 characters CR, LF	<XSW1>	001B	27 characters CR, LF
<XH>	resets the interface CR, LF		<XSW2>	001B	27 characters CR, LF
<XE>	0020	32 characters CR, LF	<X\$>	03AD	941 characters CR, LF
<XA>	0020	32 characters CR, LF	<XT1>	0034	52 characters CR, LF
<XZ>	0025	37 characters CR, LF	<XT2>	0034	52 characters CR, LF
<XSR>	002A	42 characters CR, LF			

Remarks: 1) XS is sending permanently
 2) Each command must be closed by CR CR, LF, EOT

Analyzing Unit

The following points have to be observed concerning the serial transmission:

- For selecting the measuring rate (see chapter 6.2.1) always 4 digits have to be entered, for ex. for the sample rate 50 the command XZ__50 CR.
- In the case of permanent sending mode no other mode can be selected via the serial interface. The "RS 232 C" is blocked and can only be released by the command XHCR.
- During operation of the measuring apparatus there is no competition between the serial interface and the keyboard on the front panel. No priority circuit is provided.

- During the FAST-MODE operation all values and tables, listed in the memory can be polled over the serial interface (texts, temperatures, lists etc.).

In this period of time (execution) the FAST-MODE operation is interrupted (the analog value remains constant).

After completion of the execution the FAST-MODE-operation will be continued.

With the commands XR_{CR} or XZ_{CR} this mode can be left again.

Connecting to Data Processing Systems

- ✓ The analyzing unit is operated as DTE (Data Terminal Equipment).

For the connection to a DCE (Data Communication Equipment) a 1 : 1 pin assignment of the interface lead is necessary (Fig. 16 a).

For the connection to a DTE the pin assignment 2 has to be exchanged with 3 on one side of the interface lead. (Fig. 16 b).

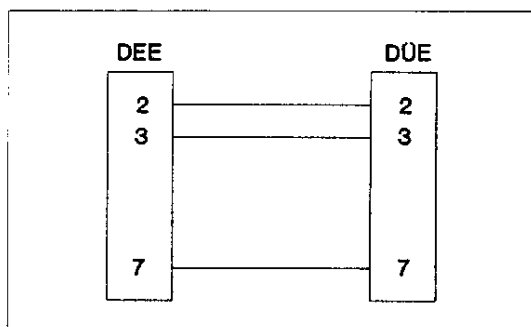


Fig. 16 a

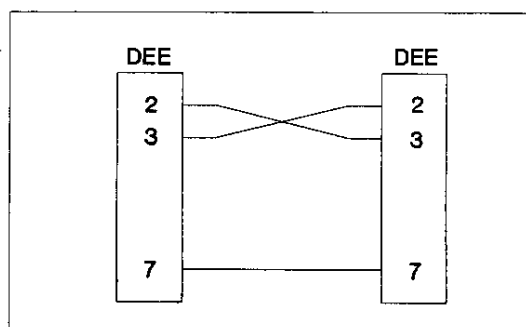


Fig. 16 b

6.2.6 Totalizing Measurement

This mode of operation is used to determine the air mass which flows through the measuring type during a defined externally triggered measuring time.

The result is displayed digitally and can be read out via a serial interface resp. via a 15-bit parallel interface (binary-coded, electrically insulated (see page 32)).

The unit of the totalized value is gram or standard litre.

The measuring time T_m is determined by the external START/STOP-signal at "REMOTE-CTRL"-input. The START-signal (falling edge at the "REMOTE-CTRL"-input) initiates the switch to the special mode of operation and the start of the measurement.

- ✓ The STOP-signal, i.e. the end of the measurement is initiated by a rising edge at the "Remote-CTRL"-input (see Fig. 17 and page 32).

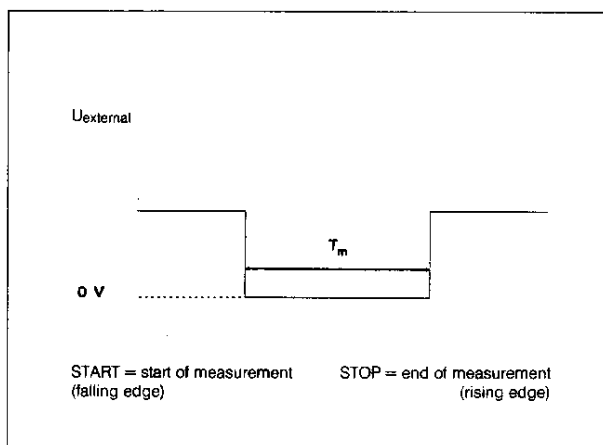


Fig. 17: Voltage states at the "REMOTE-CTRL"-input

Analyzing Unit

During this special operation the "REMOTE-CTRL"-indication (RC) is illuminated on the left side of the 6-digit LED-readout on the display. The 6-digit LED-readout is blanked and the measuring rate setting is not operable. At the analog output there is the actual flow value continuously available during this time (measuring rate $N = 1 = 1$ ms; compare chapter 6.2.1).

Please note!

If during the special operation there is at least one single measuring value above the calibrated measuring range, all DATA-bits and the DATA-READY-BITS will be set after recognition of the STOP-signal. After return to the standard operation 999999 appears on the display in the first instance before the standard operation will be continued.

Presentation of the totaled value

The totaled mass flow value can be presented in three different ways:

- a) indication on the display
- b) via 15-bit-parallel interface
- c) via serial interface (RS 232 C/V 24)

re a): "a" is normally combined with "b" or "c". The time period the totaled value can be seen depends on 2 factors:

- a fixed "read-out time", about 5 s.
- the set measuring rate (compare chapter 6.2.1)

The result will be indicated in gram (g) or standard litre (l_N).

- re b): After the STOP-signal the massflow value m as a digital 15-bit-binary signal and the DATA READY BIT are available for about 15 s at the digital output. You can see the pin-assignment in the drawing on page 32. The measuring value m is given in the unit gram (g) or standard litre (l_N). After about 5 s it will be switched over automatically to the standard mode of operation.
- re c) The START/STOP-signal here is also active via Pin 23 and 24 of the 25-pole D-SUB-sleeve like in the 15-bit-interface (see page 5 and 32). After the measurement is finished the totaled value is stored. With the command XA_{CR} it can again be interrogated.

Technical data concerning special mode of operation "Totalizing Measurement,"

All signal leads of the digital in- and outputs are optically decoupled. The outputs are connected as "Open Collector" (see page 32).

Permitted measuring time T_m :	$(10 \text{ s} \leq T_m \leq 115 \text{ s})$
Fault by measuring interval:	0.05 % at $T_m = 100 \text{ s}$ 0.15 % at $T_m = 10 \text{ s}$
Uncertainty of the air-mass measurement:	$\pm 2 \%$
Necessary auxiliary supply U_{external} :	5-24 DC ($I = 20 \text{ mA}$ at 20 V)

The maximum permitted measuring time depends on mass flow (Fig. 18).

The measuring range of the totalizing measurement is limited by 2 parameters:

- 1) measuring time $T_m : 10 \text{ s} \leq T_m \leq 115 \text{ s}$
- 2) totaled mass value $m : m \leq 32767 \text{ g } ((2^{15} - 1) \text{ g})$.

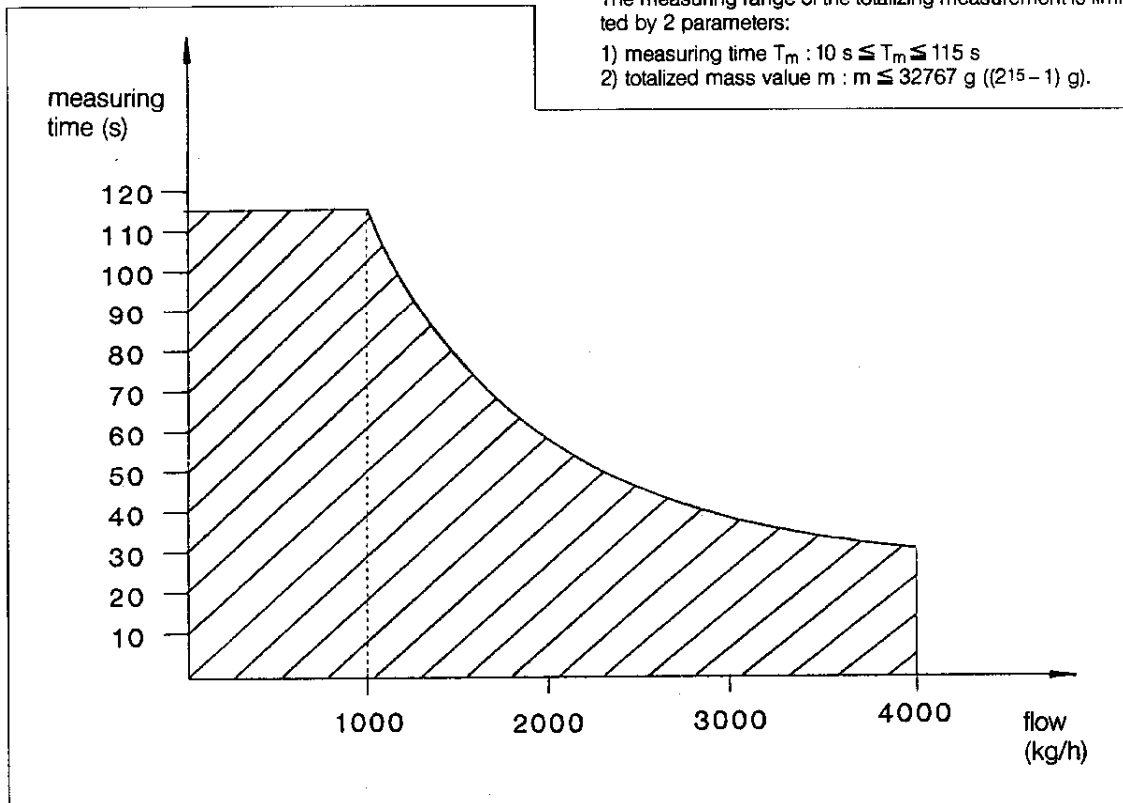


Fig. 18: Measuring range of the totalizing measurement

Measuring Set-Up

7. Measuring Set-Up

In the construction of the measuring tube special attention was paid to secure the greatest possible measuring accuracy combined with easy handling. But to achieve the maximum absolute accuracy and reproducibility here also some marginal requirements also have to be observed.

The maximum accuracy of the measurement is guaranteed if the metering pipe was calibrated together with the probe. (accuracy: $m = \pm 1\%$ of the measuring value can be achieved).

A combination of honeycomb and mesh determined by way of calculation and experimentally causes a good stabilization of flow, so that the upstream flow conditions will have only a minor influence on the probe characteristic.

The measuring tubes are calibrated in horizontal mounting position and show only a minor signal-dependency on the orientation (smaller than 0.5%).

An optimal construction of the metering pipe is presented in Fig. 19.

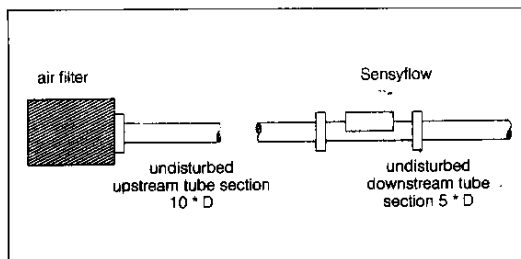


Fig. 19: Preferred mounting of a metering pipe with Sensyflow P.

Instructions for the measuring set-up

- The flow direction of the gas to be measured must correspond with the arrow on the probe.
- If a suitable air filter is applied (see chapter 10) a good gas inlet as well as high operational reliability in non-stop operation even under difficult application conditions will be achieved.
- Reverse flow and pulsations can be reduced or fully compensated connecting a buffer volume upstream the probe.
- If an optimal measuring set-up is not possible because of space requirements (for ex. during test in a car), the measuring tube can also be installed with simple devices (rubber joint). Even with a set-up like this the apparatus shows good measuring result.

The measuring tube and all original accessories are constructed that way that they can be adapted very simply by means of cone-flange-couplers (Fig. 20).

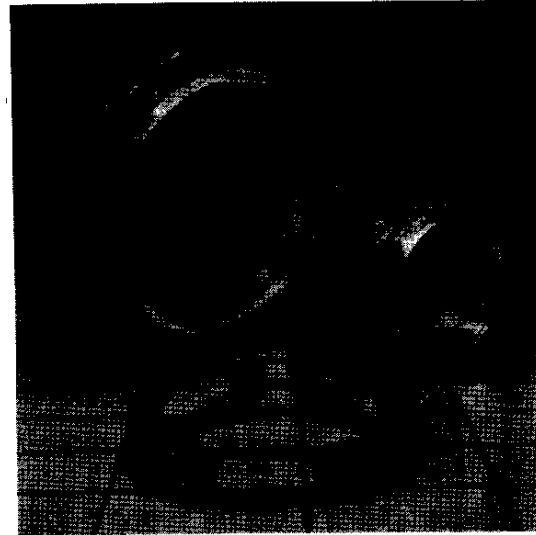


Fig. 20: cone-flange connections

Possibilities for adaption:

- NW 25, 50, 80, 100: cone-flanges will be tightened centrally with a pipe clamp (vacuum tightening technique).
- NW 150, 200: cone-flanges will be tightened centrally with a clamping chain.

Instructions for Application

8. Instructions for Application

To guarantee a gas mass-measurement with as few problems as possible the following instructions additional to the points listed in chapter 7 have to be observed:

- The measuring tube should not be installed in heavily vibrating locations. In this case we recommended an adaptor with a rubber joint in order to decouple the vibration. The honey-comb should be protected against mechanical damage.
- Although the measuring system is dirt-resistant, special particles (fibres) could impair the measuring accuracy. For this reason we recommend the use of an air filter out of our accessories programme (compare chapter 10).
- To assure interference-free signal processing, only the original probe cables should be used.
- With the gas-mass measuring apparatus Sensyflow P not only air can be measured but also other gases. But the apparatus **is not** permitted without further certification for the application in areas with explosion hazard.

Please contact our staff from our System's Application Department prior to application with gases other from air.

Calibration

9. Calibration

The basis of each statement on possible error is the capability to carry out a calibration with distinctive higher accuracy. Our flow test bench for gases has been constructed after the model of the "Physikalisch-Technischen Bundesanstalt" (PTB), which allows us to conduct measurements with highest available accuracy.

Specified measuring points defined by critical flow nozzles as standards (PTB-calibrated) are automatically adjusted and recorded. This installation, which is also part of our delivery programme, has got a measuring inaccuracy of max. 0.4% (Fig. 21).

SENSYCON is member of the German Calibration Service (Deutscher Kalibrierdienst DKD) No. 5701.

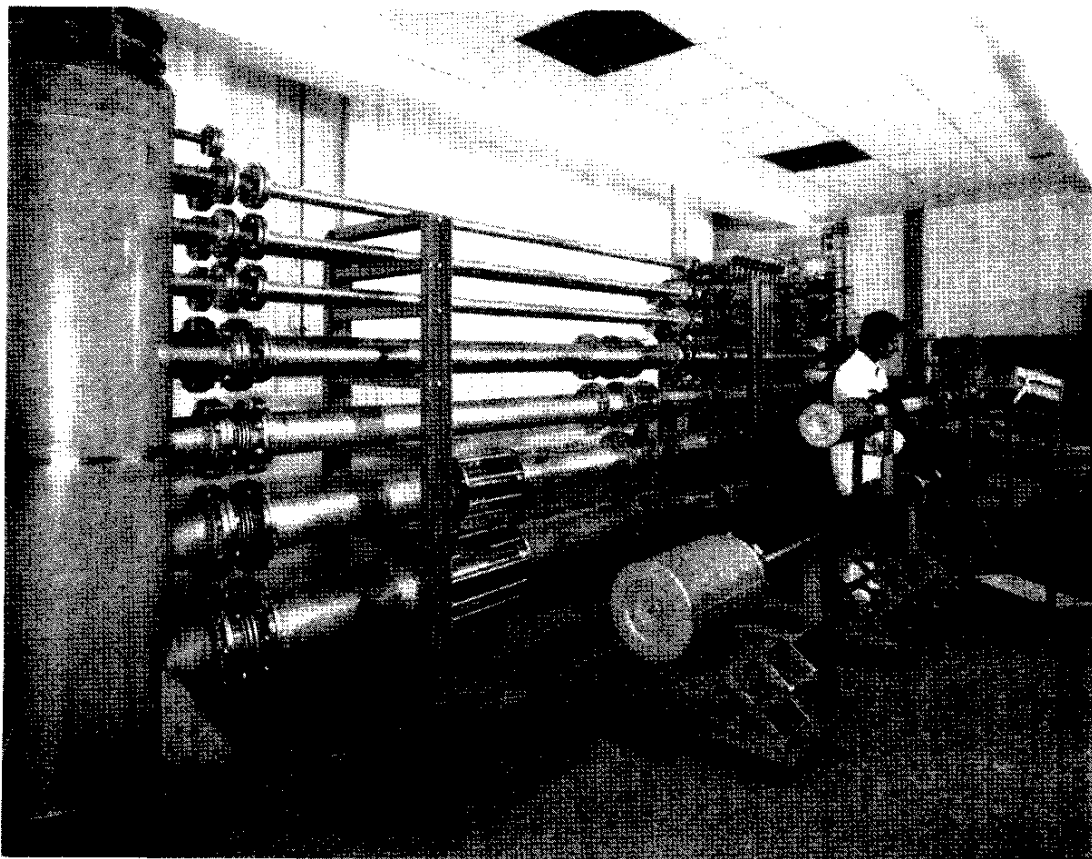


Fig. 21: DKD calibration no. 5701

Accessories

10. Accessories

In order to simplify the installation of our measuring system to the user we recommend to apply approved components from our extensive accessories programme (Fig. 22). Tubes of different lengths as upstream or downstream tube sections are available which can be combined with an air filter:

We recommend an undisturbed upstream tube section of $10 \times D$, a downstream tube section of $5 \times D$ and the application of an air filter (this combination represents our calibration set-up). "D" = tube diameter.



Fig. 22. Products with various diameters and accessories.

268

Technical Data

11. Technical Data

Approximate values for applications with air at atmospheric conditions are given. The values between brackets show the lowest limit of the measuring range for which the given accuracy of the measuring value is specified.

nominal width DN	measuring range
25	0 (2) – 60 kg/h
50	0 (10) – 400 kg/h
80	0 (20) – 720 kg/h
100	0 (40) – 1200 kg/h
150	0 (80) – 2400 kg/h
200	0 (200) – 4000 kg/h
Accuracy: (incl. hysteresis and non-linearity)	1.5% of scale resp. 2% of the measured value; the smaller value of both is valid
Reproducibility:	0.5% of scale resp. 1% of the measured value; the smaller value of both is valid
Pressure drop:	see Fig. 23.

Technical Data

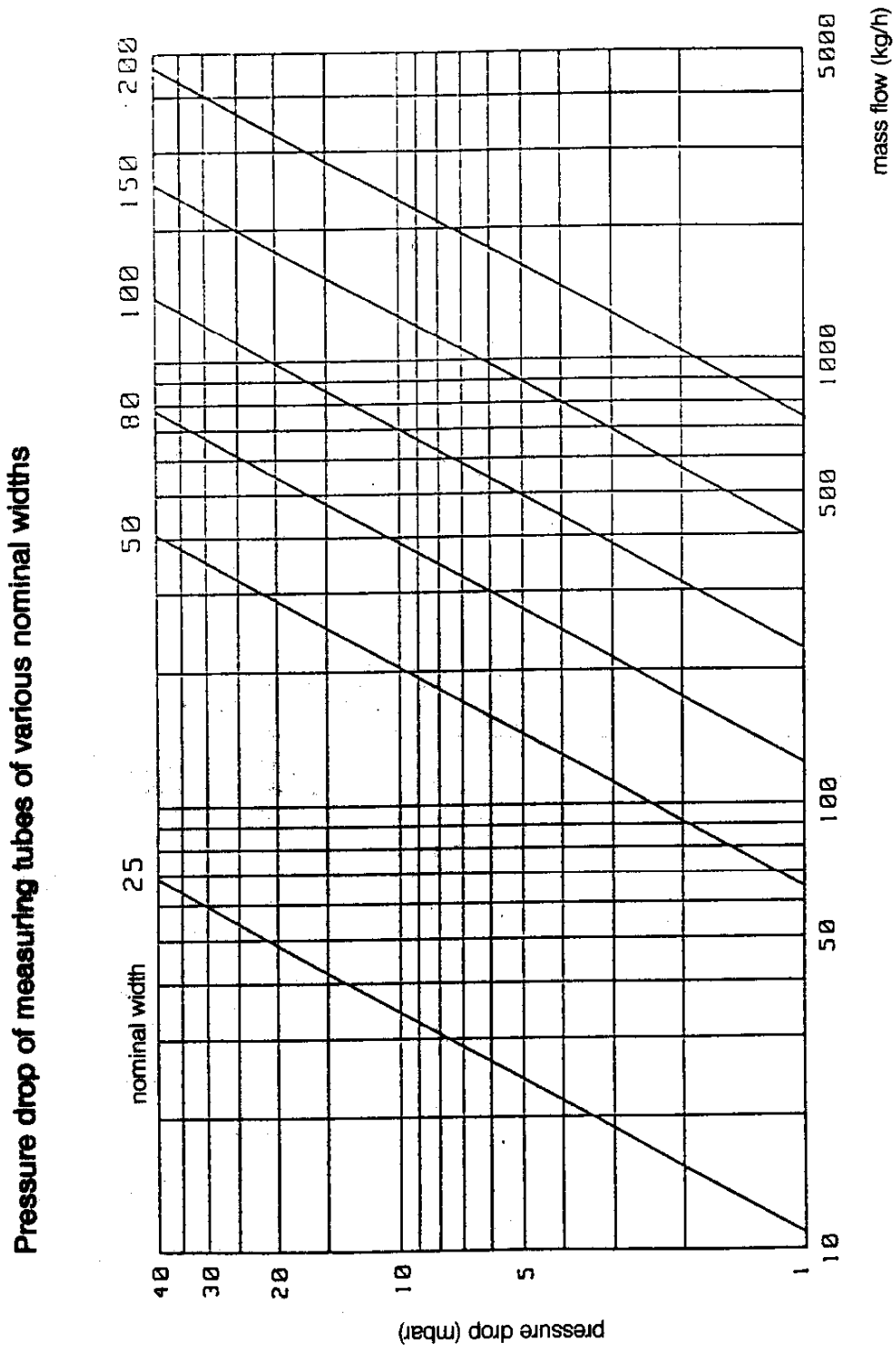


Fig. 23: Pressure drop of measuring tubes of various nominal widths.

Technical Data

Electrical connection parameters

Auxiliary power of the analyzing unit: 220 V AC
110 V AC
24 V DC
220 V AC and 12 V DC
in 19" rack-mounting box

Power consumption
analyzing unit: 38 W

Power-/current consumption
transmitter: 10 W / \leq 600 mA

Output signals:

analog:
0 – 10 V max 4 mA
0 – 20 mA load 550 ohm
4 – 20 mA load 550 ohm

digital parallel:
12-bit-binary, electrically isolated

digital serial:
V 24/RS 232 C, electrically isolated

Material

measuring tube, upstream tube sections:	aluminium resp. GFK
honeycomb:	aluminium (3% chrome)
meshes:	stainless steel (1.4301)
support of the sensor elements:	Raython R-4 (PPS)
mounting clips of the sensor elements:	brass, gold-plated

Technical Data

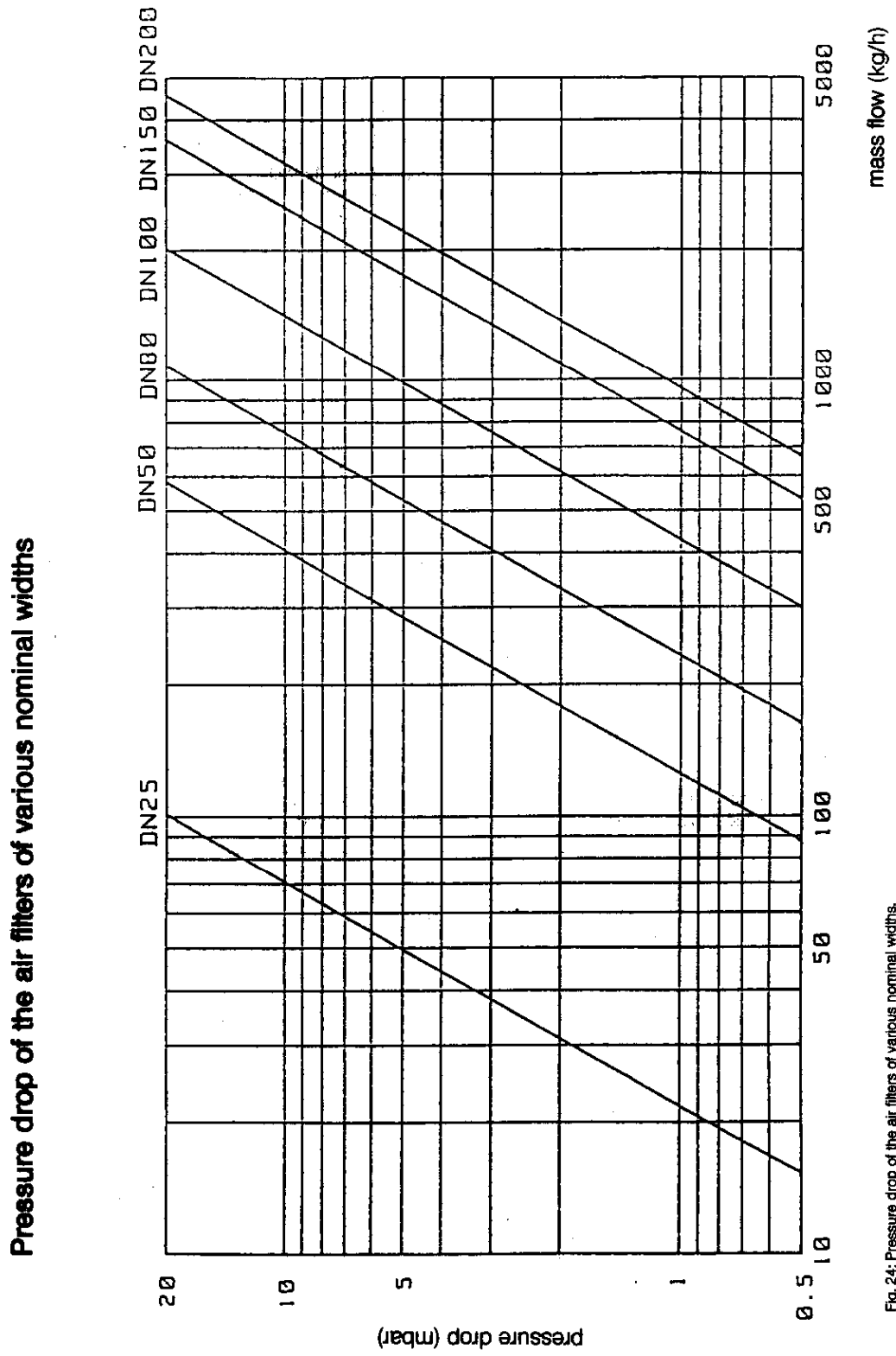


Fig. 24: Pressure drop of the air filters of various nominal widths.

Technical Data

Unit tables for further mass-/standard volume-units

The possible units and upper limits of the measuring ranges for the resp. nominal widths are listed in the following table. The standard unit is kg/h.

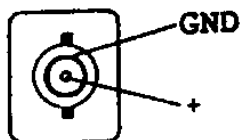
Max. flow rate (upper limits of measuring range)

Unit	NW 25	NW 50	NW 80	NW 100	NW 150	NW 200
kg/h	60	400	720	1200	2400	4000
g/sec.	15	100	180	300	600	1000
m ³ /h (0 °C T _{ref.})	45	300	540	900	1800	3000
m ³ /h (20 °C T _{ref.})	50	333.3	600	1000	2000	3333
ltr./sec. (0 °C T _{ref.})	12	80	144	240	480	800
ltr./sec. (20 °C T _{ref.})	13.5	90	162	270	540	900
ltr./min. (0 °C T _{ref.})	750	5000	9000	15000	30000	

Two of the units listed above can be selected as an option by the switch "UNIT-SELECT" at the Sensyflow analyzing unit (comp. page 4).

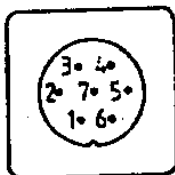
Technical Data

BNC-outputs (compare page 5)

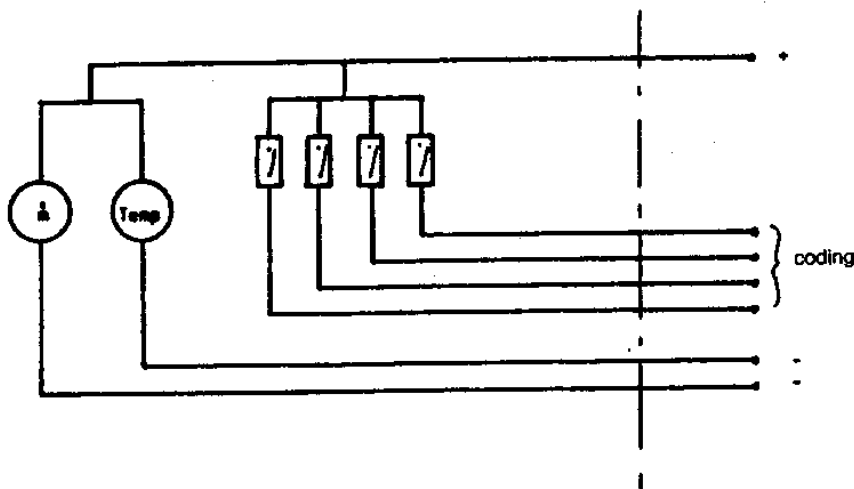


current output: 0 (4) – 20 mA
 voltage output: 0 – 10 V

Probe outputs 1 + 2 (compare page 5)



- 1 = temp. signal
- 2 = flow signal
- 3 = supply voltage (+ 18 V)
- 4 = probe coding 20
- 5 = probe coding 21
- 6 = probe coding 22
- 7 = probe coding 23



Technical Data

Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "Analog Outputs" (comp. page 5)

Pin	assignment	Pin	assignment
1	GND	14	I_{out} GND
2	$I_{out} +$	15	U_{out} GND
3	$U_{out} +$	16	GND
4	measuring tube coding*	17	measuring tube coding*
5	nominal width coding*	18	nominal width coding*
6	nominal width coding*	19	nominal width coding*
7	free coding	20	free coding
8	free coding	21	free coding
9	not reserved	22	not reserved
10	not reserved	23	not reserved
11	temp. 1 + **	24	temp. 1 - **
12	temp. 2 + **	25	temp. 2 - **
13	GND _{external}		

* For further details please refer to the following pages

** compare chapter 6.2.3

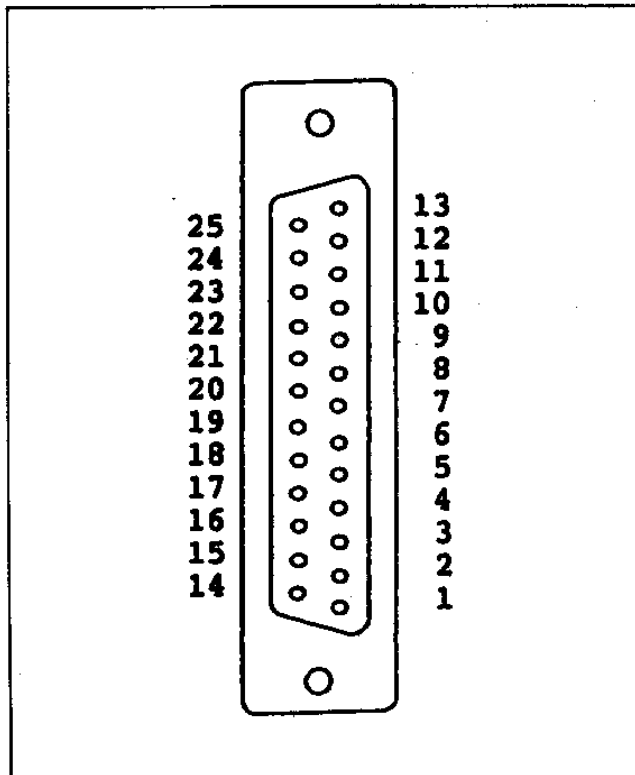


Fig. 25: Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "Analog Outputs"

Technical Data

Digital coding

The outputs are connected as "open collectors" and have got the following technical data:

collector-emitter-voltage:	5 – 24 V DC
load-resistance R_L min.:	2 K Ω
log. level 0:	$U_{external}$
log. level 1:	for ex. about 0.8 V (at + 15 V _{external} negative logic)

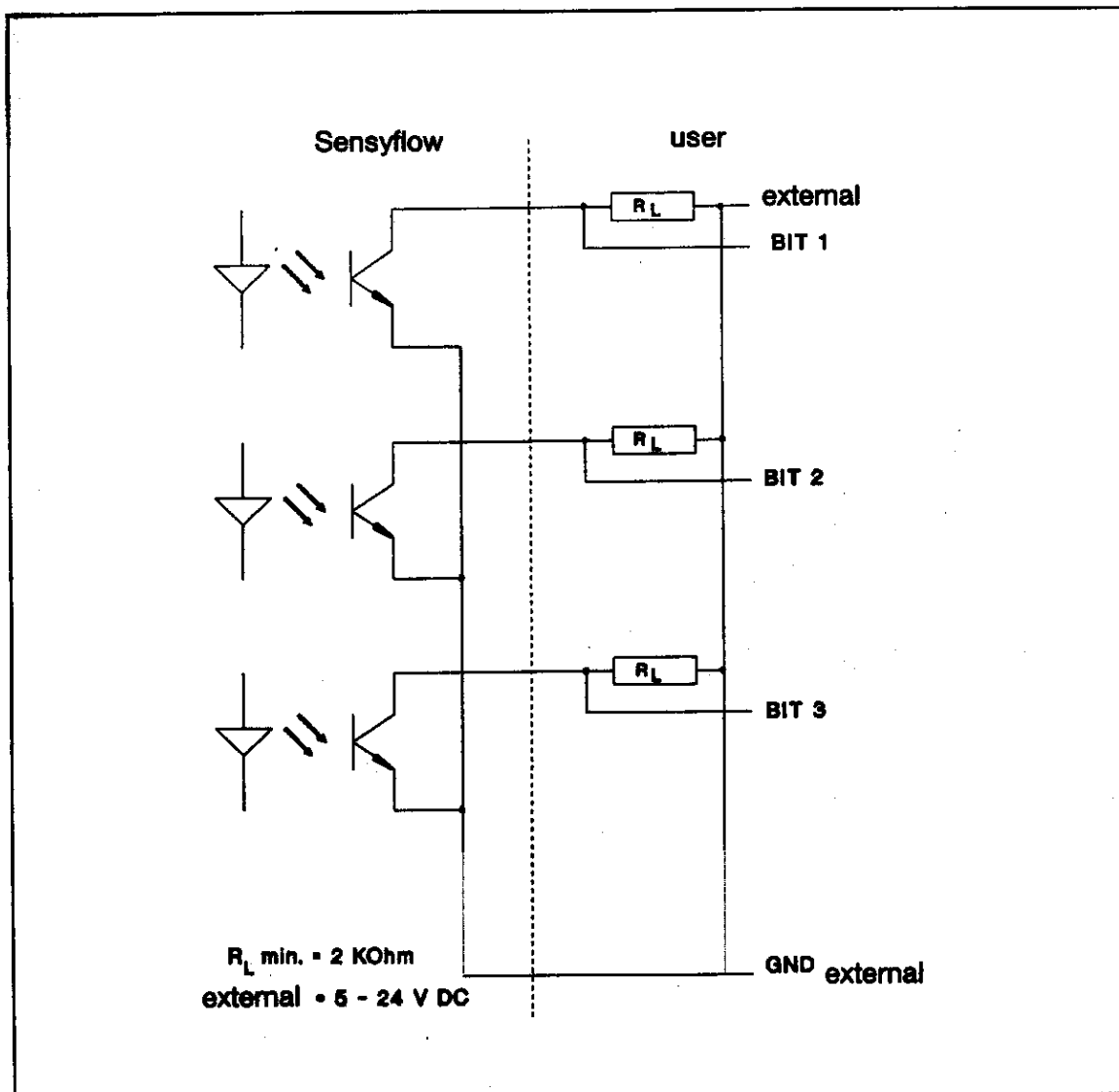


Fig. 26: Optically decoupled output for probe coding

Technical Data

Coding of the measuring tube nominal widths

Pin 5	Pin 18	Pin 6	Pin 19	Hex	
0	0	0	0	00	no measuring tube
1	1	0	0	30	NW 25
1	0	1	0	50	NW 50
1	1	1	0	70	NW 80
1	0	0	1	90	NW 100
1	1	0	1	B0	NW 150
1	0	1	1	D0	NW 200
1	1	1	1	F0	Special

Pin 17	
1	measuring tube 1
0	measuring tube 2
0	gas temperature measuring tube 1
0	gas temperature measuring tube 2

Technical data

Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "Totalizing Measurement" with 15-Bit parallel interface

(compare page 5)

Pin	assignment	Pin	assignment
1	2 ⁰ LSB*	14	2 ¹³
2	2 ¹	15	2 ¹⁴ MSB*
3	2 ²	16	DATA-READY-BIT
4	2 ³	17	not reserved
5	2 ⁴	18	not reserved
6	2 ⁵	19	not reserved
7	2 ⁶	20	not reserved
8	2 ⁷	21	not reserved
9	2 ⁸	22	not reserved
10	2 ⁹	23	REMOTE-CTRL START/STOP
11	2 ¹⁰	24	U _{external}
12	2 ¹¹	25	GND _{external}
13	2 ¹²		

* LSB = least significant bit
 * MSB = most significant bit

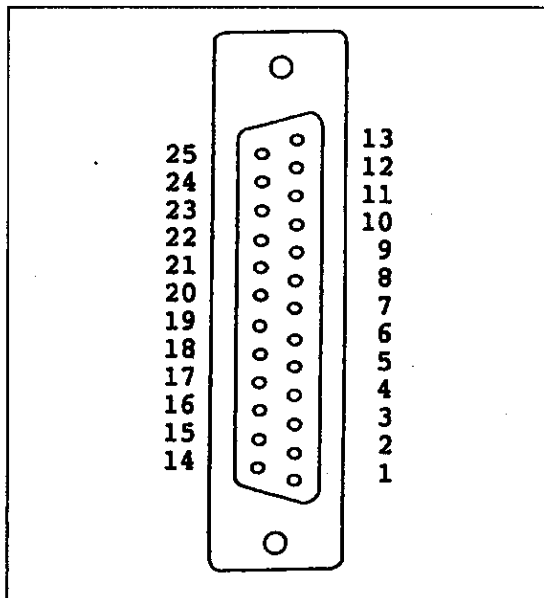


Fig. 27: Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "Totalizing Measurement"

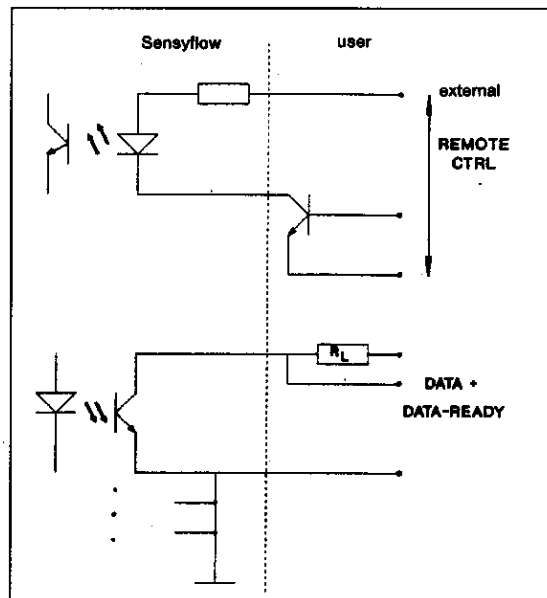


Fig. 28: Terminal connection of the optical decoupled in-/output

Technical Data

Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "12-bit parallel output"

(compare page 5)

Pin	assignment
1	2 ⁰ LSB*
2	2 ²
3	2 ⁴
4	2 ⁶
5	2 ⁸
6	2 ¹⁰
7	not reserved
8	not reserved
9	no reserved
10	not reserved
11	not reserved
12	not reserved
13	not reserved

Pin	assignment
14	2 ¹
15	2 ³
16	2 ⁵
17	2 ⁷
18	2 ⁹
19	2 ¹¹ MSB*
20	not reserved
21	DATA-READY-BIT
22	not reserved
23	not reserved
24	not reserved
25	GND _{external}

* LSB = least significant bit

* MSB = most significant bit

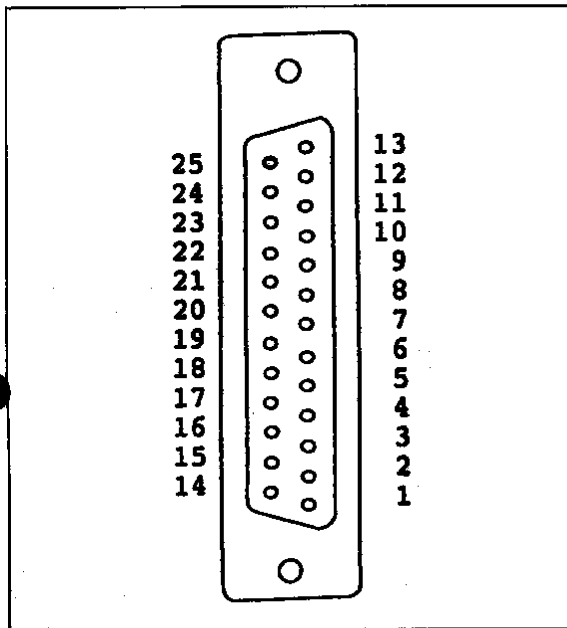


Fig. 28: Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "12-bit parallel output"

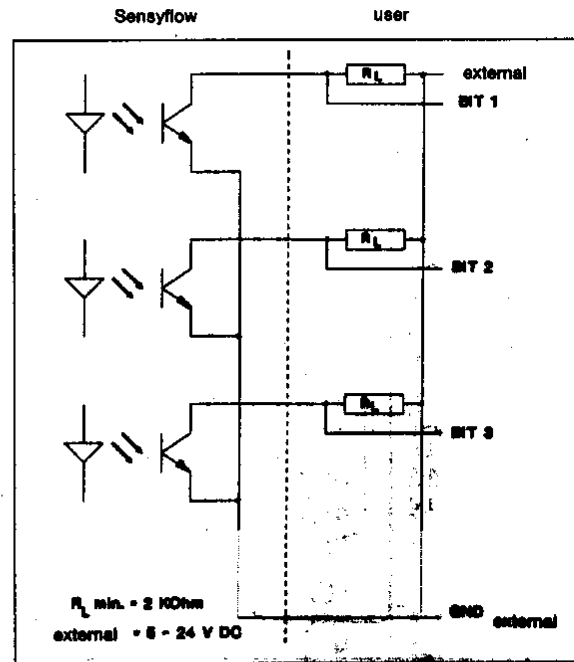


Fig. 30: Terminal connection of the optically-coupled output

Technical Data

Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "Serial output"

(compare page 5)

Pin	assignment	Pin	assignment
1	not reserved	14	not reserved
2	sending data	15	not reserved
3	receive data	16	not reserved
4	not reserved	17	not reserved
5	not reserved	18	not reserved
6	not reserved	19	not reserved
7	GND	20	not reserved
8	not reserved	21	not reserved
9	no reserved	22	not reserved
10	not reserved	23	not reserved
11	not reserved	24	not reserved
12	not reserved	25	not reserved
13	not reserved		

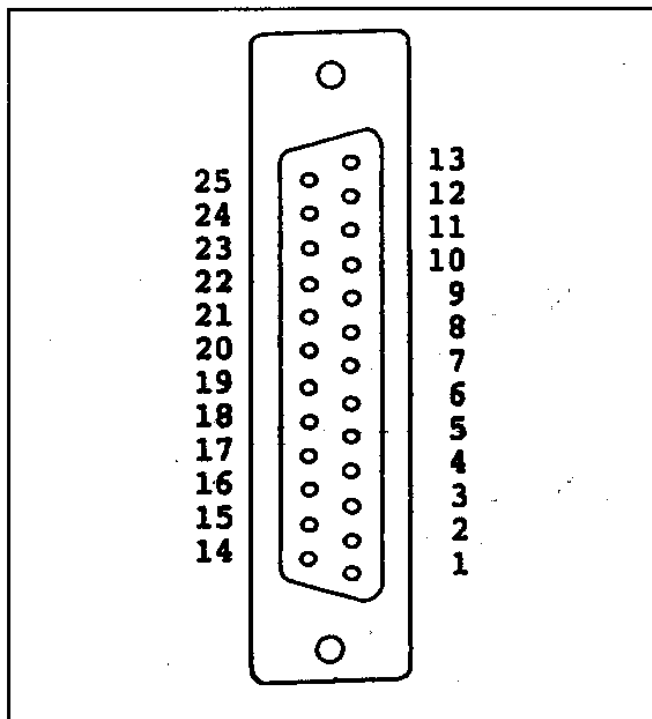
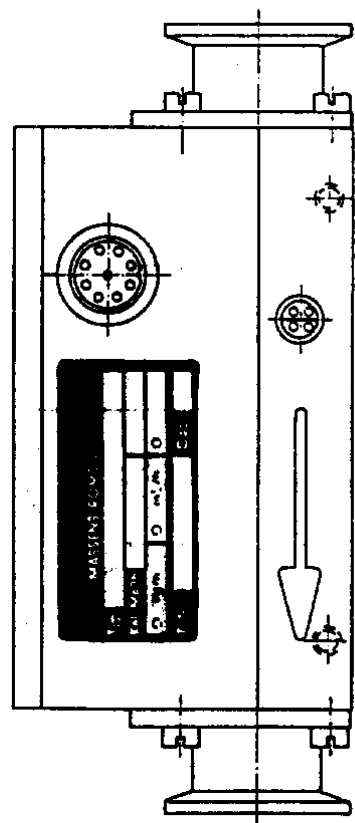
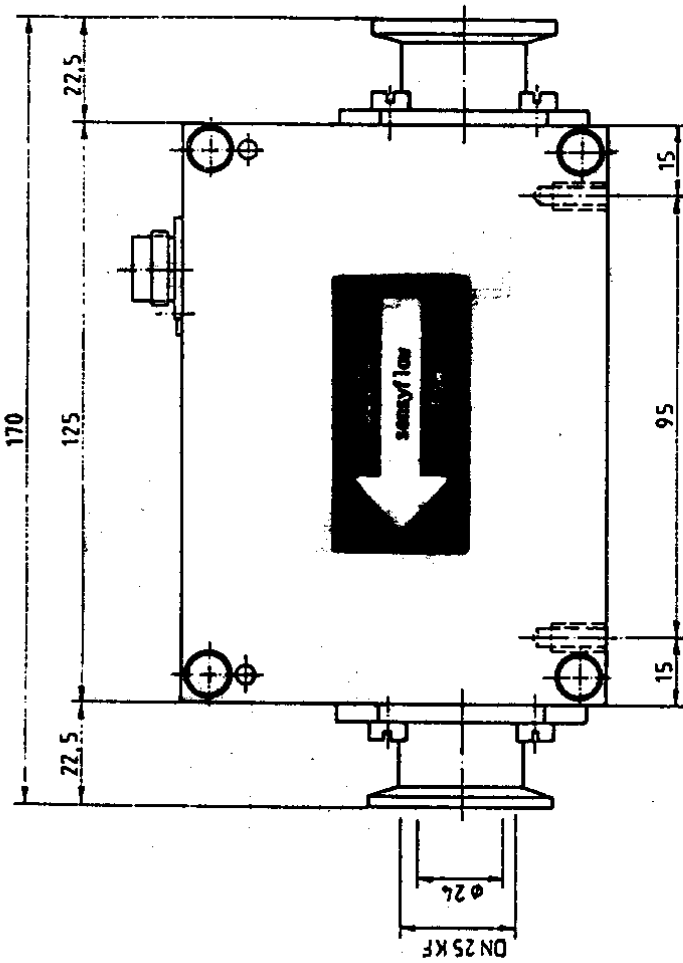
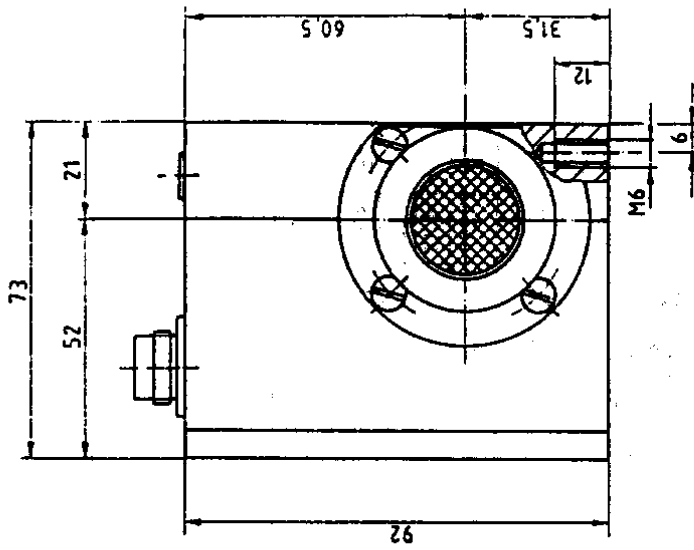


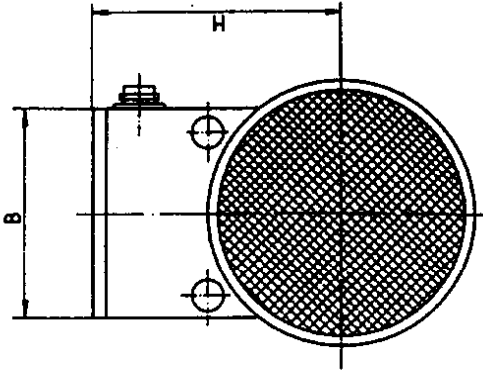
Fig. 31: Sleeve for 25-pole D-SUB-plug "Serial output"

Technical Data



Dimension Sheet
Sensyflow P – DN 25

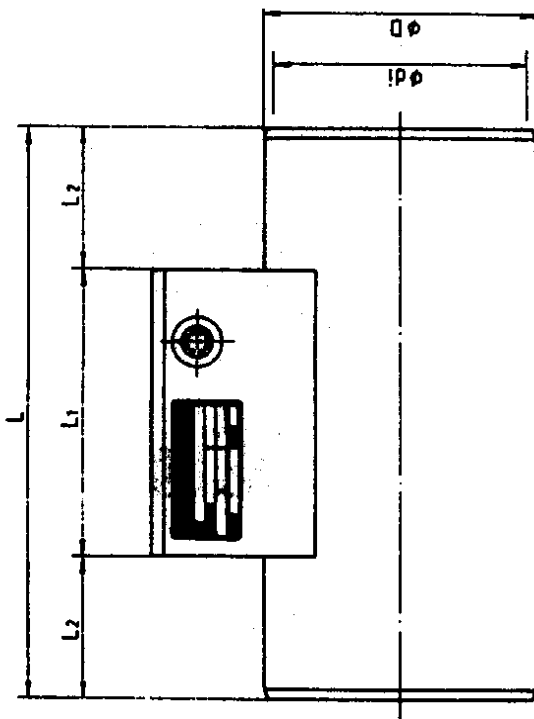
Technical Data



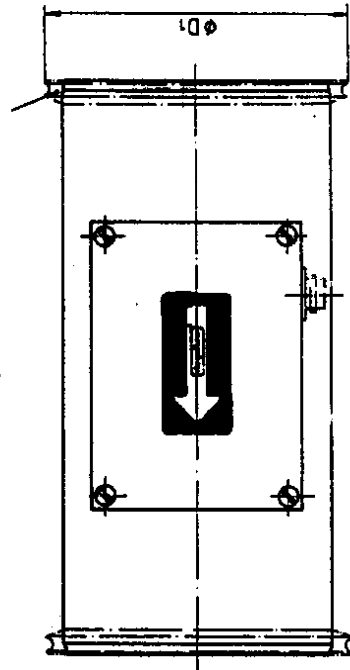
DN	ϕD	ϕD_1	ϕdi	L	L ₁	L ₂	B	H
50	64		58	180		27,5		85
80	89		80	185		30		93,5
100	118		109	250	125	62,5	92	108
150	165	180	153	280		77,5		131,5
200	220	240	200	330		102,5		159

Dimension Sheet

Sensyflow P – DN 50 to DN 200



Design with cone-flanges only for DN 150 and DN 200 panel

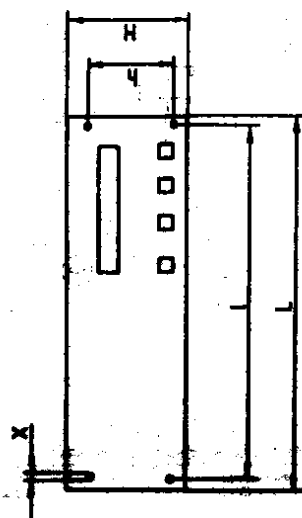


Technical Data

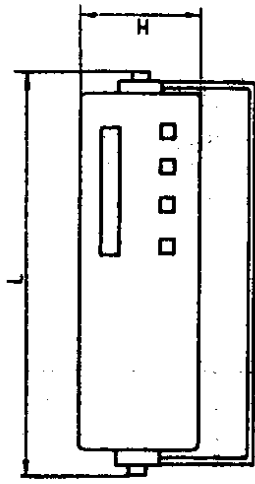
10	10	10
----	----	----

DM	ØD1	ØB1	ØB2	ØD2
52	110	35	30	72
30	120	40	35	75
40	130	45	40	78
50	140	50	45	81
60	150	55	50	84
70	160	60	55	87
80	170	65	60	90
90	180	70	65	93
100	190	75	70	96
110	200	80	75	99
120	210	85	80	102
130	220	90	85	105
140	230	95	90	108
150	240	100	95	111
160	250	105	100	114
170	260	110	105	117
180	270	115	110	120
190	280	120	115	123
200	290	125	120	126

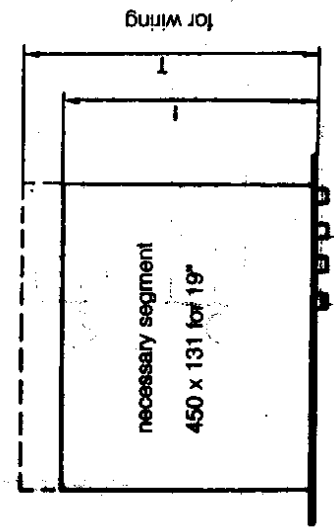
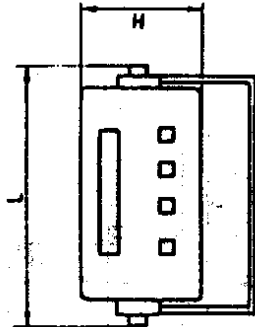
19" device



19" portable instrument

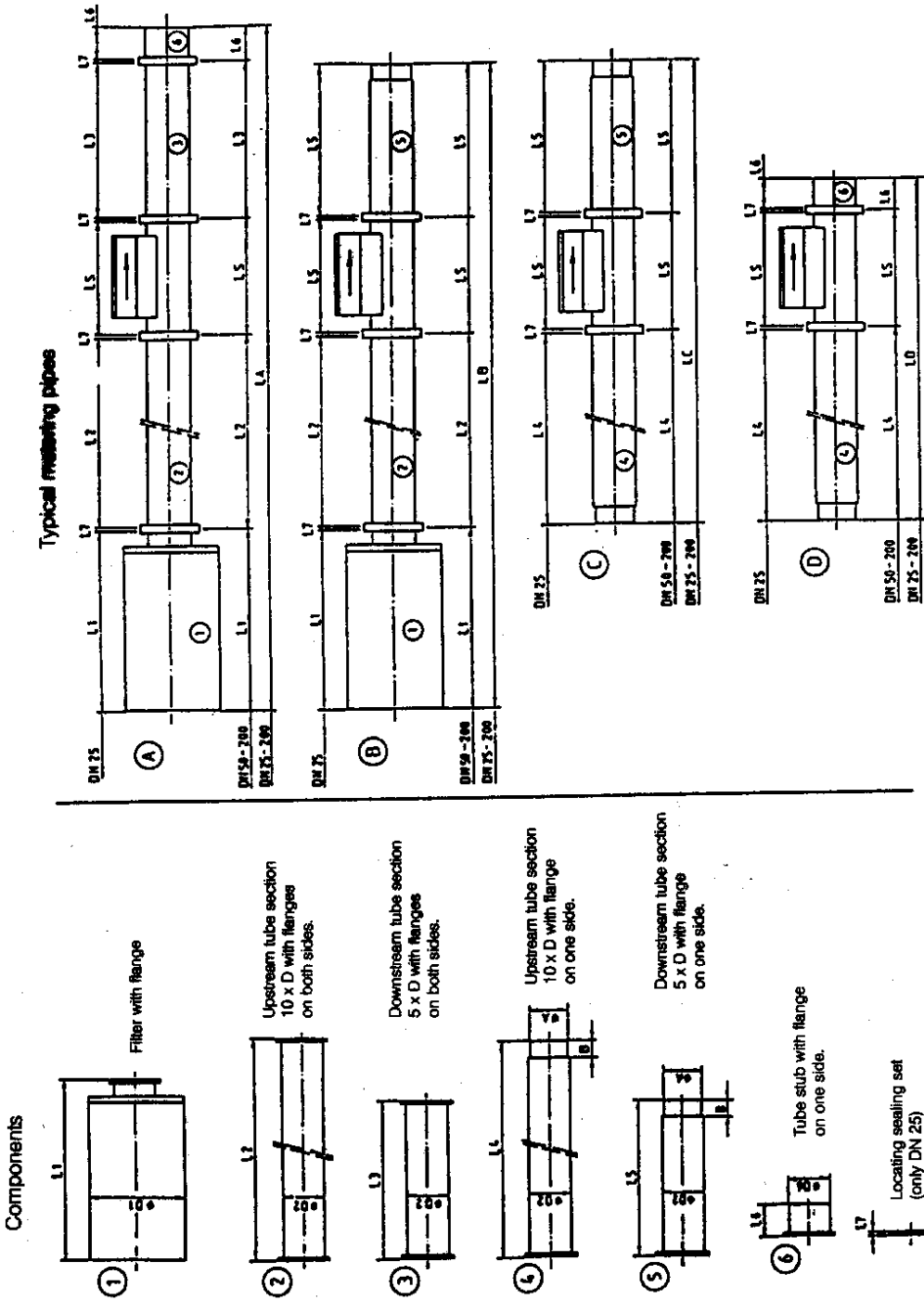


1/2 19" portable instrument



dimension instrument	L	l	H	h	T	T'	X
1/2 19" portable instrument	310	/	140	/	450	375	/
19" portable instrument	520	/	140	/	450	375	/
19" device	483	462	132	58	425	325	M6

Technical Data



Dimension Sheet
Sensyflow P-systems

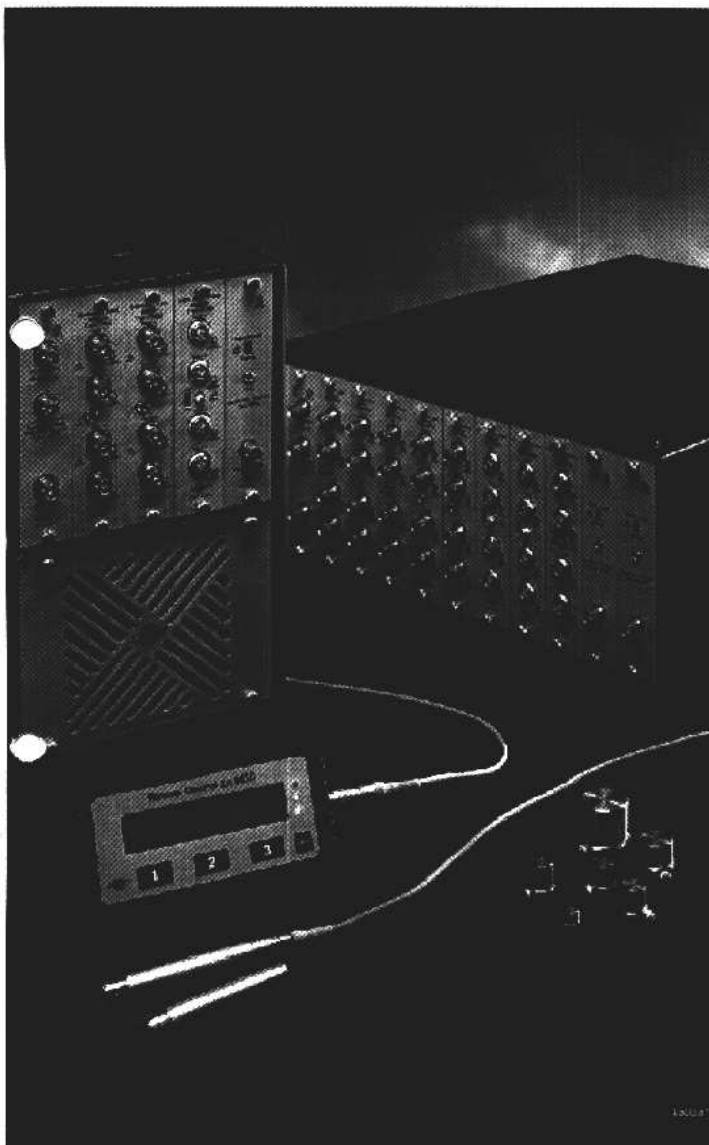
200	302	206	206	204	15	511	2018	1018	2009	1009	330	6036	3360	3360	2698	
150	160	160	160	157,5			1516	768	1509	759	280	3236	3048	2560	1948	
100	263	119	122	118		522	1006	506	1006	506	256	2308	2216	1762	1328	
80	197	91	95	89	25	480	806	406	806	406	189	1881	1799	1397	1073	
50	150	66	70	64		300	506	256	506	256	104	1356	1304	942	738	
25	110	32	30	27		262	270	145	260	135	6	170	877	829	573	472
DN	001	002	006	0A	B	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	LA	LC	LD

2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA RUIDO.

2.2.1 Hardware PULSE.

SYSTEM DATA

Hardware for PULSE, the Multi-analyzer System — Type 3560 including Types 2816, 2825, 3015, 3016, 3017, 3022, 3028, 3107, 5955, 7521, ZH0630



PULSE, the Multi-analyzer System Type 3560, is a versatile, task-oriented analysis system. It provides the platform for a range of PC-based measurement solutions from Brüel & Kjær.

A PULSE system consists of a PC, PULSE software, Windows NT®, Microsoft® Office, multiprocessor DSP board(s), a TAXI interface, and data acquisition front-end hardware. A wide range of system configurations are possible, allowing measurements on from 2 to 32 channels.

This System Data describes the hardware available for a PULSE system. The software available is described separately.

3560 HARDWARE

Brüel & Kjær 

Features and Uses

- USES**
- General noise and vibration analysis
 - Customised measurement solutions
 - Signal and system analyses using PULSE software:
 - Noise and Vibration Analysis Type 7700
 - Data Recorder Type 7701
 - Order Analysis Type 7702
 - Vold-Kalman Order Tracking Filter Type 7703
 - Zwicker Loudness Analysis Type 7704
 - Time Capture Type 7705
 - Interface to SONY DAT Type 7706
 - PULSE Viewer License Type 7709

- FEATURES**
- PULSE runs under Windows NT®
 - Acquisition units for laboratory and field use
 - Reduced test and reporting times due to ability to perform multi-analysis, for example:
 - Simultaneous throughput-to-disk and analyses
 - Simultaneous FFT and 1/3-octave analysis
 - 1 to 4 DSP boards per system provides scalable real-time performance
 - Configurations providing from 2 to 32 channels of real-time analysis
 - Automatic detection of front-end hardware
 - Up to 400 kHz acquisition bandwidth
 - Signal conditioning for noise and vibration transducers including CCLD, Charge, Falcon Microphones

Introduction

PULSE, the Multi-analyzer System Type 3560, is a versatile, task-oriented analysis system for noise and vibration analysis. It provides the platform for a range of PC-based measurement solutions from Brüel & Kjær.

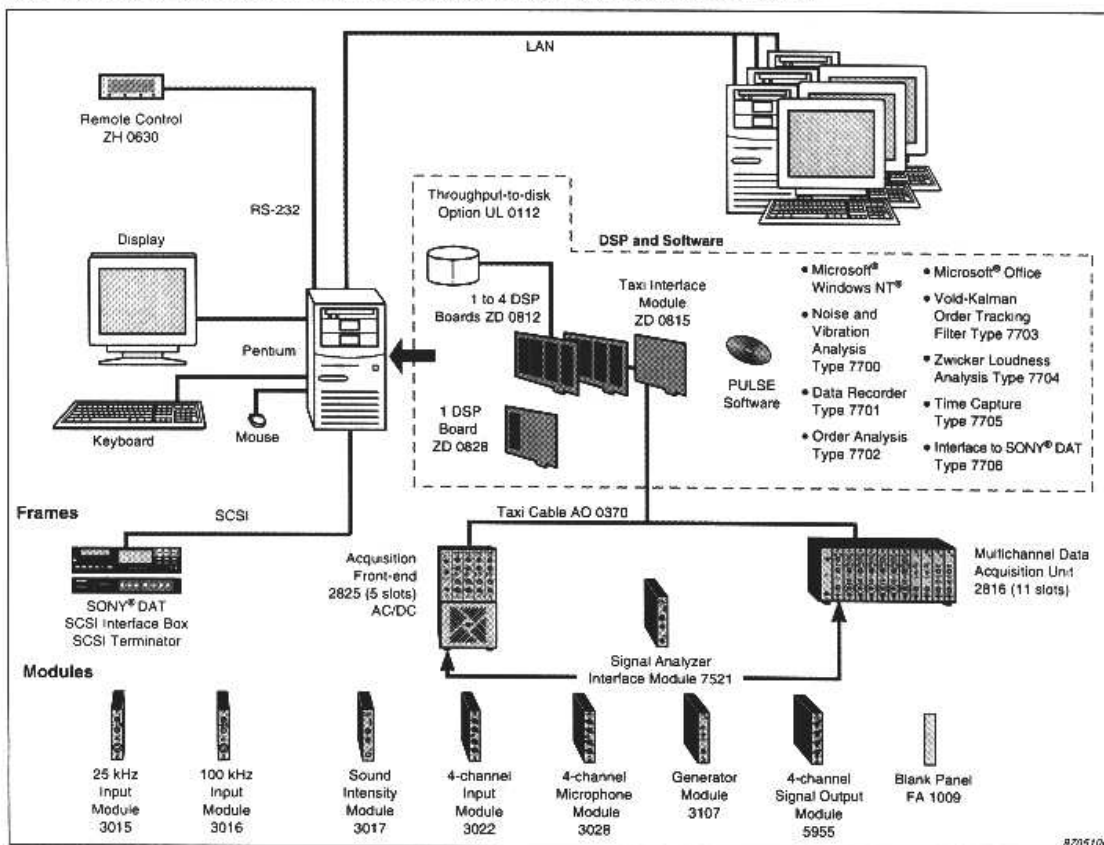
A PULSE system consists of a PC, PULSE software, Windows NT^{®1}, Microsoft[®] Office, multiprocessor DSP board(s), a TAXI interface, and data acquisition front-end hardware. A wide range of system configurations are possible, allowing measurements on up to 32 channels.

The front-end uses either Acquisition Front-end Type 2825 or Multi-channel Data Acquisition Unit Type 2816 and input/output conditioning modules are fitted to these for pre-processing and transmitting the transducer signals. An extensive range of input/output modules exists that can be used to fulfil a wide range of measurement needs. Alternatively, with PULSE Interface to SONY^{®2} DAT Type 7706, you can use a SONY Instrumentation Cassette Recorder as the front-end for playback and input of recorded signals. The components available for use in a Type 3560 system solution are shown in Fig. 1. Table 1 provides further information on the input/output modules.

¹Microsoft and Windows NT are registered trademarks of Microsoft Corporation

²SONY is a registered trademark of Sony Corporation

Fig. 1 Overview of the components available for use in a Type 3560 Multi-analyzer System



PULSE Software and Applications

The base software for a Type 3560 system is Noise and Vibration Analysis Type 7700. On this base, you can install further PULSE software such as Order Analysis Type 7702. For descriptions of the PULSE software products, see the following Product Data:

- Noise and Vibration Analysis Type 7700 – BP 1795
- Data Recorder Type 7701 – BP 1633
- Order Analysis Type 7702 – BP 1634
- Vold-Kalman Order Tracking Analyzer Type 7703 – BP 1760
- Zwicker Loudness Analyzer Type 7704 – BP 1761
- Time Capture Type 7705 – BP 1762
- PULSE Interface to SONY DAT Type 7706 – BP 1764

If you already have a PULSE system, you can supplement it with a viewer license that allows you to post-process measured data without a front-end or DSP cards:

- PULSE Viewer License Type 7709 – BP 1855

Table 1 The types of module available for use in Type 2816 and 2825 frames

Type	Product Name	Frequency Range		Inputs/Outputs		Maximum Number in Frame	
		Lower	Upper	Simultaneous Channels	Type	2816	2825
3015	25 kHz Input Module	0 Hz	25.6 kHz	1 Input	Direct Mic. Preamplifier Charge CCLD ¹	8	4
3016	100 kHz Input Module	0 Hz	102.4 kHz	1 Input	Direct Mic. Preamplifier Charge CCLD ¹	4	4
			51.2 kHz			8	
3017	Sound Intensity Module	Use with 2 or 4 Type 3015 or 3016		2 Intensity probe inputs ²		2	1
3022	4-channel Input Module	0 Hz	25.6 kHz	4 Inputs	Direct CCLD ³	4	4
			12.8 kHz			8	
3028	4-channel Microphone Module	0.7 Hz	25.6 kHz	4 Inputs CIC Input ⁶	Direct Mic. Preamplifier	4	4
			12.8 kHz			8	
3107	Generator Module	0 Hz	102.4 kHz	1 Output (Volts)		4	4
5955	Signal Output Module	Conditions the analogue output signal from each of up to 4 input modules ⁴ Type 3015 or 3016				2	1
7521 ⁵	Signal Analyzer Interface Module	Connects with serial TAXI Interface Module ZD 0815 via cable AO 0370. Transmits sampled data from Type 2825 or 2816 to TAXI and receives setup		1 Sampling Input 1 Sampling Output 1 Trigger Input 1 TAXI connection at the back of 2816/2825		1	1

1.Constant Current Line Drive for DeltaTron[®] Accelerometer or DeltaTron Microphone Preamplifier using ZG 0328

2.One probe can be connected per Type 2825 frame

3.Constant Current Line Drive for DeltaTron Accelerometer or DeltaTron Microphone Preamplifier

4.Space for three input modules in Type 2825 frame

5.All frames must have a Type 7521 Signal Analyzer Interface Module

6.Charge Injection Calibration (Brüel & Kjaer patented)

In addition, a range of application software packages are available:

- Sound Quality Type 7698 – BP 1589
- Sound Power Type 7748 – BP 1751
- STAR System Modal and Structural Analysis Type 7750 – BP 1765
- ME'scope Modal and Structural Analysis Type 7754 including PULSE Bridge to ME'scope Type 7755 A – BP 1843
- PULSE Bridge to MATLAB Type 7755 B – BP 1854

DSP Boards

The input signals from the front-end acquisition hardware are transferred to the DSP boards via the TAXI interface module which has a maximum acquisition channel×bandwidth of 400 kHz.

Type 3560 uses parallel DSP technology to process the signals and a system can have from one to four DSP boards. Adding an extra DSP board increases the real-time analysis channel×bandwidth. This means that the real-time performance is scalable and an extra DSP board can be added to a system later, if required. For example, if in the future more channels are added, improved real-time analysis channel×bandwidth performance can be obtained by increasing the number of DSP boards.

Table 2 Overview of DSP

Part No.	Product Name	Description	Number per 3560 System
-ZD0815	TAXI Interface Module	The TAXI Interface receives samples from the Type 2816 or 2825 frame and transmits the set-up for input and generator modules. ³ / ₄ length ISA Card	1
-ZD0812	300 MFLOPS DSP Board	300 MFLOPS Signal Processing PC board with 5 TMS 320 C40-series high performance floating DSPs. Full length ISA Card	1 to 4
ZD0828	120 MFLOPS DSP Board	120 MFLOPS Signal Processing PC board with 2 TMS 320 C40-series high performance floating DSPs. Full length ISA Card Used only with 2-channel measurements using Noise and Vibration Analysis Type 7700 G	1
UA 1453	Upgrade Kit	Upgrades ZD0828 to ZD0812	Optional
UL0112	Throughput-to-disk Option	Dedicated SCSI-2 Interface Module mounted on a DSP board and dedicated high speed SCSI-2 hard disk (UL0112-002: 4.5 GB). Guarantees gap-free recording with Data Recorder Type 7701	1 (optional)

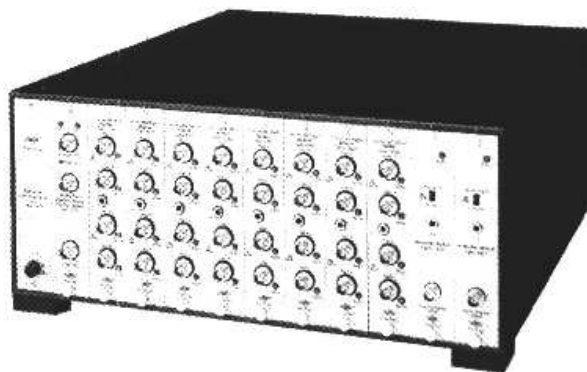
Multichannel Data Acquisition Unit — Type 2816

USES

- Front-end data acquisition frame for PULSE
- Housing an interface module and up to 10 input/output modules

FEATURES

- Up to 10 modules can be installed allowing measurements in up to 32 channels
- Up to 4 generator modules can be installed
- Up to 4 sound intensity probes can be supported
- Signal output is available on up to 8 channels



Multichannel Data Acquisition Unit
 Type 2816 is a front-end frame, that has an AC power supply and back-plane wiring for an interface module and houses up to 10 input/output modules. This unit allows the connection of up to 32 analogue channels per Type 2816 frame.

Introduction

In a PULSE system, Type 2816 is connected to the TAXI-interface for the DSP Boards in your PC using coaxial cable AO 0370.

The module types that can be used are the same as for Acquisition Front-end Type 2825.

Modules Available for 2816:

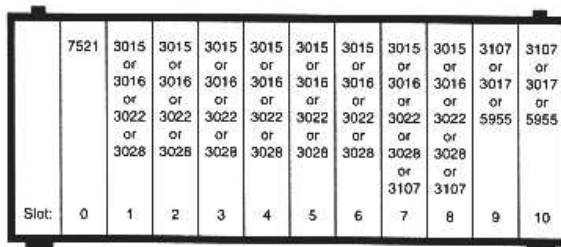
- Type 3015: 25kHz Input Module
- Type 3016: 100kHz Input Module
- Type 3017: Sound Intensity Module
- Type 3022: 4-channel Input Module
- Type 3028: 4-channel Microphone Module
- Type 3107: Generator Module
- Type 5955: Signal Output Module
- Type 7521: Signal Analyzer Interface Module
- FA 1009: Blank Panel

A Blank Panel FA 1009 must be used to cover all slots that are not in use for proper cooling of the unit.

Configuration

The 11 module slots in Type 2816, are numbered from left to right (see Fig. 2).

Fig. 2 Allowable installation of modules in Multichannel Data Acquisition Unit 2816



9118152w

It is easy to insert or replace modules in the available slots. Slot 0 must contain a Signal Analyzer Interface Module Type 7521. Slots 1 to 10 can contain up to ten input/output modules. The following maxima per type apply:

Max. No.	Type	Description
8	3015	25 kHz input modules
8	3016	100 kHz input modules
2	3017	Sound intensity modules
8	3022	4-channel input modules (25 kHz with CCLD)
8	3028	4-channel microphone modules (25 kHz)
4	3107	Generator modules
2	5955	Signal output modules

Types 3015, 3016, 3022 and 3028 input modules are installed, starting at slot 1. It is possible to install Types 3015 and 3016 in the same Type 2816 frame, but they cannot be activated at the same time. Similarly, single channel and four channel modules can be installed in the same

frame, but cannot be active at the same time. The 4 channel modules, Types 3022 and 3028, can be mixed and activated at the same time. Generator and sound intensity modules are installed in adjoining slots, starting at slot 10 (see Fig. 2). You must place the sound intensity module in the slots to the right of any generator modules.

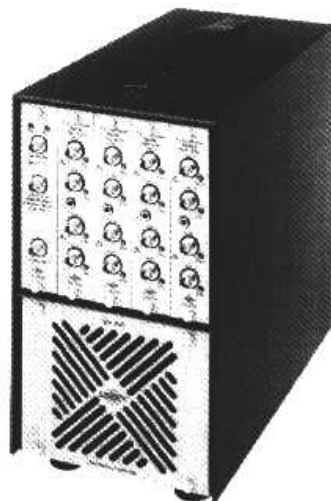
Acquisition Front-end — Type 2825

USES

- Front-end data acquisition frame for use in PULSE multichannel system configurations
- Housing an interface module and up to 4 input/output modules

FEATURES

- Up to 4 input modules can be installed allowing measurements on up to 16 channels
- Up to 4 generator modules can be installed
- AC/DC power supply
- A sound intensity probe can be supported
- Signal output is available on up to 3 channels
- IEC 1010 Class I



Acquisition Front-end Type 2825 is a front-end frame, that has an AC/DC power supply and back-plane wiring for an interface module and up to 4 analogue input/output modules. This allows the connection of up to 16 analogue channels.

Introduction

Type 2825 is connected to the TAXI-interface for the DSP Boards in your PC using coaxial cable AO 0370.

Type 2825 houses input modules for PULSE multi-analyzer system configurations. The unit can be transported, and is silent during operation.

Type 2825 meets IEC 1010 Class I.

Modules Available for Type 2825:

Type 3015:	25kHz Input Module
Type 3016:	100kHz Input Module
Type 3017:	Sound Intensity Module
Type 3022:	4-channel Input Module
Type 3028:	4-channel Microphone Module
Type 3107:	Generator Module
Type 5955:	Signal Output Module
Type 7521:	Signal Analyzer Interface Module
FA 1009:	Blank Panel

A Blank Panel FA 1009 must be used to cover any slot that is not in use. For details on the input/output modules, refer to the separate Product Data.

Configuration

The 5 module slots in Type 2825 are numbered from left to right (see Fig. 3).

Microphone Polarization

A switch on Type 3017 (not controlled from the PC or the analyzer) sets the polarization voltage for both microphone pairs.

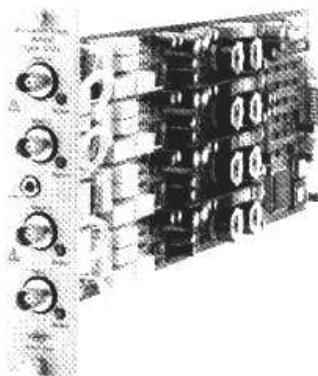
4-channel Input Module — Type 3022

USES

- Acoustic and vibration measurements
- In Acquisition Front-end Type 2825 or Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816 to build any channel count, from 2 to 32

FEATURES

- Direct and CCLD (Constant Current Line Drive) inputs
- Supports the Brüel & Kjær range of DeltaTron® Accelerometers
- Supports DeltaTron® Microphone Preamplifier Type 2671
- Dynamic range >80 dB



Type 3022 is a 4-channel input module that supports the Brüel & Kjær DeltaTron® range of accelerometers and Microphone Preamplifier Type 2671. Each channel has a frequency range of 25 kHz.

Introduction

Type 3022 is a 4-channel input module for use in Acquisition Front-end Type 2825 and Multichannel Data Acquisition Unit Types 2816. It can be used for both acoustic and vibration measurements.

Inputs

4-channel Input Module Type 3022 supports both Direct and CCLD (Constant Current Line Drive – for use with the Brüel & Kjær DeltaTron® range of accelerometers and Microphone Preamplifier Type 2671) inputs. These inputs are ICP®¹ compatible. Each channel has a frequency range of 25.6 kHz and may be grounded or floating. Type 3022 has four BNT input sockets on its front panel, and provides the power necessary to handle photoelectric probes. The operating range of Type 3022 is 4 mV to 30 V maximum peak input voltage and its dynamic range is 80 dB.

¹ ICP is a registered trademark of PCB Piezotronics, Inc.

4-channel Microphone Module — Type 3028

USES

- Input module for acoustic and vibration measurements
- In Acquisition Front-end Type 2825 or Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816

FEATURES

- 7-pin LEMO sockets for connection of Microphone Preamplifier Type 2669L or 2670
- Supports the Brüel & Kjær Falcon® range of microphones
- Supports Charge Injection Calibration (CIC)
- Dynamic range > 80 dB

Type 3028 is a 4-channel input module that supports the Brüel & Kjær Falcon® range of microphones and Charge Injection Calibration (CIC). Each channel has a frequency range of 25 kHz.

Introduction

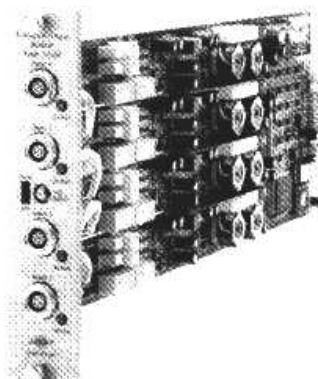
Type 3028 is a 4-channel input module for use in Acquisition Front-end Type 2825 and Multichannel Data Acquisition Unit Types 2816.

Inputs

4-channel Input Module Type 3028 supports the Brüel & Kjær Falcon® Range Preamplifiers and Charge Injection Calibration (CIC) – for use with Brüel & Kjær's wide range of microphones. Each channel has a frequency range of 25 kHz. Type 3028 has four 7-pin LEMO sockets (Type 1B) on its front panel for connection of Microphone Preamplifier Type 2669L or 2670.

Sound Intensity

For sound intensity measurements, a special version, Type 3028 (WH 3229), is available with phase matching improved from 0.2° to 0.15°.



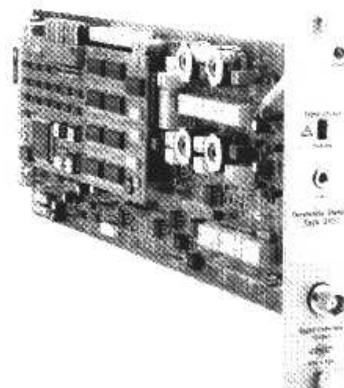
Generator Module — Type 3107

USES

- System excitation for acoustic and vibration measurements
- In Acquisition Front-end Type 2825 or Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816

FEATURES

- A frequency range of 0 to 102.4 kHz
- Sine, dual sine, multisine, random, pseudo-random, periodic random and pulse signals
- Built-in trigger for data collection
- Pink filtering



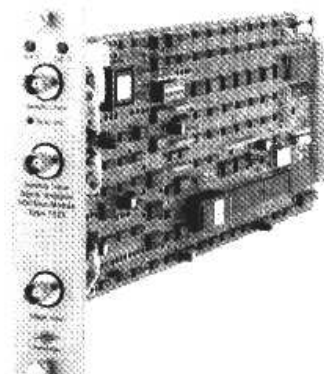
Signal Analyzer Interface Module — Type 7521

USES

- Interfacing Acquisition Front-end Type 2825 or Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816 to the TAXI Interface in a PULSE System

FEATURES

- Sets up and transmits data from up to 8 input modules
- Provides sampling clock and trigger input
- Provides the clock frequency for generator modules



A Signal Analyzer Interface Module Type 7521 must be installed in all operational Type 2816 and 2825 units. Type 7521 controls and routes all communication between the analyzer and the input/output modules.

Introduction

A Signal Analyzer Interface Module Type 7521 is required in slot 0 of any operational Acquisition Front-end Type 2825 or Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816. Type 7521 controls and routes communications between the TAXI interface in the PC and the modules in Type 2825 or 2816, including communication with the remote control unit which can be connected to a sound intensity module. For serial numbers lower than 1895423 Prom Update UA 1352 is required for functionality in a PULSE system.

Sampling Frequency and Trigger

Type 7521 contains sampling clock and trigger input. The threshold level for external trigger input is factory preset to 1.2V, but can be adjusted from 0.1 to 5V. If using, for example, a 1.5V battery to provide triggers, the trigger input must be short-circuited between triggers.

Input Modules

Type 7521 can identify, setup, and transmit data from up to 8 input modules.

Generator Modules

Type 7521 can identify and set up four Generator Modules Type 3107, provide them with clock frequency and start them simultaneously.

n be
vide
s.

nput

3107,
t.

Compliance with Standards

(For the environmental specifications and compliance with standards for the PCs, see the specifications given by the respective manufacturers)

TYPE 2825 AND MODULES

CE	CE-mark indicates compliance with: EMC Directive and Low Voltage Directive.
Safety	EN 61010-1 and IEC 1010-1: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use. Safety Class I
EMC Emission	EN 50081-1: Generic emission standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50081-2: Generic emission standard. Part 2: Industrial environment. CISPR 22: Radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits. FCC Rules, Part 15: Complies with the limits for a Class B digital device.
EMC Immunity	EN 50082-1: Generic immunity standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50082-2: Generic immunity standard. Part 2: Industrial environment. Note 1: See "EMC" in Specifications.
Temperature	IEC 68-2-1 & IEC 68-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: +5 to +40 °C (41 to 104 °F) Storage Temperature: -25 to +70 °C (-13 to 158 °F)
Humidity	IEC 68-2-3: Damp Heat: 93% RH (non-condensing at 40 °C (104 °F))
Mechanical	Non-operating: IEC 68-2-6: Vibration: 0.3 mm, 2g, 10-500 Hz IEC 68-2-27: Shock: 75g from 6 directions IEC 68-2-29: Bump: 4000 bumps at 40g (with feet fitted)
Enclosure	IEC 529 (1989): Protection provided by enclosures: IP20

TYPE 2816 AND MODULES

CE	CE-mark indicates compliance with: EMC Directive and Low Voltage Directive.
Safety	IEC 348-1: Safety requirements for electronic measuring apparatus. Safety Class II.
EMC Emission	EN 50081-1: Generic emission standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50081-2: Generic emission standard. Part 2: Industrial environment. CISPR 22: Radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits. FCC Rules, Part 15: Complies with the limits for a Class B digital device.
EMC Immunity	EN 50082-1: Generic immunity standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50082-2: Generic immunity standard. Part 2: Industrial environment. Note 1: See "EMC" in Specifications.
Temperature	IEC 68-2-1 & IEC 68-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: +5 to +40 °C (41 to 104 °F) Storage Temperature: -25 to +70 °C (-13 to 158 °F) IEC 68-2-14: Change of Temperature: +5 to +40 °C (2 cycles, 1 °C/min.)
Humidity	IEC 68-2-3: Damp Heat: 90% RH (non-condensing at 40 °C (104 °F))
Mechanical	Non-operating: IEC 68-2-6: Vibration: 0.3 mm, 2g, 10-500 Hz IEC 68-2-27: Shock: 65g
Enclosure	IEC 529 (1989): Protection provided by enclosures: IP20

Specifications – PULSE, the Multi-analyzer System Type 3560

Multi-analyzer System Type 3560 is a modular, expandible, multi-analysis system that includes the following components:

- Pentium PC
- PULSE LabShop software
- Microsoft® Windows NT®
- Microsoft® Office
- Acquisition Front-end Type 2825 or Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816
- Signal Analyzer Interface Module Type 7521
- A number of input/output modules
- One or more DSP Boards ZD 0812
- ZD0815 TAXI Interface Module
- UL0112 Throughput-to-disk Option with 4.5GB Hard Disk (Optional)

PC Requirements

RECOMMENDED

- 100MHz Pentium processor or better
- 32 MB RAM or more
- CD-ROM drive
- SVGA 800 x 600, 256 colour, Graphics Accelerator Card or better
- 200MB free space on hard disk

Frame

Either of the following data acquisition frames can be used:

- Type 2825 Acquisition Front-end
- Type 2816 Multichannel Data Acquisition Unit

Modules

The following types of modules are available for Types 2825 and 2816:

- Type 3015 25 kHz Input Module
- Type 3016 100 kHz Input Module
- Type 3017 Sound Intensity Module
- Type 3022 4-channel Input Module
- Type 3028 4-channel Microphone Module
- Type 3107 Generator Module
- Type 5955 Signal Output Module
- Type 7521 Signal Analyzer Interface Module

System Capacity

Module Type	Max. No. of Channels	Max. Freq. (kHz)	Sampling Freq. (kHz)
3016	4	102.4	262
	8	51.2	131
3022 & 3028	16	25.6	65
	32	12.8	32

TAXI Interface Module

TAXI Interface Module ZD0815 must be installed in the PC for all Type 3560 multichannel configurations. ZD0815 handles all data transmission and controls communication between the DSP software and Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816 or Acquisition Front-end Type 2825.

Upper Measurement Frequency (kHz)	Module Type	2825		2816	
		Max. No. of Ch.	No. of Modules	Max. No. of Ch.	No. of Modules
102.4	3016	4	4	4	4
51.2	3016	4	4	8	8
25.6	3015	4	4	8	8
25.6	3022 or 3028	16	4	16	4
12.8	3022 or 3028	16	4	32	8

Note: Maximum acquisition channel x bandwidth capacity is 400 kHz

Measured Frequency Span (kHz)			Maximum System Real-time Analysis Channel x Bandwidth Capacity (kHz)*			
Types 3022 and 3028	Type 3015	Type 3016	1 DSP Board	2 DSP Boards	3 DSP Boards	4 DSP Boards
6.4, 12.8, 25.6	12.8, 25.6	50, 100	400	800	1200	1600
≤3.2**	≤6.4**	≤25**	200	400	600	800

* With several DSP boards, analysis capacity can exceed acquisition capacity through signal duplication and the use of several instruments
 ** Digital declination is required

MAIN FUNCTIONS

Transmits setups to Type 7521 in Types 2816 and 2825
 Receives sampled data from all active input modules in Type 2825 or 2816

INTERFACE

Channel x Bandwidth: 400 kHz (Max.) corresponding to 1 M Samples/s (2 MB/s)
 Type: Differential ECL defined by AMD
 Rate: 41.94 M baud

CONNECTIONS

ISA PC-card
 Special 25 pole D-range connector with 4 coaxial connections and 5 pins

DIMENSIONS

Height: 122 mm (4.8 inches)
 Length: 240 mm (9.5 inches)
 Weight: 300 grams (10.6 oz.) with extension cable to DSP

DSP Boards

TMS 320 C 40-series

Processors: single or double parallel processor TIM-40 modules.
 Floating point CPU

INTERFACE

ISA PC-card (full length)

POWER REQUIREMENTS

All power requirements are max. values
 DSP Board without throughput-to-disk ZD0812: 4.5 A @ 5 V
 DSP Board without throughput-to-disk ZD0828: 2.5 A @ 5 V
 SCSI Module ZD0811: 1.0 A @ 5 V
 Taxi Interface ZD0815: 0.9 A @ 5 V
 Hard Disk UL0138-001: 1.0 A @ 5 V + 1.0 A @ 12 V

Note: Ensure that the PC has sufficient ventilation to disperse the heat generated by the DSP boards. See also the Summary of Ordering Information on page 28 for maximum ambient temperatures

CONNECTIONS

ISA PC-card

DIMENSIONS

Height: 122 mm (4.8 inches)
 Length: 344 mm (13.6 inches)
 Weight: 600 grams (1.32 lb.) with three modules and no throughput-to-disk module

EMC (applies for Type 2825/2816 and Modules)

Differential Surge on AC Mains Input: Max. 1 kV
 Susceptibility to Disturbances Specified in EN 50082-2:
 Measured using cable AO 1382 (Charge) and Ferrite Cable Clamp LK 0014 or Cable AO 0429 (Voltage) and Ferrite Cable Clamp LK 0013. Floating Measurement according to instruction manual
 LF Magnetic Field: (30 A/m at 50 Hz)

Input/Output	Level
Direct, CCLD ¹	< 7.5 μV
Charge ²	< 7.5 fC
Preamp., Probe ¹	< 60 μV
Generator ³	< 7.5 μV

Radiated RF: (3 to 10 V/m, 80% AM, 1 kHz)
 Conducted RF: (3 to 10 V/m, 80% AM, 1 kHz)

Input/Output	Level
Direct, CCLD ^a	< 15 μV
Charge ^b	< 25 fC
Preamp., Probe ¹	< 35 μV
Generator ^c	< 15 μV

a. Input section with max. gain and input short-circuited
 b. Input section with max. gain and 1 nF termination
 c. Sine output level ≤ 3.5 mV

Specifications – Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816

Type 2816 is a mainframe with power supply and 11 slots for modules

AVAILABLE MODULES

- 3015 25 kHz Input Module
- 3016 100 kHz Input Module
- 3017 Sound Intensity Module
- 3022 4-channel Input Module
- 3028 4-channel Microphone Module
- 3107 Generator Module
- 5955 Signal Output Module
- 7521 Signal Analyzer Interface Module
- FA1009 Blank Panel

MAXIMUM NUMBER OF MODULES

- 8 25 kHz Input Modules Type 3015
- 8 100 kHz Input Modules Type 3016
- 2 Sound Intensity Modules Type 3017
- 8 4-channel Input Modules Type 3022
- 8 4-channel Microphone Modules Type 3028
- 4 Generator Modules Type 3107
- 2 Signal Output Modules Type 5955

1 Signal Analyzer Interface Module Type 7521

CONNECTION TO PC DSP BOARDS

Use cable AO 0370 (included in Type 7521) and 1 Signal Analyzer Interface Module Type 7521

POWER REQUIREMENTS

Voltage: 100, 115, 127, 200, 220 or 230/240V AC ±10%
 Frequency: 47.5-66Hz, or 400Hz ± 10% at 115V
 Power Consumption: Max. 300 - 350 VA when fitted with:
 1 x 7521 Signal Processor
 8 x 3015 25kHz Input Module
 2 x 3107 Generator Module

GENERAL

Cabinet: Supplied as Model A (lightweight metal cabinet) or C (as A but with air tray and flanges for standard 19 inch racks)
 DIMENSIONS (A-cabinet without feet)
 Height: 177mm (7.0 inches)
 Width: 430mm (16.9 inches)
 Depth: 500mm (19.7 inches)
 Weight: 23 kg (51lb.) when fitted with 11 blank panels FA1009

31 kg (68 lb.) when fitted with:
 1 × 7521 Signal Analyzer Interface Module
 8 × 3015 25 kHz Input Module
 2 × 3107 Generator Module

SAFETY
 IEC348: Safety requirements for electronic measuring apparatus

Ordering Information 2816

Type 2816 Multichannel Data Acquisition Unit
 Includes the following accessories:
 Mains Cable
 2 × VF0015 Spare fuses T 5A/250V

Optional Accessories

FA1009	Blank Panel
WH2693	Modification to Safety Class I of IEC601-1
UA1124	Kit for Mounting 2816 in 19" Standard Rack

Specifications – Acquisition Front-end Type 2825

Type 2825 is a front-end frame with power supply and 5 slots for modules

AVAILABLE MODULES

3015 25 kHz Input Module
 3016 100 kHz Input Module
 3017 Sound Intensity Module
 3022 4-channel Input Module (25 kHz CCLD)
 3028 4-channel Microphone Module (25 kHz)
 3107 Generator Module
 5955 Signal Output Module
 7521 Signal Analyzer Interface Module (required)
 FA1009 Blank Panel

MAXIMUM NUMBER OF MODULES

4 25 kHz Input Modules Type 3015
 4 100 kHz Input Modules Type 3016
 1 Sound Intensity Module Type 3017
 4 4-channel 25 kHz Input Modules Type 3022
 4 4-channel Microphone Modules Type 3028
 4 Generator Modules Type 3107
 1 Signal Output Module Type 5955
 1 Signal Analyzer Interface Module Type 7521

CONNECTION TO PC DSP BOARDS

Uses cable AO 0370 (included in Type 7521) and 1 Signal Analyzer Interface Module Type 7521 per Type 2825

POWER REQUIREMENTS

Voltage: 100, 115, 127, 200, 230V AC ±10%; 12 – 28V DC
AC Frequency: 47.5–66 Hz
Power Consumption: Max. 180 VA AC; 120 VA DC when fitted with:
 1 × 7521 Signal Analyzer Interface Module
 4 × 3028 4-channel Microphone Module

SAFETY

IEC 1010-1 Class I

DIMENSIONS

Height: 397 mm (15.6 inches)
Width: 190 mm (7.5 inches)
Depth: 325 mm (12.8 inches)
Weight: 12 kg (26.7 lb.) when fitted with 5 blank panels FA 1009
 15 kg (33.4 lb.) when fitted with:
 1 × 7521 Signal Analyzer Interface Module
 4 × 3022 4-channel Microphone Module

Specifications – 25 kHz and 100 kHz Input Modules Types 3015, 3016

FREQUENCY RANGE

3015: 0 to 25.6 kHz
 3016: 0 to 102.4 kHz

DIRECT INPUT

BNT socket

Maximum Peak Input Voltage: 35 ranges from 1 mV to 80 V in a 1, 1.5, 2, 3, 4, 6, 8 sequence

Single-ended or differential

Input Impedance: 1 MΩ // <100 pF

Coupling:

3015: DC

3016: DC or AC

Input zeroing for automatic DC-offset compensation

High-pass Filters: 0.7 Hz or 22.4 Hz

Maximum Input Voltage: 250V_{rms}

Max. Induced Common-mode Voltage:

10V peak for maximum peak input voltage from 1 mV to 800 mV

42V RMS for maximum peak inputs from 1 V to 80 V

Supply for Photoelectric Probe MM 0012 and MM 0024: +8V DC on inner shield (short-circuit proof)

PREAMP. INPUT

Standard Brüel & Kjær 7-pin preamplifier input

Maximum Peak Input Voltage: 35 ranges from 1 mV to 80 V in a 1, 1.5, 2, 3, 4, 6, 8 sequence

Microphone Polarization: 0, 28 or 200V from 2 MΩ source

Heater Voltage:

+6V (at 200 mA) from 45Ω source

+12V (at 200 mA) from 15Ω source

Specifications – Sound Intensity Module Type 3017

REMOTE CONTROL UNITS SUPPORTED

ZB 0017

INTERNAL CONNECTIONS

The microphone signals are connected internally to the input module slots given in the tables:

Type 2825		
Probe Connector		Input Module Slot
Slot	Connector No.	
4	1	1 & 2
	2	N.A.

DYNAMIC RANGE

All distortion (inter-modulation and harmonic) and spurious signals at least 80 dB below maximum input for maximum peak input > 40 mV

INTENSITY PROBE/REMOTE CONTROL CONNECTOR

Two 18-pin connectors

Type 2816		
Probe Connector		Input Module Slot
Slot	Connector No.	
10	1	1 & 2
	2	3 & 4
9	1	5 & 6
	2	7 & 8

Each carries:

- 2 microphone signals
- microphone polarization: 0, 28 or 200 V from 2 MΩ source
- preamplifier voltage
- 15 V power supply for Remote Control Unit
- RS-422-A interface for Remote Control Unit

SOUND INTENSITY PROBES SUPPORTED

Types 3545, 3548, 3583 and 3584

Ordering Information 3017

Optional Accessories

Type 3583 Sound Intensity Probe (includes Remote Control Handle ZB 0017)

Type 3584 Sound Intensity Probe
ZB 0017 Remote Control Handle

Specifications – 4-channel Input Module Type 3022

FREQUENCY RANGE

0 to 25.6 kHz

INPUT

BNT socket

INPUT VOLTAGE

28 ranges from 4 mV to 30 V_{peak} in a 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30 sequence. Single ended or differential

INPUT IMPEDANCE

1 MΩ || < 100 pF

COUPLING

AC for all input ranges

DC for 30 mV to 30 V input range

Input zeroing for automatic DC-offset compensation

HIGH-PASS FILTER

0.09 Hz, 3 dB (0.6 Hz, 0.1 dB). Slope 6 dB/octave

MAXIMUM INPUT VOLTAGE

35 V_{rms} continuously

200 V, single pulse:

10 μs rise time (10 to 90%)

700 μs decay time (to 50%)

MAXIMUM INDUCED COMMON MODE VOLTAGE

10 V

SUPPLY FOR PHOTOELECTRIC PROBE

+8 V DC on inner shield

SUPPLY FOR CCLD ACCELEROMETERS

4 mA from +28 V source

COMMON-MODE REJECTION

0 to 1 kHz (DC coupling) 50 Hz to 1 kHz (AC coupling):

70 dB for 4 mV to 3 V input range

50 dB for 4 V to 30 V input range

1 kHz to 25.6 kHz (DC or AC coupling):

50 dB for 4 mV to 3 V input range

40 dB for 4 V to 30 V input range

CROSSTALK (Source: 50 Ω)

Between any two channels on a module or between any two

channels on different modules: No reduction of the 80 dB

dynamic range, or -124 dB

ATTENUATOR LINEARITY

±0.1 dB

ANTI_ALIASING FILTER

Cut-off frequency: 3.2 kHz, 6.4 kHz, 12.8 kHz or 25.6 kHz.

The filter provides at least 80 dB attenuation of those input

frequencies which can cause aliasing

The filter can be bypassed

SAMPLING

Maximum Rate: 132 kHz

A/D conversion: 16 bit

OVERLOAD DETECTION

On both common-mode and differential signals; applied before filters

NOISE

At least 80 dB below the maximum peak input voltage \wedge (1/3 octave), or 2 μ V \wedge (1/3 octave), whichever is greater

DYNAMIC RANGE

All distortion (inter-modulation and harmonic) and spurious at least 80 dB below maximum input for maximum peak input >10 mV

OVERALL FREQUENCY RESPONSE

\pm 0.1 dB from 0 Hz (DC coupling) or 0.6 Hz (AC coupling) to upper frequency limit f_U = 3.2 kHz, 6.4 kHz, 12.8 kHz, or 25.6 kHz

AMPLITUDE LINEARITY

\pm 0.1 dB or \pm 0.015 % of maximum input, whichever is greater, measured using a sine wave. For measurements more than 40 dB below maximum input, the measuring sine wave is accompanied by another sine wave of a lower frequency, having an amplitude of not less than 20 dB below the maximum input

AMPLITUDE MEASUREMENT STABILITY

\pm 0.1 dB

CHANNEL-TO-CHANNEL MATCH

Maximum Gain Difference: 0.2 dB from the lower frequency limit, f_L =0.6 Hz (AC coupling), or 0 Hz (DC coupling) to upper frequency limit f_U =3.2 kHz, 6.4 kHz, 12.8 kHz or 25.6 kHz

Maximum Phase Difference:

2.2° - 0.2° \times (f/f_L) from f_L to 10 \times f_L
 0.2° from 10 \times f_L or 0 to 0.1 \times f_U
 5° \times (f/f_U) - 0.3°, from 0.1 \times f_U to f_U

Ordering Information 3022

Optional Accessories

Type 4396 DeltaTron[®] General Purpose Accelerometer
 Type 2671 DeltaTron[®] Microphone Preamplifier
 Type 4155 Free-field 1/2-inch Microphone

Type 4176 Free-field 1/2-inch Microphone
 Type 4188 Pre-polarized Free-field 1/2-inch Microphone
 Type 4189 Pre-polarized Free-field 1/2-inch Microphone
 Type 2646 DeltaTron Amplifier (charge to DeltaTron converter)
 JP 0145 Adaptor

Specifications – 4-channel Microphone Module Type 3028

FREQUENCY RANGE

0 to 25.6 kHz

700 μ s decay time (to 50%)

INPUT

7-pin LEMO socket Type 1 B
 Pin 1: Charge Injection Output
 Pin 2: Signal Ground
 Pin 3: Polarization Voltage
 Pin 4: Signal Input
 Pin 5: Not connected
 Pin 6: Power Supply Positive (+15 V)
 Pin 7: Power Supply Negative (-15 V)
 Casing: Instrument chassis
 Polarization Voltage: 0/200 V

MAXIMUM INDUCED COMMON MODE VOLTAGE

10 V

COMMON-MODE REJECTION

>40 dB for all input range $f_L < f < 25.6$ kHz

CROSSTALK (Source: 50 Ω)

Between any two channels on a module or between any two channels on different modules: No reduction of the 80 dB dynamic range, or -124 dB

ATTENUATOR LINEARITY

\pm 0.1 dB

INPUT VOLTAGE

28 ranges from 4 mV to 30 V_{peak} in a 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30 sequence differential

ANTI-ALIASING FILTER

Cut-off frequency: 3.2 kHz, 6.4 kHz, 12.8 kHz or 25.6 kHz. Provides at least 80 dB attenuation of those input frequencies which can cause aliasing

INPUT IMPEDANCE

1 M Ω || <100 pF

SAMPLING

Maximum Rate: 132 kHz
 A/D conversion: 16 bit
 Output: 14 bit out of module

CHARGE INJECTION CALIBRATION

Microdot connector for all 4 channels
 Fitted with JP 0169 when not in use

COUPLING

AC for all input ranges

OVERLOAD DETECTION

On both common-mode and differential signals; applied before filters

HIGH-PASS FILTER

0.7 Hz, -3 dB \pm 1 dB (7.0 Hz, -0.1 dB). Slope 12 dB/octave
 22.4 Hz, -3 dB \pm 1 dB (224 Hz, -0.1 dB). Slope 12 dB/octave

NOISE

At least 80 dB below the maximum peak input voltage \wedge (1/3 octave), or 2 μ V \wedge (1/3 octave), whichever is greater

MAXIMUM INPUT VOLTAGE

35 V_{rms} continuously
 200 V, single pulse:
 10 μ s rise time (10 to 90%)

DYNAMIC RANGE

All distortion (inter-modulation and harmonic) and spurious at least 80 dB below maximum input for maximum peak input >10 mV

OVERALL FREQUENCY RESPONSE

±0.1 dB from 7 Hz or 140 Hz to upper frequency limit $f_U = 3.2$ kHz, 6.4 kHz, 12.8 kHz, or 25.6 kHz

AMPLITUDE LINEARITY

±0.1 dB or ±0.015 % of maximum input, whichever is greater, measured using a sine wave. For measurements more than 40 dB below maximum input, the measuring sine wave is accompanied by another sine wave of a lower frequency, having an amplitude of not less than 20 dB below the maximum input

AMPLITUDE MEASUREMENT STABILITY

±0.1 dB

CHANNEL-TO-CHANNEL MATCH

Maximum Gain Difference: 0.2 dB from the lower frequency limit, $f_L = 7$ Hz or 224 Hz to upper frequency limit $f_U = 3.2$ kHz, 6.4 kHz, 12.8 kHz or 25.6 kHz

Maximum Phase Difference:

9.2° - 0.9° × (f/f_L) from f_L to 10 × f_L for $f_L = 7$ Hz
 1.2° - 0.1° × (f/f_L) from f_L to 10 × f_L for $f_L = 224$ Hz
 0.2° from 10 × f_L to 0.1 × f_U
 5° × (f/f_U) - 0.3°, from 0.1 × f_U to f_U

SAFETY

IEC 1010: Safety requirements for electronic measuring apparatus

Ordering Information 3028

Type 3028 4-channel Microphone Module
 Includes the following accessories:
 JP 0169 Shorting Plug

Type 4192 Pressure-field ½-inch Microphone
Type 4193 Infrasound Pressure-field ½-inch Microphone
Type 2669L Falcon® Range Microphone Preamplifier
Type 2670 Falcon® Range ¼-inch Microphone Preamplifier

Optional Accessories

Type 4188 Prepolarized Free-field ½-inch Microphone
Type 4189 Prepolarized Free-field ½-inch Microphone
Type 4190 Low-noise Free-field ½-inch Microphone
Type 4191 Free-field ½-inch Microphone

SOUND INTENSITY

Type 3028 (WH 3229) 4-channel Microphone Module with improved phase matching (0.15°, 2 + 2 channels) for sound intensity measurements
WL 1218 Cable (from sound intensity probe to 2 channels)

Specifications – Generator Module Type 3107

Phase Match between Modules

Without pink filter:

0 to 0.1 × f_U : 0.5°

0.1 × f_U to f_U : 5 × (f/f_U)°

Where $f_U = 25.6$ kHz or 102.4 kHz

SINE

Phase: Selectable between modules:

-360° to +360° (resolution 0.1°)

Correlation between Modules

None for output waveform Random only

Frequency Range

Two generator modes: 25.6 kHz and 102.4 kHz

Output Waveforms

Sine, Dual-sine, Swept Sine, Dual-swept Sine, Random, Multisine, Pseudo-Random, Periodic Random, Pulse and User-definable waveform

Buffer Memory: 64 kword for waveform specified in time or frequency domain

D/A Converter: 16 bit

Analog Smoothing Filters: At least 84 dB attenuation of mirror frequencies

Cutoff Frequency: 25.6 kHz or 102.4 kHz

Pink Filter: 3 dB/octave attenuation from 22.4 Hz to 102.4 kHz

Gain: 0 dB at 1 kHz

Output Level (load >10 kΩ, <1 nF): -5V to +5V peak (AC+DC)

AC LEVEL RANGE

Sine: 1 μV to 3.5 V_{rms}

Random: 1 μV to 1.0 V_{rms}

Multisine: 1 μV to 2.5 V_{rms}

Pseudo-random: 1 μV to 1.8 V_{rms}

Periodic Random: 1 μV to 1.4 V_{rms}

Pulse: 1 μV to 5V peak

Selectable DC Offset: -5V to +5V

Output Differential Impedance: 50 Ω

Maximum Output Current: ±10 mA peak (short-circuit proof)

Output Type: Floating or single-ended

Maximum Common Mode Voltage: ±1V

Accuracy

Relative Amplitude Accuracy: ±0.1 dB re level at 1V from 1 mV to 5V

Frequency Accuracy and Stability: ±0.01 %

DC Offset Error: Automatic compensation

Max. Error (within 1 hour, ±5°C): 0.1 mV or 50 dB below peak signal level, whichever is greater

Pink Filter

Gain Accuracy: ±0.1 dB at 1 kHz

Frequency Response: ±0.2 dB from 22.4 Hz to 102.4 kHz

PULSE

Waveforms: Rectangular, Hanning or Gaussian

Pulse Width:

25.6 kHz mode: From 15 μ s to 64 s (resolution 15 μ s)

102.4 kHz mode: From 4 μ s to 64 s (resolution 4 μ s)

Width can be selected to match one analysis sample period

Repetition Time:

25.6 kHz mode: From 46 μ s to 64 s (resolution 15 μ s)

102.4 kHz mode: From 11 μ s to 64 s (resolution 4 μ s)

Analog Smoothing Filter: Can be bypassed

Off-time: 0 to 64 s (resolution 4 μ s)

Analog Smoothing Filter: Can be bypassed

User-definable Autospectrum

With selectable phase spectrum is transformed to a time sequence up to 2 Ksamples

Phase Spectrum:

25.6 kHz mode: 0°, pseudo-random or periodic random

102.4 kHz mode: 0°, or pseudo-random

Number of Spectral Lines: 64, 128, 256, 512, 1024

Time Sequence: 128, 256, 512, 1024, 2048 samples

User-definable Time Functions

Load and replay time functions up to 64 ksamples. Complex frequency spectra can be transformed to time and replayed. The time function can be repeated.

Specifications – Signal Output Module Type 5955

Type 5955 Signal Output Module is a 4-channel analogue output module for storage of time history on recording instruments, or for monitoring the analogue signal during measurements. Requires Input Module Type 3015 or 3016

OUTPUT

Via BNC socket

Level: 1 V for input signal equal to input voltage range

Output Differential Impedance: 50 Ω

Maximum Output Current: \pm 10 mA (short-circuit proof)

Maximum Output Offset: 3 mV

Output Type: Floating or Single-ended. Manually selectable for each channel

FREQUENCY RANGE

0.5 Hz to 100 kHz

INPUT COUPLING

AC

HIGH-PASS FILTER

-3 dB at 0.06 Hz. Slope 6 dB/octave

DYNAMIC RANGE

All distortion (inter-modulation and harmonic) and spurious at least 80 dB below maximum output for maximum load = 10 k Ω /1 nF

Maximum Common-mode Voltage: \pm 1 V

COMMON MODE REJECTION

0 to 1 kHz: 60 dB

1 kHz to 100 kHz: 40 dB

GAIN ACCURACY

\pm 0.15 dB at 1 kHz including input module

OVERALL FREQUENCY RESPONSE

\pm 0.1 dB re

1 kHz from 0.5 Hz to 100 kHz

CHANNEL-TO-CHANNEL MATCH

Maximum phase difference:

1 Hz to 10 Hz: (5.2-f/2)°

10 Hz to 4 kHz: 0.2°

4 kHz to 102.4 kHz: (f/20k)°

Specifications – Signal Analyzer Input Module Type 7521

Type 7521 interfaces Acquisition Front-end Type 2825 or Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816 to:

- the TAXI Interface Module ZD0815 in the PC for a Type 3560 system

Type 7521 must be installed in slot 0 in any Type 2825 or 2816

MAIN FUNCTIONS

- Identifies all modules in the Type 2816 or 2825
- Transmits setups and programs to all modules
- Provides all input modules and generator modules with sample clock
- Transmits sampled data from all active input modules to analyzer

INPUT/OUTPUT

Sampling Input:

BNT connector for input of the external sampling frequency

Maximum Frequency: 262.5 kHz. When set to external sampling, all absolute frequency values in the analysis system must

be multiplied by a factor ϵ = Actual external sampling frequency/262.144 kHz

Threshold Level: Adjustable from 0.1 V to 5 V (factory setting: 1.2 V)

Input Impedance: 50 Ω (>100 k Ω selectable internally)

Maximum Input: 5 V RMS @ 50 Ω , 15 V RMS @ >100 k Ω

Sampling Output:

BNT connector for output of the system sampling frequency

Frequency: 262.144 kHz

Level: TTL compatible

Output Impedance: 50 Ω (short-circuit proof)

Trigger Input:

BNT connector for input of external trigger, measurement start, update and stop

Trigger Level: Adjustable from 0.1 V to 5 V (factory setting 1.2 V)

Input Impedance: > 100 k Ω

Maximum input: 15 V RMS

Supply for Tachometer Probe MM0012 and MM0024: +8 V DC on inner shield (short-circuit proof)

Ordering Information 7521

Type 7521 Signal Analyzer Interface Module
Includes the following accessories:
 AO0370 TAXI Cable

Optional Accessories

UA1352	PROM update (for 7521 units with a serial No. lower than 1895423 that are to be used in a Type 3560 system)
MM 0012	Photoelectric Probe
MM 0024	Photoelectric Probe

Specifications – Remote Control ZH0630

Power

Power Supply: 12 V DC from battery or via transformer
Max. Current: 200 mA at 12 V

Controls

ZH0630 controls the following PULSE functions: Autorange, Generator On/off, Measurement Start, Proceed, Stop and Reset, Manual Triggers 1 to 3, Save Measurement. In addition, backlighting of the control's LCD can be switched on and off

Ordering Information ZH0630

ZH0630 Remote Control
Includes the following accessories

ZG 0411	Transformer for use in Europe
ZG 0412	Transformer for use in UK
or	
ZG 0413	Transformer for use in US
AO0550	Cable for connection to a 12 V (car) battery

AO0549 Cable for ZH0630, length 5 m
 Type 7700 version 4.1 or later is required for ZH0630

Optional Accessories

AO0568	Cable for ZH0630, length 15 m
--------	-------------------------------

Ordering Information 3560

Type 3560	Multi-analyzer System	UL0121	Dolch MEGAPAC, SVGA screen, 32 MB RAM and internal SCSI, 200 W AC/DC power supply
SOFTWARE		UL0124	Dolch MEGAPAC, SVGA screen, 32 MB RAM and internal SCSI, 350 W AC power supply
BZ 5217	PULSE LabShop version 4.1 CD-ROM	UL0120	External SCSI CD-ROM
Type 7700 G	Noise and Vibration Analysis, 2 ch. license	PC HARDWARE	
Type 7700 A	Noise and Vibration Analysis, 4 ch. license	ZD 0812	300 MFLOPS DSP Board (1 to 4)
Type 7700 B	Noise and Vibration Analysis, 8 ch. license	ZD 0828	120 MFLOPS DSP Board (for use with Type 7700-002)
Type 7700 E	Noise and Vibration Analysis, 12 ch. license	UA 1453	Upgrade Kit from ZD 0828 to ZD 0812
Type 7700 C	Noise and Vibration Analysis, 16 ch. license	ZD 0815	TAXI Interface Module
Type 7700 F	Noise and Vibration Analysis, 24 ch. license	UL0112-002	Throughput-to-disk Option with 4.5 GB Hard Disk
Type 7700 D	Noise and Vibration Analysis, 32 ch. license	UL0138-001	Throughput-to-disk Upgrade from 2 to 4.5 GB
Type 7701	Data Recorder	ACQUISITION HARDWARE	
Type 7702 A	Order Analysis, 4 ch. license	Type 2825	Acquisition Front-end
Type 7702 B	Order Analysis, 8 ch. license	Type 2816	Multichannel Data Acquisition Unit
Type 7702 E	Order Analysis, 12 ch. license	Type 7521	Signal Analyzer Interface Module
Type 7702 C	Order Analysis, 16 ch. license	UA 1352	PROM Upgrade (for 7521 modules before serial no. 1895423)
Type 7702 F	Order Analysis, 24 ch. license	DAT Recorder	See the Product Data for PULSE Interface to SONY DAT Type 7706 (BP 1764) for details of accessories available for using a DAT recorder as a front-end.
Type 7702 D	Order Analysis, 32 ch. license		
Type 7703	Vold-Kalman Order Tracking Filter	INPUT/OUTPUT MODULES	
Type 7704 A	Zwicker Loudness Analysis, 4 ch. license	Type 3015	25 kHz Input Module
Type 7704 B	Zwicker Loudness Analysis, 8 ch. license	Type 3016	100 kHz Input Module
Type 7705	Time Capture	Type 3017	Sound Intensity Module
Type 7706 A	PULSE Interface to SONY DAT, 4 ch. license	Type 3022	4-channel Input Module
Type 7706 B	PULSE Interface to SONY DAT, 8 ch. license	Type 3028	4-channel Microphone Module
Type 7706 E	PULSE Interface to SONY DAT, 12 ch. license	Type 3107	Generator Module
Type 7706 C	PULSE Interface to SONY DAT, 16 ch. license	Type 5955	Signal Output Module
Type 7706 F	PULSE Interface to SONY DAT, 24 ch. license		
Type 7706 D	PULSE Interface to SONY DAT, 32 ch. license	A wide range of Brüel & Kjær accelerometers, microphones, preamplifiers and sound intensity probes are available for use with a Type 3560 system	
Type 7709 D	Multichannel PULSE Viewer License	SERVICES	
Type 7709 G	2-channel PULSE Viewer License	3560-511	Installation and Configuration (at Brüel & Kjær)
BZ 5197	Microsoft Windows NT	7700x-M51	Software Maintenance and Upgrade Agreement (x = A, B, C, D, E, F, G)
BZ 5196	Microsoft Office		
PCs			
UL0106	HP Vectra VL series		
UL0148-64	64 MB Memory Extension for HP Vectra VL		
UL0109	HP 17" colour screen		
UL0146	HP 21" colour screen		
UL0145	Compaq Proliant 1600 Server PC Dual Pentium II 64 MB RAM		
UL0149	Compaq 17" colour screen		
UL0150	Compaq 21" colour screen		

Summary of Ordering Information

The tables below summarise the main components available for Multi-analyzer System Type 3560.

MULTICHANNEL CONFIGURATIONS

Multichannel configurations can be constructed using input/output modules and Acquisition Front-end Type 2825 or Multichannel Data Acquisition Unit Type 2816. These permit systems of up to 16 channels and 32 channels, respectively, depending on the module types used.

Each Type 2816 unit has 10 slots available for input/output modules and 2825 has 4-slots available for input/output modules. All unused slots must be covered with a blank panel (FA 1009).

ACCESSORIES

Included and available accessories are listed in the 3560 system specification, and in the individual Product Data for the Type numbers.

PC		Max. No. of DSP Boards	Max. Ambient Temp. (°C)
UL0106	HP Vectra VL	1 2	40 30*
UL0121	Dolch MEGAPAC, 200W AC/DC power supply	3	40
UL0124	Dolch MEGAPAC, 350W AC power supply	4	40
UL0145	Compaq Proliant 1600	2 3	40 30*

* One free slot between the DSP boards

		Maximum Number of Channels													
		No. Frame		2825 Frame					2816 Frame						
		2	≥4	2	4	8	12	16	2	4	8	12	16	24	32
Type 7700	Noise & Vibration Analysis			G	A	B	E	C	G	A	B	E	C	F	D
Type 7701	Data Recorder			1											
Type 7702	Order Analysis			A	B	E	C		A	B	E	C	F	D	
Type 7703	Vold-Kalman Order Tracking Filter			1											
Type 7704	Zwicker Loudness Analysis			A	B				A	B					
Type 7705	Time Capture			1											
Type 7706	PULSE Interface to SONY DAT			A	B	E	C		A	B	E	C	F	D	
Type 7709	PULSE Viewer License	G	D												
BZ 5197	Microsoft® Windows NT®	1													
BZ 5196	Microsoft® Office	1													
ZD 0812	DSP Board			≥1											
ZD 0828	DSP Board			1					1						
ZD 0815	TAXI Interface Module			1											
UL0112-002	Throughput-to-disk Option			1											
Type 2825	Acquisition Front-end			1											
Type 2816	Multichannel Data Acquisition Unit			1											
Type 7521	Signal Analyzer Interface Module			1											
Type 3015	25 kHz Input Module ¹			2	4				2	4	8				
Type 3016	100 kHz Input Module ¹			2	4				2	4	8				
Type 3017	Sound Intensity Module ²			1	1				1	1	2				
Type 3022	4-channel 25 kHz Input Module ³			1	1	2	3	4	1	1	2	3	4	6	8
Type 3028	4-channel Microphone Module ³			1	1	2	3	4	1	1	2	3	4	6	8
Type 3107	Generator Module ⁴			1	≤3	≤2	1	0	1	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤2
Type 5955	Signal Output Module ⁵			1	1				1	1	2				

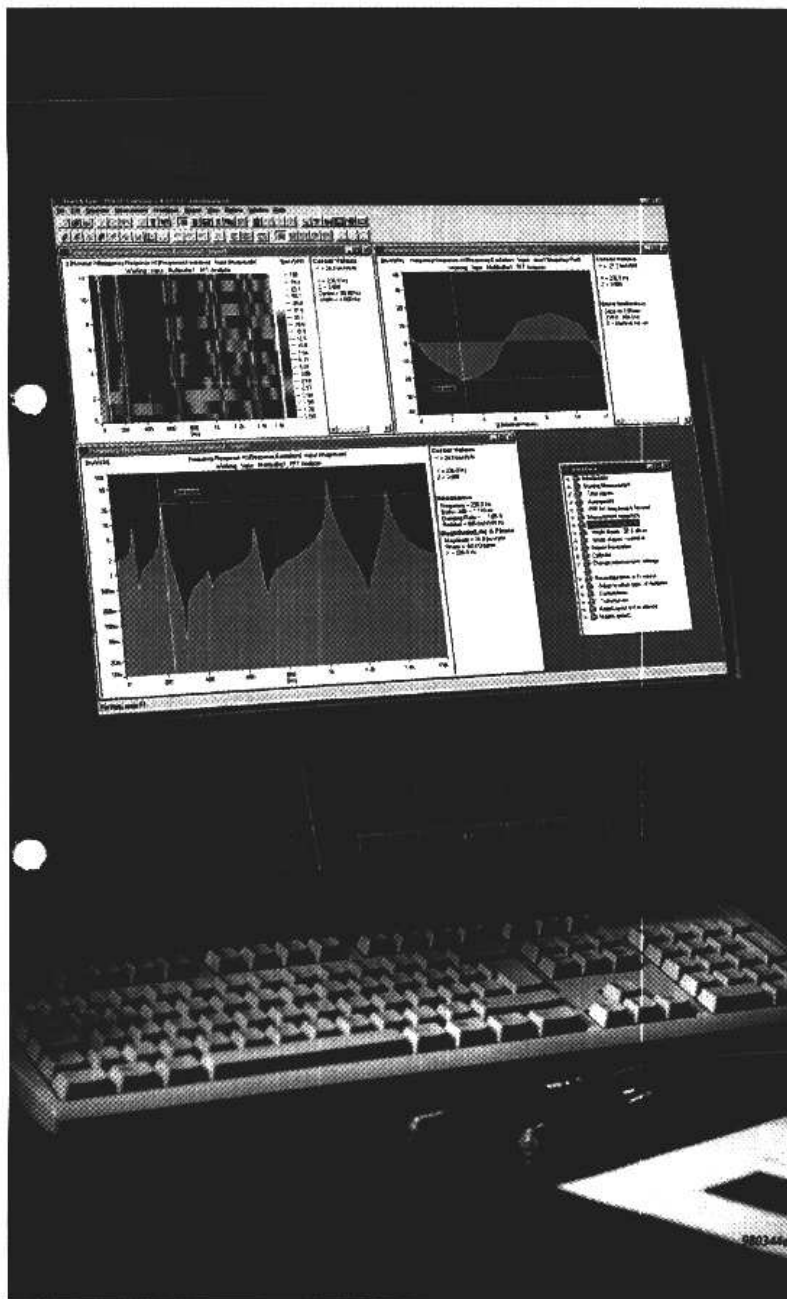
1. 25 kHz and 100 kHz input modules cannot be operated together.
2. When used in Type 2816, two sound intensity probes can be connected to 3017, each probe requires two input modules Type 3015 or 3016.
3. Types 3022 and 3028 can be operated together, but not together with Types 3015 or 3016.
4. 4 generator modules can be used in a Type 2825 if no input modules are used.
5. 4 output channels per module that each require a Type 3015 or 3016 input module. Type 2825 has space for 3 input modules with Type 5955.

Brüel & Kjær reserves the right to change specifications and accessories without notice.

2.2.2 Software PULSE.

PRODUCT DATA

Noise and Vibration Analysis — Type 7700 Base Software for PULSE, the Multi-analyzer System



Noise and Vibration Analysis Type 7700 is the base PULSE™ software and allows the definition of configuration and measurement setups, calibrating, post-processing, displaying and documenting results. It contains a number of generic tools that let you customise your system to suit the requirements of your measurement task.

PULSE provides access to analyzers, post-processing functions and display facilities for your noise and vibration applications. The analyzers and other facilities available depend upon the software installed. For PULSE's base software, Noise and Vibration Analysis Type 7700, the following are available:

- FFT Analyzer
- CPB (1/nth Octave) Analyzer
- Overall Level Analyzer
- Signal Generator

7700

Brüel & Kjær 

Uses and Features

- USES**
- Product noise testing using real-time multichannel analysis
 - General R&D noise and vibration analysis using simultaneous FFT and 1/nth octave measurements
 - Overall analysis with simultaneous measurement of exponential, linear, impulse and peak levels
 - Customised measurement solutions
 - Data acquisition, calibration, measurement, analysis, post-processing and documentation
- FEATURES**
- Runs under Windows NT^{®1}
 - Multi-analysis reduces test and reporting times and ensures consistency, e.g.:
 - Simultaneous FFT and 1/3-octave analysis of the same data
 - Simultaneous analysis using several FFT analyzers
 - 1 to 4 DSP boards per system provides scalable real-time performance
 - Configurations from 2 to 32 channels
 - Automatic detection of front-end hardware
 - Automatic calibration sequencing
 - Allows multiple analyses of the same input data
 - Advanced graphical display and cursor facilities
 - Data export in a variety of formats for use with external applications
 - WorkNotes attached to project layouts that can contain other Windows[®] applications
 - Fast, automatic report generation using MS[®] Word
 - Additional post-processing function types and cursor readings can be installed on the fly
 - Integrated with MS Office allowing, e.g., post-processing using Excel
 - Supports customisation, external control and data export (OLE)

PULSE Software

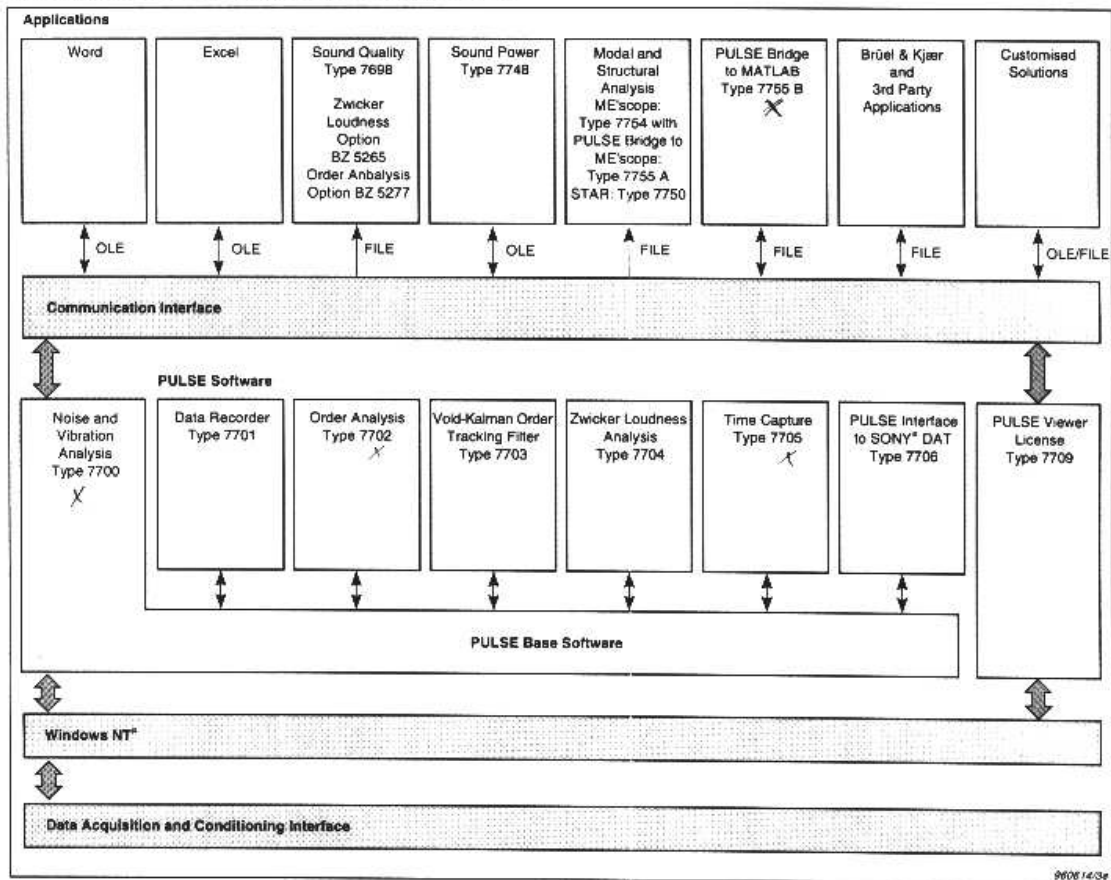
The PULSE software Noise and Vibration Analysis Type 7700 is the base software for all Type 3560 PULSE systems. As well as Noise and Vibration Analysis Type 7700, a range of application software packages is available for use in a PULSE system (see Fig. 1).

License codes determine the software accessible in PULSE and the measurement instruments, post-processing function types and display facilities that can be used for performing analyses. The software available includes:

- Data Recorder Type 7701 (see Product Data BP 1633)
- Order Analysis Type 7702 (see Product Data BP 1634)
- Vold-Kalman Order Tracking Analyzer Type 7703 (see Product Data BP 1760)
- Zwicker Loudness Analyzer Type 7704 (see Product Data BP 1761)
- Time Capture Type 7705 (see Product Data BP 1762)

¹ Windows NT, Windows and MS are registered trademarks of Microsoft Corporation.

Fig. 1 The software and applications available for PULSE



- PULSE Interface to SONY^{®1} DAT Type 7706 (see Product Data BP 1764)
- PULSE Viewer License Type 7709 (see Product Data B P 1855)

Each of these products comes with a number of predefined applications in the form of PULSE Application Projects for common measurement tasks. For example, one of the predefined PULSE Projects supplied with Noise and Vibration Analysis Type 7700 is for "mobility using a hammer". Years of Brüel & Kjær experience have been built into these application projects. They can be adapted to specific requirements or totally new projects can be created.

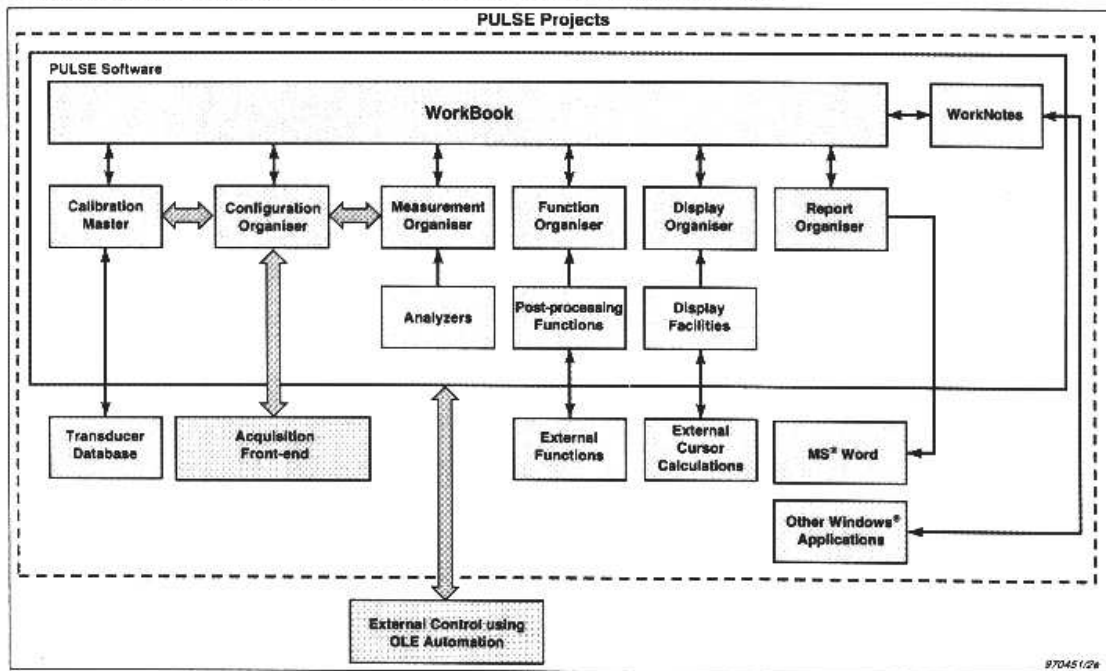
PULSE Projects

A PULSE Project covers the complete measurement task and can involve many different analyses. Projects are set up, managed and documented using Organisers, the Workbook and WorkNotes.

Type 7700 contains five Organisers that you can use to define or modify the configuration, measurement, post-processing function, display and reporting setups. See the software architecture block diagram in Fig. 2.

¹ SONY is a registered trademark of SONY Corporation.

Fig. 2 Block diagram showing software architecture and interface to front-end hardware



A project is essentially a file and includes all setup information, measured data and documentation. You can re-open a saved project and all settings and windows are restored to the same state as when the project was last saved.

The Calibration Master is available for calibrating the front-end hardware connected to a measurement template.

WorkBook

By providing a fast and easy method of controlling window layouts within a project, the WorkBook helps in the management of PULSE Projects and saves time.

The WorkBook allows, for example, any project's window layout to be saved and retrieved at any time for application to other measurement data.

A WorkNote is available for every saved layout. You can add text containing hints and guidance, graphics, a video sequence or another Windows application such as Excel or Word to any WorkNote.

In the PULSE Application Projects provided, the WorkBook and WorkNotes guide you through the measurement demonstrating the ease of use and the intuitive user interface.

Configuration Organiser

The Configuration Organiser automatically detects the front-end hardware. It is only necessary to select the transducers that are connected to the input modules. The Configuration Organiser has a built-in transducer database, which is used to store transducer information that is automatically retrieved when a transducer is added to a channel.

Depending on the types of module in use, configurations of up to 32 channels are possible using a Type 2816 frame. The maximum number of measurement channels is dictated by the software license, which can be for 2, 4, 8, 12, 16, 24 or 32 channels.

You need to define one or more signals for each physical input from a channel that you want to measure. When defining signals, you can give them descriptive names that are used throughout the system for easy identification. The same physical input can yield multiple duplicate signals for analysis in different ways, for example, with different weighting functions applied.

Fig. 3 Configuration Organiser showing the frame, modules, transducers and signals in a front-end configuration for a measurement task, and the properties window, with the groups tab page selected. This lists the defined signal groups. The Workbook is also shown

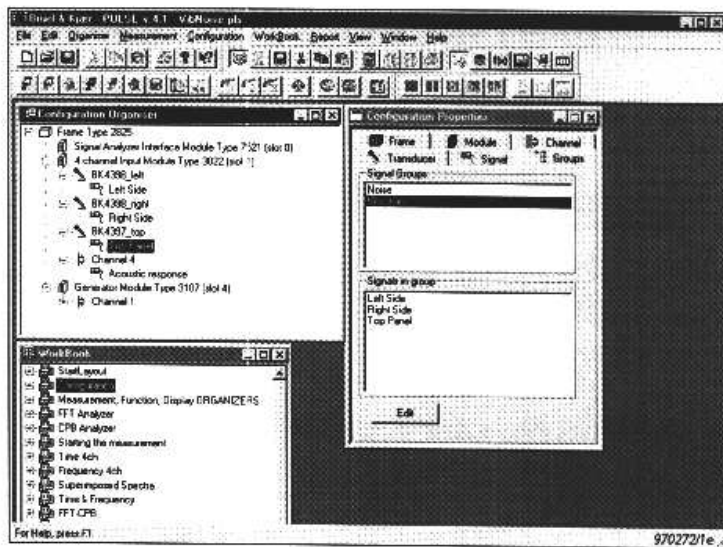
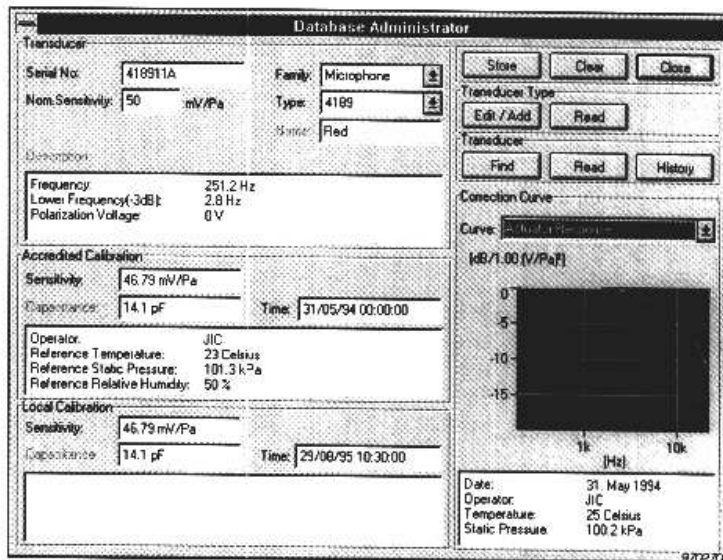
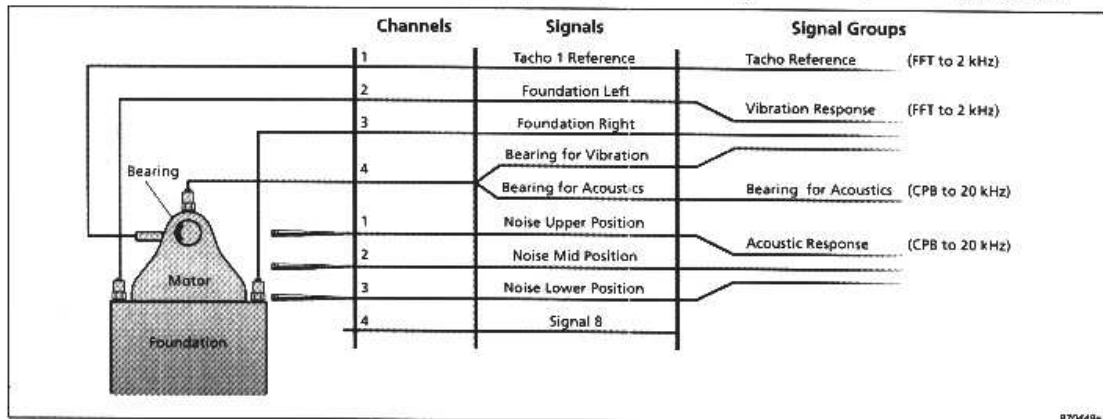


Fig. 4 The Database Administrator dialog box which is used for entering transducer information and for reading in and viewing calibration data. If you have multiple PULSE systems, you can move the database to a net drive, making the same database available to all PULSE users



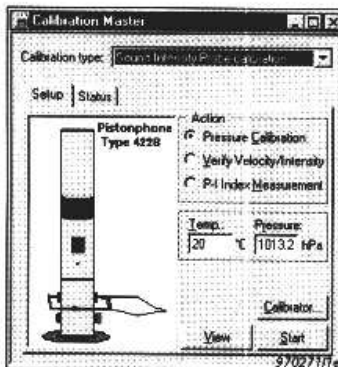
Signals can be collected in groups and handled as a single entity, which is beneficial for multichannel analyses, as it allows the same measurement criteria and/or post-processing to be applied to all members of a group. This makes direct comparison of signals straightforward. A signal can be a member of more than one group. For example, a number of groups can contain the same input signal, but different output signals. The only constraint on signal groups is the number of signals that an analyzer can measure to the desired frequency bandwidth. Fig.5 illustrates one way of defining signals and signal groups for the measurement channel inputs for a motor test. In this example, to simplify management of the measurement task, channel 4 has been used to yield duplicate signals for use in different groups. The duplicate signal of the measurement on the bearing called "Bearing for Vibration" can be used for vibration analysis and "Bearing for Acoustics" can be used for correlation with the acoustic responses.

Fig.5 Front-end configuration for a project showing the physical input channels, signals for analysis and signal groups



Calibration Master

Fig.6 Calibration Master showing the setup for calibrating a sound intensity probe



Calibration of a measurement chain is a straightforward procedure and can be performed before or after measurement. The Calibration Master is aware of the hardware configuration and uses automatic detection for where and when to calibrate. The use of this auto-detection facility allows you to fit a specified calibrator to any transducer, turn it on, and the system will detect it and execute the correct calibration procedure for that channel. Thus, it is possible to calibrate the transducer channels in any order.

If a suspect reading is obtained during measurement, it is possible to go back and re-calibrate a channel, or all channels.

The calibration results for the transducer channels in a front-end are automatically stored in the measurement template.

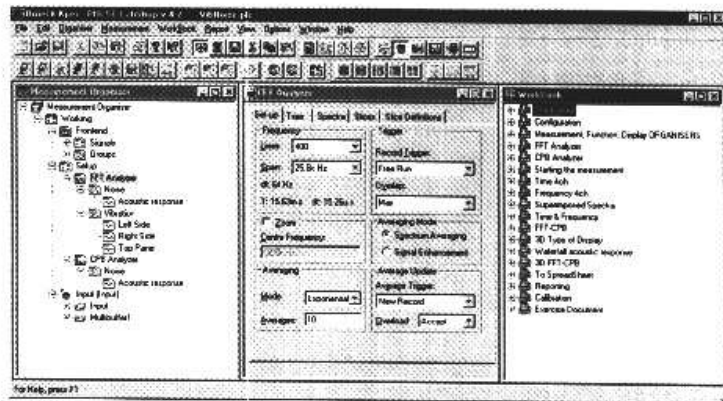
Measurement Organiser

The Measurement Organiser is used for setting up and making measurements. This includes specifying the measurement instruments and the signals, or signal groups, to measure.

Fig. 7 The Measurement Organiser with a defined measurement template and the properties window showing the set-up for the FFT analyzer. The WorkBook is also shown

The analyzer types available for use in system analyses depend on the software accessible. Type 7700 includes:

- FFT analyzer
- Real-time 1/nth octave digital filter analyzer (CPB analyzer)
- Overall Level analyzer
- Signal generator



The fact that PULSE can simultaneously analyse the same signal in a number of different ways, for example, simultaneous FFT and octave analyses, greatly reduces the overall test time and ensures consistency between analyses. It is possible to analyse the same or different signals in different analyzers using different frequency spans and/or bandwidths, for example, having one FFT analyzer analysing to 25 kHz with 800 lines and another FFT analyzer analysing the same or different signals to 1.6 kHz with 6400 lines.

The tab pages of the Measurement Organiser properties window allow you to specify how you want to treat the incoming measurement data. For the various measurement types, such as autospectrum and cross-spectrum, you can select:

- No measurement
- Measurement according to the trigger conditions where only the most recent data is kept
- Measurement according to the trigger conditions where each set of measurement data (e.g., each autospectrum) is stored in a multi-buffer. If Throughput-to-Disk Option UL0112 is installed, two of these multi-buffers can be on the dedicated hard disk

Alternatively, you can reduce the amount of data recorded and obtain faster processing by selecting calculation of slices in the analyzer. This allows you to extract data at a number of specified frequency bands and discard the data that does not interest you. Not only does this reduce the amount of RAM required for the measurement, but it also

reduces the test time as the quantity of data requiring processing is greatly reduced.

Any measurement template can be saved for re-use, so it is easy to repeat measurements. Saved measurements can be recalled at any time and, if required, the measurement resumed or selected parts re-measured.

Function Organiser

The Function Organiser is for setting up the post-processing applied to measured signals. All post-processing is simply the application of functions to measured signal data. A wide range of function types are supplied.

Functions are inserted in groups for ease of management and to allow a number of functions to be shown in the same display graph. Function groups can contain both functions and sub-functions, such as slices. The data for the functions in a group can come from the same or different measurement templates within the current project. To compare functions for measurements made in different projects, it is possible to save the measurement templates containing the data of interest and then import them to the current project. It is then possible to compare the functions from the different measurement templates in the same display graphs, if the functions have similar x- and z-axis units.

Any function group can be saved for re-use. This allows different sets of measurement data to have the same post-processing functions applied to them.

The post-processing functionality of a PULSE system can be extended by installing additional function types on the fly.

For information on the post-processing functions available with a particular analyzer type, see the analyzer specifications.

Display Organiser

The Display Organiser is for setting up the display of results. Calculated functions can be viewed in a wide range of graph types, including:

- Waterfall
- Colour contour
- Curve
- Bar
- Line
- Overlay
- Multi-value

A number of functions can be superimposed and displayed using the same axes in curve graphs. Interpolation can be used with contour plots. Slices (see, e.g., Fig. 10) can be created from contour or waterfall plots. The X-, Y- and Z-axis can be set as linear or logarithmic, and a dB scale can also be selected for the Y-axis. A graph can be shown using any combination of these axis types and autoscaling can be selected. You can display the magnitude, phase, real part or imaginary part of a function. Nyquist and Orbit plots are also available. The spectral scaling units for graphs include:

- Root mean square (RMS)
- Power (PWR)
- Power spectral density (PSD)
- Root mean square spectral density (RMSSD)
- Energy spectral density (ESD)

A wide range of cursor types are available including:

- Main
- Delta
- Reference
- Harmonic
- Sideband

Fig. 8 Waterfalls showing simultaneously measured FFT and 1/3 octave acoustic response for a signal from a multi-analysis using an FFT and a Real-time Digital Filter (CPB) analyzer

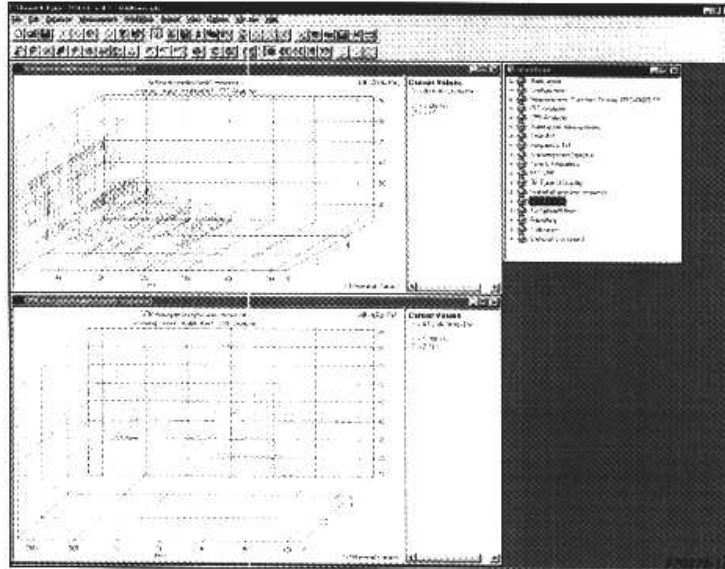
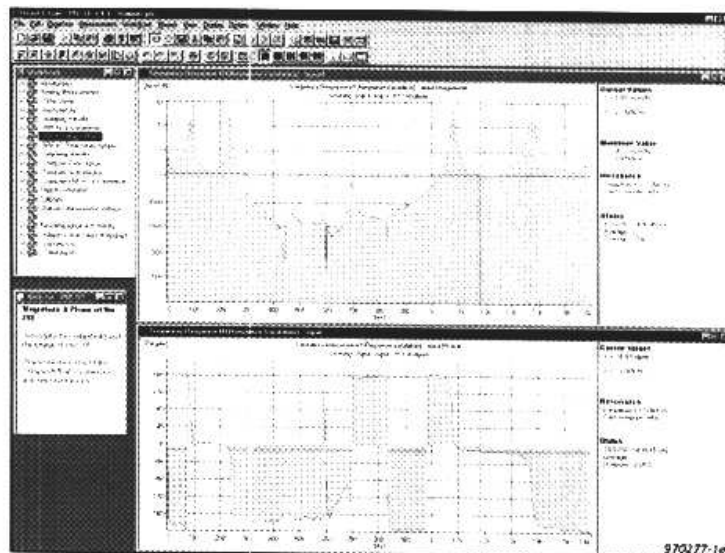


Fig. 9 Curve graphs showing the magnitude and phase for a mobility measurement made using impact excitation. The magnitude and phase values are being read out using the main cursor. Read-outs are also shown for maximum value, frequency, damping and residue of a selected resonance



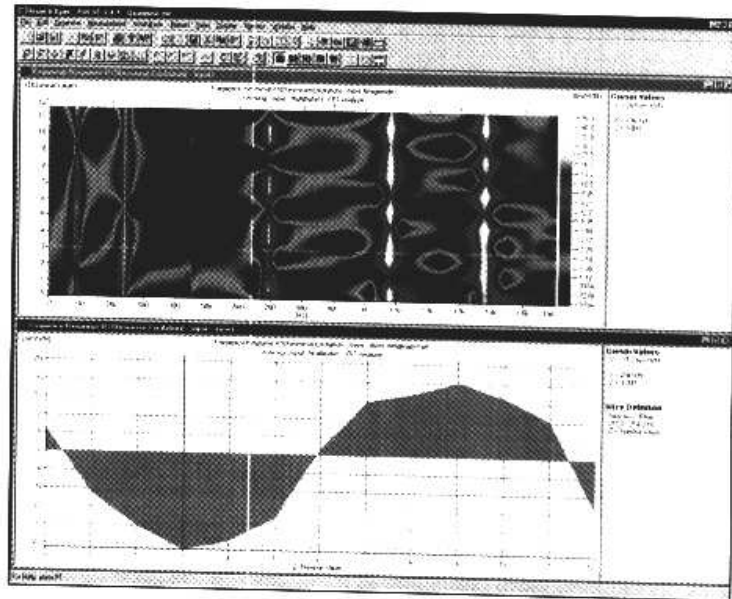
Cursors can be aligned to allow the changes made in one display to be reflected in other displays showing the same function, or similar displays showing different functions. This is extremely useful for making comparisons and obtaining a cursor read-out for various functions at the same axis value in a different display.

A wide range of cursor readings can be selected and read out from displays. Additional types of cursor readings can be installed on the fly at run-time to fulfil special needs.

Any display setup can be saved for re-use. This allows a number of sets of measurement data to be displayed in the same manner.

The colour, line width and line style used for each function in a graph can be set up individually.

Fig. 10 An interpolated contour plot of a run-up measurement made using an FFT analyzer and a slice view which has been extracted from it



Report Organiser

The Report Organiser is where report setups are defined and stored. PULSE's built-in report generator allows fast and automatic generation of reports in MS Word. A number of predefined report setups are supplied with each of the application projects that come with PULSE and you can easily define new report setups.

A number of reports can be generated automatically when you make a measurement. When you generate a report, the report setup is automatically loaded into a Word template. This template can be edited and the final report document worked with in the same way as any other document in the word-processing package. You can also select the report template to use with a report setup. This enables the development of a catalogue of report templates for different purposes that include, for example, company information and logos.

Data Export

PULSE allows you to select the format in which you want to export data. A number of formats are available including:

- PULSE ASCII – for exporting data in ASCII format for use in spreadsheets, etc.
- PULSE Binary – for saving functions for import into other PULSE projects
- Universal File Format (UFF) – for data export with degree-of-freedom information to, for example, structural analysis packages
- Binary UFF – for reduced file size and improved performance, and for the export of extra function types
- SDF – a Hewlett-Packard file format used in many applications
- WAV – for use, for example, with Sound Quality Program Type 7698¹
- STAR Binary – for data export to Modal Analysis Type 7750

¹ This option requires installation of a license for Time Capture Type 7705

If you have PULSE Bridge to MATLAB Type 7755 B installed, PULSE also allows you to export groups of data from the Function Organiser for further processing using MATLAB^{®1}.

On-line Help and Literature

The installation manual, hardware manual and all related Product Data are available using Acrobat^{™2} Reader which is provided with PULSE. Comprehensive help is available on-line including context-sensitive help.

The WorkNotes in predefined projects come with useful application information.

Custom Control Programs

Custom control programs can be developed for the automation of measurement procedures using OLE Automation and Visual Basic^{®3} or Visual C++[®]. With such programs, PULSE becomes the server and allows easy and automated gathering of data or complete analyses including report generation to be performed at the click of a mouse button. An extra help file, type library and a range of programming examples are included with PULSE.

¹. MATLAB is a registered trademark of The MathWorks, Inc.

². Acrobat is a trademark of Adobe Systems, Inc.

³. Visual Basic and Visual C++ are registered trademarks of Microsoft Corporation

Specifications – Noise and Vibration Analysis Type 7700

PULSE Software

The Windows-based analysis software is delivered on CD-ROM and with a software protection key
 The software can be ordered with a license for measurement on 2, 4, 8, 12, 16, 24 or 32 channels
 As many signal groups as desired can be created from the measured signals

ACQUISITION PERFORMANCE

Data Transfer rate via TAXI interface:

Channel × Bandwidth 400 kHz corresponding to 2 MB/s or 1 Msample/s or, for example, 32 channels to 12.8 kHz

ANALYSIS PERFORMANCE

Guidelines for the computing power of each DSP Board ZD 0812 expressed as real-time channel × bandwidth product (see also FFT and CPB specifications below):

	1 DSP: Channel × Bandwidth	
	Max.	Typical
Real-time FFT	400	200
Real-time CPB	200 ^a	100

a. For example, 8 channels to 20 kHz centre frequency in upper band

Upper Freq. in Zoom × Channel: 100 kHz

Hardware Configuration

The software automatically detects the front-end hardware connected and configures the system

Calibration

Calibration can be performed before or after measurement. The program uses automatic calibration sequencing

Measurement Control

AVERAGING

Averaging types available for the measured signals are:

- Linear
- Exponential
- Max. hold
- Min. hold
- +Peak
- -Peak
- Overlaps – fixed values of 0 %, 50 %, 66²/₃ %, 75 % and max. or can be set from 0 to 99 %

TRIGGER TYPES

- Signal

- External
 - Manual
 - Free-run
 - Time
 - Generator
 - Internal level (CPB and Overall Level analyzers)
- A channel or a trigger delay can be applied

PRE-PROCESSING

Pre A-, B-, C- and D-weighting (IEC 651 type 1)

ANALYSIS

A number of instruments of the same or different types can be used simultaneously. The possible instrument types include:

- FFT analyzer
- CPB analyzer (1/nth octave)
- Overall Level analyzer
- Signal Generator (requires Generator Module Type 3107)

Measurement

ANALYZERS

For the FFT-, CPB- and Overall Level analyzer specifications see the relevant analyzer specifications at the end of this section.

MULTI-BUFFERS

No. of multi-buffers: 4

Maximum capacity of each: 100 k values, e.g., 250 spectra x 400 lines

Two of the multi-buffers can be specified as being on the DSP hard disk (if a Throughput-to-Disk Option UL 0112-00x is installed). Depending on the disk size, this will increase the maximum capacity of each multi-buffer

Display

Maximum display cycle rate: 25 times per second, per display, depending on PC hardware

GRAPH TYPES

Display of functions in a range of graph types including:

- Waterfall
- Waterfall (step)
- Colour contour
- Bar
- Line
- Curve
- Curve (step)
- Overlay
- Overlay (all)
- Multi-value

Superimposed Graphs: A number of functions can be superimposed on the same curve graph

DERIVED DISPLAYS

Harmonic and individual slices can be cut and extracted from contour, waterfall and overlay plots

AXES

X-axis scale: linear, logarithmic and CPB

Y-axis scale: linear, logarithmic and dB

Z-axis scale: linear and logarithmic

COORDINATES

- Real
- Imaginary
- Magnitude
- Phase
- Nyquist

SPECTRAL UNITS

- Root mean square (RMS)
- Power (PWR)
- Power spectral density (PSD)
- Root mean square spectral density (RMSSD)
- Energy spectral density (ESD)

ACOUSTIC POST-WEIGHTING

- A-, B-, C-, D-, L-weighting

j ω WEIGHTING

- $1/j\omega^2$
- $1/j\omega$
- 1
- $j\omega$
- $j\omega^2$

Cursors

CURSOR TYPES

Depending on the display type, the following are available:

- Main
- Delta
- Reference
- Harmonic
- Sideband

Alignment: Cursors in different displays can be synchronised to allow the changes to one display to be reflected in other displays showing the same or different functions

CURSOR READINGS

The cursor values that can be read out include:

- Acoustic levels
- Corrected frequency
- Cursor indices and values
- Delta
- Delta/total
- Maximum and minimum values
- Nearest harmonic
- Nearest sideband
- Reference
- Resonance
- Reverberation
- Slice definition
- Status
- Total

Other cursor readings can be added

Programmable

Supports OLE Automation, allowing the development of customised control programs

Export

Export of data to a file in ASCII format or to spreadsheet packages such as MS Excel 7.0, or later. Also PULSE File Binary, Universal File ASCII/Binary, SDF, WAV (7705 license required) and STAR Binary

With PULSE Bridge to MATLAB Type 7755 B installed, export of groups of data for further processing using MATLAB

Reporting

Integrated reporting utilising MS Word for Windows version 7.0, or later

Specifications – FFT Analyzer

A number of variants of the FFT analyzer can be used simultaneously

Measurement

FREQUENCY RANGE

Baseband and Zoom: 50–6400 lines

Frequency Span: 1.56 Hz–102.4 kHz

Centre Frequency Resolution: 1 mHz

TIME WEIGHTING

The following are available:

- Uniform
- Hanning
- Flat-top
- Kaiser-Bessel
- Transient
- Exponential

FREQUENCY WEIGHTING

- A, B, C, D
- $j\omega^2$, $j\omega$, 1, $1/j\omega$, $1/j\omega^2$

Pre-processing

The following pre-processing can be selected for an analyzer

- Time
- Autospectrum

- Cross-spectrum

Post-processing

The following post-processing functions can be applied to measured data:

- Complex time (Hilbert transform)
- Monitor time
- Fourier spectrum
- Phase-assigned autospectrum
- Frequency response function (H1, H2, H3)
- 1/Frequency response function (1/H1, 1/H2, 1/H3)
- Coherence
- Signal-to-noise ratio
- Coherent/non-coherent power
- Auto-correlation
- Cross-correlation
- Impulse response (h1, h2, h3)
- Calculated intensity
- Calculated complex intensity
- Calculated mean pressure spectrum
- Calculated velocity spectrum
- p–l index
- Cepstrum
- Liftered Spectrum
- CPB Synthesize
- Orbit

Input Module Type	Frequency Span (kHz)	Minimum Number of DSP Boards (60 MHz) and Analyzers Required to Measure 800 line FFT Autospectrum Using Maximum Overlap (No Cross-spectrum Measured) [DSP Boards: ZD 0812 – all channels, ZD 0828 – 1 and 2 channels]					
		Number of Channels					
		1	2	4	6	8	
3016	102.4	1 (1)		1 (1)			
	51.2				1 (1)	1 (1)	
	25.6			1 (2)		1 (2)	2 (2)
	12.8						2 (3)
	6.4						
3.2			2 (3)	2 (4)			

() values in parenthesis are the minimum number of virtual analyzers required

Input Module Type	Frequency Span (kHz)	Minimum Number of DSP Boards (60 MHz) and Analyzers Required to Measure 800 line FFT Autospectrum Using Maximum Overlap (No Cross-spectrum Measured) [DSP Boards: ZD 0812 – all channels, ZD 0828 – 1 and 2 channels]				
		Number of Channels				
		1	2	4	6	8
3015	25.6	1 (1)				
	12.8					
	6.4					
	3.2					

() values in parenthesis are the minimum number of virtual analyzers required

Input Module Type	Frequency Span (kHz)	Minimum Number of DSP Boards (60 MHz) and Analyzers Required to Measure 800 line FFT Autospectrum Using Maximum Overlap (No Cross-spectrum Measured) [DSP Boards: ZD 0812 – all channels, ZD 0828 – 1 and 2 channels]								
		Number of Channels								
		1	2	4	6	8	12	16	24	32
3022 & 3028	25.6	1 (1)							1 (2)	
	12.8	1 (1)							1 (2)	
	6.4	1 (1)							1 (2)	
	3.2	1 (1)							1 (2)	

(1) values in parenthesis are the minimum number of virtual analyzers required

Specifications CPB Analyzer (Real-time 1/nth octave)

A number of variants of the CPB analyzer (Real-time 1/nth octave Digital Filter analyzer) can be used simultaneously. The analyzer uses real-time standardized fractional octave digital filters

Single Channel: $-84 \leq n \leq 323$. 408 filters with centre frequencies from 90.4 mHz to 11.1 kHz
 Doubling the number of channels halves the upper frequency
Minimum Mean Time Interval between Spectra¹: 10 ms

Measurement

Maximum frequency: 100 kHz per channel

1/1-OCTAVE FILTERS

14-pole filters with centre frequencies given by $10^{3n/10}$. Fulfills IEC 1260-1995 Class 1, DIN 45651 and ANSI S1.11-1986, Order 7 Type 1-D, optional range

Single Channel: $-3 \leq n \leq 16$. 20 filters with centre frequencies from 125 mHz to 63 kHz

Doubling the number of channels halves the upper frequency

1/3-OCTAVE FILTERS

6-pole filters with centre frequencies given by $10^{n/10}$. Fulfills IEC 1260-1995 Class 1, DIN 45651 and ANSI S1.11-1986, Order 3 Type 1-D

Single Channel: $-10 \leq n \leq 49$. 60 filters with centre frequencies from 100 mHz to 80 kHz

Doubling the number of channels halves the upper frequency
Minimum Mean Time Interval between Spectra¹: 5 ms

1/12-OCTAVE FILTERS

6-pole filters with centre frequencies given by $10^{(n + 0.5)/40}$.
Single Channel: $-30 \leq n \leq 173$. 204 filters with centre frequencies from 183 mHz to 21.8 kHz

Doubling the number of channels halves the upper frequency
Minimum Mean Time Interval between Spectra¹: 5 ms

1/24-OCTAVE FILTERS

6-pole filters with centre frequencies given by $10^{(n + 0.5)/80}$

¹Dependent on PC configuration, number of DSP cards and number of channels

DETECTORS

- Linear averaging
- Exponential averaging

PROCESSING

The following can be measured:

- Autospectrum
- Cross-spectrum
- Mean pressure spectrum
- Velocity spectrum
- Intensity spectrum
- Complex intensity spectrum

Note that intensity measurement is for intensity probes with 2 microphones

MAX./MIN. SPECTRUM HOLD

Max./min. hold of spectrum for exponential averaging mode

Post-processing

The following post-processing can be applied to a CPB measurement

- Phase-assigned autospectrum
- Frequency response function (H 1, H 2, H 3)
- 1/Frequency response function (1/H 1, 1/H 2, 1/H 3)
- Coherence
- Signal-to-noise ratio
- Coherent/non-coherent power
- Calculated intensity/complex intensity
- p-I index

Input Module Type	Centre Frequency Span (Hz)	Minimum Number of DSP Boards (60 MHz) and Analyzers Required to Measure Autospectrum using Standardized Real-time 1/3-octave Digital Filtering (No Cross-spectrum Measured), No A & L measurement [DSP Boards: ZD 0812 – all channels, ZD 0828 – 1 and 2 channels]				
		Number of Channels				
		1	2	4	6	8
3016	20–80 k	1 (1)*	1 (2)	3 (4)		
	20–50 k		1 (1)*	2 (4)		
	20–25 k			1 (1)	2 (2)	
	20–12.5 k		2 (2)		2 (2)	
	20–6.3 k		1 (2)		2 (3)	
	20–3.15 k		2 (2)		2 (2)	

() values in parenthesis are the minimum number of virtual analyzers required * For DSP Board ZD 0828, only valid to 25 k for 1 channel and 10 k for 2 channels

Input Module Type	Centre Frequency Span (Hz)	Minimum Number of DSP Boards (60 MHz) and Analyzers Required to Measure Autospectrum using Standardized Real-time 1/3-octave Digital Filtering (No Cross-spectrum Measured, No A & L measurement) [DSP Boards: ZD 0812 – all channels, ZD 0828 – 1 and 2 channels]					
		Number of Channels					
		1	2	4	6	8	
3015	20–20 k	1 (1)			1 (2)	2 (1)	
	20–10 k				1 (1)		1 (1)
	20–6.3 k				1 (1)		1 (1)
	20–3.15 k				1 (1)		1 (1)

() values in parenthesis are the minimum number of virtual analyzers required

Input Module Type	Centre Frequency Span (Hz)	Minimum Number of DSP Boards (60 MHz) and Analyzers Required to Measure Autospectrum using Standardized Real-time 1/3-octave Digital Filtering (No Cross-spectrum Measured), No A & L measurement [DSP Boards: ZD 0812 – all channels, ZD 0828 – 1 and 2 channels]									
		Number of Channels									
		1	2	4	6	8	12	16	24	32	
3022 & 3028	20–20 k	1 (1)				1 (2)	2 (2)	3 (2)			
	20–10 k					1 (2)		2 (2)	2 (3)		3 (4)
	20–6.3 k					1 (1)		1 (2)	1 (3)		1 (4)
	20–3.15 k					1 (1)		1 (3)	1 (4)		

() values in parenthesis are the minimum number of virtual analyzers required

Specifications – Overall Level Analyzer

A number of variants of the Overall Level analyzer can be used simultaneously

- Linear
- Impulse
- Peak

Measurement

Any signal can be measured using an Overall Level analyzer. Complies with the requirements for a class 1 instrument in IEC 651, 1979, Sound Level Meters

AVERAGING

The following averaging modes are available:

- Average over a period
- Continuous running averaging

AVERAGE OVER A PERIOD OF TIME

Max. Linear Averaging Time: 86400 s (24 hrs.)

Max. Exponential Averaging Time: 1024 s

DETECTORS

- Exponential

Max. Peak Detection Time: 36000 s (10 hrs.)

CONTINUOUS RUNNING AVERAGING

Maximum averaging time when running continuously on 1 channel with an Input Module Type 3022:

Overload Accept Mode:

– Linear: 17 s

– Peak: 18 s

Overload Reject Mode:

– Linear: 34 s

– Peak: 27 s

FREQUENCY SPAN

Maximum: 102.4 kHz

MEASUREMENT MODES

- Exponential (including fast and slow)

- Exponential + impulse
- Exponential + maximum hold
- Exponential + minimum hold
- Linear
- Linear + impulse
- Peak

All modes can be measured simultaneously

ACOUSTIC WEIGHTING

- Linear
- A, B, C, D

CYCLIC BUFFER

A cyclic buffer is available for making continuous linear and peak measurements

Specifications – Signal Generator

Provides signals for performing a system analysis. Each signal requires the use of a Type 3107 Generator Module. Type 2825 or 2816 can hold up to four Type 3107 modules

WAVEFORMS

- Sine – fixed or swept (burst or continuous)
- Dual sine – fixed, swept or combination

- Multisine
- Random (burst or continuous)
- Pseudo-random
- Periodic Random
- Pulse

See Type 3560 System Data (BU0216) for further specifications

Ordering Information

Type 7700 Noise and Vibration Analysis for use with PULSE, the Multi-analyzer System Type 3560

SOFTWARE

Protection Key

Type 7700G: Noise and Vibration Analysis, 2 ch. license

Type 7700A: Noise and Vibration Analysis, 4 ch. license

Type 7700B: Noise and Vibration Analysis, 8 ch. license

Type 7700E: Noise and Vibration Analysis, 12 ch. license

Type 7700C: Noise and Vibration Analysis, 16 ch. license

Type 7700F: Noise and Vibration Analysis, 24 ch. license

Type 7700D: Noise and Vibration Analysis, 32 ch. license

SERVICES

7700G – MS1: Software Maintenance and Upgrade Agreement, 2 ch. license

7700A – MS1: Software Maintenance and Upgrade Agreement, 4 ch. license

7700B – MS1: Software Maintenance and Upgrade Agreement, 8 ch. license

7700E – MS1: Software Maintenance and Upgrade Agreement, 12 ch. license

7700C – MS1: Software Maintenance and Upgrade Agreement, 16 ch. license

7700F – MS1: Software Maintenance and Upgrade Agreement, 24 ch. license

7700D – MS1: Software Maintenance and Upgrade Agreement, 32 ch. license

See the Software Maintenance and Upgrade Product Data (BP 1800) for further details

Brüel & Kjær reserves the right to change specifications and accessories without notice.

2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ADQUISICION DE DATOS DE TEMPERATURA

2.3.1 Introducción.

Para el control y adquisición de datos de la instalación, se ha optado por un innovador sistema empleado en grandes empresas como Ford, Renault etc. Este sistema recibe el nombre de HP Agilent 34970 A

Con estos módulos se recogen tanto señales digitales y analógicas, dichas señales son enviadas al PC para que pueda visualizarse por pantalla. Toda esta información es recogida por los programas informáticos para su posterior tratamiento. El programa de control se denomina **DATALOGGER**.

Este sistema permite realizar un control y adquisición de datos de una forma totalmente automatizada.

Una particularidad del sistema es la comunicación entre el usuario y la instalación, la cual se lleva a cabo mediante un PC que incorpora un software elaborado por AVL, y que además procesa y almacena toda la información que haya sido adquirida.

Este software permite visualizar por pantalla el estado general de la instalación y modificar los parámetros regulados por los sistemas auxiliares que se comunican con el Datalogger.

2.3.2 Aspecto fundamentales de las mediciones.

El DMM Interno

El DMM interno proporciona un front-end de entrada universal para realizar mediciones de una variedad de tipo de transductores sin que sea necesario acondicionar más la señal externa. El DMM interno incluye accionamiento de la señal, amplificación y un convertidor de analógico a digital de alta resolución (hasta 22 bits).

El DMM interno puede realizar directamente los siguientes tipos de mediciones. Las posibles mediciones son:

- Temperatura (termopar, RTD y termistor)
- Tensión (cc y ca de hasta 300V)
- Resistencia (bifilar y tetrafilas de hasta 100 MΩ)
- Frecuencia y período (de hasta 300 kHz)

2.3.3 Cómo eliminar tensiones de ruido de líneas de corriente.

Una característica deseable de un convertidor de integración de analógico a digital es su capacidad para eliminar señales espurias. Las técnicas de integración eliminan el ruido causado por la línea de alimentación presente con las señales de cc en la entrada, a esto se le denomina supresión en modo normal. La supresión de ruido en modo normal se consigue cuando el DMM mide la media de la entrada “integrándola” en un periodo fijo. Si establece el tiempo de integración en un número entero de ciclos de la línea de alimentación de la entrada espuria, estos errores quedaran en una media aproximadamente cero.

2.3.4 Configuración de Mediciones de Temperatura.

Una medición de temperatura por transductor suele ser una medición de resistencia o de tensión convertida a una temperatura equivalente por medio de rutinas de conversión de software del instrumento. La conversión matemática se basa en las propiedades específicas de los diversos transductores.

Las rutinas de conversión utilizadas por el HP 34970 A son compatibles con la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-909). A continuación se muestra la precisión de la conversión matemática de cada tipo de transductor:

Transductor	Precisión de la conversión
Termopar	0.05°C
RTD	0.02°C
Termistor	0.05°C

Entre los errores relacionados con las mediciones de temperaturas se encuentran todos los errores de las mediciones de tensión de cc y de resistencia. La fuente más importante de errores en las mediciones de temperatura suele ser el propio transductor.

Los requisitos del usuario en cuanto a las mediciones le ayudarán a determinar que tipo de transductor de temperatura debe utilizar. Cada tipo de transductor tiene un rango de temperaturas, una precisión y un coste diferentes. En la siguiente tabla se muestra las características más frecuentes de cada tipo de transductor:

Parámetro	Termopar	RTD	Termistor
Rango de temperaturas	-210°C a 1820°C	-200 a 850°C	-80°C a 150°C
Tipo de medición	Tensión	Ohmios bifilares o tetrafilares	Ohmios bifilares o tetrafilares
Sensibilidad del transductor	$6 \cdot 10^{-6} \text{V}/^{\circ}\text{C}$ a $60 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$=R_0 \times 0.004 \text{ } ^{\circ}\text{C}$	$=400 \text{ } \Omega/^{\circ}\text{C}$
Precisión de sonda	0.5°C a 5°C	0.01°C a 0.1°C	0.1°C a 1°C
Durabilidad	Robusto	Frágil	Frágil

2.3.5 Mediciones de termopar.

Un termopar convierte la temperatura en tensión. Cuando se unen dos cables compuestos por metales distintos, se genera una tensión. Esta tensión es una función de la temperatura de unión y de los tipos de metales en el hilo de termopar. Puesto que las características de temperatura de muchos metales distintos son bien conocidas, se puede realizar a partir de la tensión generada una conversión a la temperatura de unión.

Unidades de medición:

- El instrumento puede presentar las mediciones de temperatura en °C (Celsius), °F (Fahrenheit), o K (Kelvin). Puede combinar las unidades de

temperatura en diferentes canales dentro del instrumento y en el mismo módulo.

- El instrumento selecciona Celsius cuando se cambia el tipo de sonda y después de una reinicialización de Fábrica.
- La colocación de la etiqueta de medición Mx+B a °C, F, o K no tiene ningún efecto en las unidades de medición de temperatura actualmente seleccionadas.
- Operación desde el Panel Frontal: primero, seleccione la función de temperatura en el canal activo. A continuación seleccione las unidades de temperatura
- Operación desde el Interfaz remoto:
UNIT: TEMP F, (@103)

Hay varios tipos de termopar disponibles, en nuestro proyecto emplearemos el termopar de tipo k que a continuación describimos las características:

Tipo termopar	Conductor pos	Conductor neg	Rango de temperatura	Precisión de la sonda	comentarios
K	Níquel-cromo	Níquel-aluminio	-200°C a 1370°C	+/-1.1°C-2.2°C	Para entornos oxidantes. Buena linealita por encima de 8°C

Nota:

- Las mediciones de termopar exigen una temperatura de unión de referencia. Para esta temperatura puede utilizar una medición interna en el módulo, un termistor externo o medición RTD o una temperatura de unión fija.
- Si selecciona una referencia externa, el instrumento reserva automáticamente el canal 01 del multiplexor en la ranura más baja como el

canal de referencia. Si hay más de un multiplexor instalado, se utiliza el canal 01 del módulo en la ranura más baja como referencia para todo el instrumento.

- Antes de configurar un canal termopar con una referencia externa, debe configurar el canal de referencia (canal 01) para una medición del termistor o RDT. Se genera un error si intenta seleccionar la fuente de referencia externa antes de configurar el canal de referencia. También si cambia la función del canal de referencia después de seleccionar la referencia externa para un canal termopar.
- Si selecciona una temperatura de referencia fija, especifique un valor entre -20°C y $+80^{\circ}\text{C}$.

2.3.6 Fuentes de Error en las Mediciones de Termopar.

Error en la unión de referencia: Un termopar suele formarse al soldar dos hilos para realizar la unión. El soleamiento añade un tercer metal a la unión. Si ambos lados del termopar están a la misma temperatura, el tercer metal tendrá poco efecto.

Los termopares comerciales se sueldan utilizando una técnica de descarga capacitiva. Esta técnica se utiliza para evitar el sobrecalentamiento del hilo del termopar cerca de la unión y para evitar la difusión del gas y la atmósfera del soleamiento en el hilo del termopar. Una conexión mal soldada también puede causar errores en una medición de termopar. Se pueden detectar las uniones de termopar abiertas comprobando la resistencia del termopar.

Error de difusión: Difusión en un hilo de termopar es un proceso que consiste en la modificación del tipo de aleación en el hilo. Las partículas atmosféricas pueden introducirse en el metal. Estas modificaciones en la aleación del hilo introducen pequeños cambios en la tensión de medición. Las causas de la difusión suelen ser la exposición a altas temperaturas junto al hilo o la aplicación sobre el hilo de presiones físicas como estiramientos o presiones.

Resulta difícil detectar los errores de temperatura causados por la difusión debido a que el termopar sigue respondiendo a cambios en la temperatura y proporciona resultados casi correctos. Los errores de la difusión suelen detectarse como una variación en las mediciones de temperatura. Es posible que sustituir un termopar que muestra un error

de difusión no solucione el problema por ello hay que examinar toda la ruta de la medición en este caso.

Impedancia en paralelo: El aislamiento utilizado para el hilo de termopar y el hilo prolongador puede resultar degradado por temperaturas altas o atmósferas corrosivas. Estas rupturas aparecen como una resistencia en paralelo con la unión de termopar. Esto resulta especialmente claro en sistemas que utilicen un pequeño calibrador de alambres en el que la resistencia en serie del hilo es alta.

Apantallamiento: Reduce el efecto del ruido de modo común en una medición de termopar. El ruido de modo común lo generan fuentes como líneas de corriente y motores eléctricos. El ruido se acopla a los hilos de termopar que no estén apantallados a través de la capacitancia distribuida. Agregar un apantallamiento al hilo de termopar relegará a tierra el ruido de modo común y preservará la medición.

Error de cálculo: hay un error inherente a la manera en que se convierte e temperatura una tensión de termopar. Estos errores de cálculo suelen ser muy pequeños en comparación con los errores de los hilos, del termopar, de las conexiones y de la unión de referencia.

2.3.7 Limites de alarma.

El Datalogger tiene cuatro alarmas que puede configurar para que le avisen cuando una lectura excede los límites especificados e n canal durante una exploración. Puede asignar un límite alto, un limite bajo, o los dos a un canal configurado en la lista de canales.

CAPÍTULO 3:
APLICACIONES INFORMÁTICAS DE
CONTROL

ÍNDICE CAPÍTULO 3

3.1 FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA PULSE.	330
3.1.1 Configuración del proyecto.	330
3.1.1.1 El organizador de configuración.	330
3.1.1.2 El organizador de medidas.	334
3.1.1.3 Funciones y el organizador de funciones.	337
3.1.1.4 Pantallas y el organizador de pantallas.	340
3.1.1.5 Guardar el proyecto.	342
3.1.1.6 Calibración.	343
3.1.1.7 Adquisición de datos.	345
3.1.1.8 Guardar las medidas realizadas.	345
3.1.2 Barra de herramientas y teclas de acceso rápido.	346

3.1 FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA PULSE.

3.1.1 Configuración del proyecto.

Para configurar un proyecto en el programa PULSE disponemos de cuatro menús organizadores que son la base para crear cualquier proyecto, el Organizador de Configuración, el Organizador de Medida, Organizador de funciones y el Organizador de Pantalla. En los puntos siguientes del capítulo actual describiremos los parámetros que son definidos en cada Organizador. En la *figura 3.1.* podemos observar los cuatro menús.

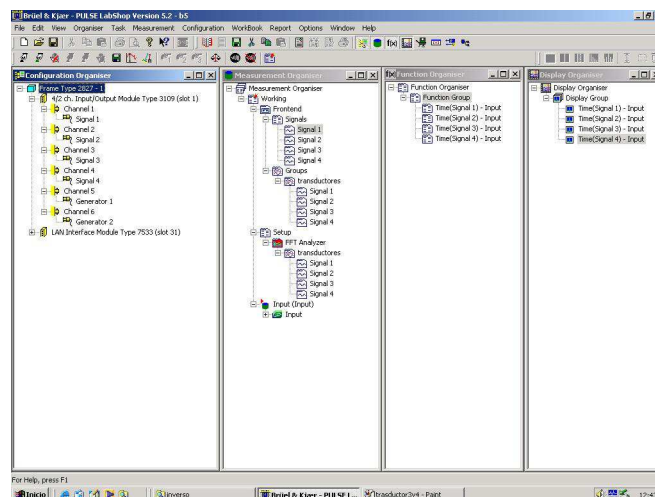


Figura 3.1. Menús del PULSE.

Tras configurar ordenadamente estos Organizadores se puede decir que ya tenemos creado nuestro Proyecto, no obstante deberemos aprender a guardar el proyecto, calibrar instrumentos de medida o realizar mediciones y guardar estos datos posteriormente. Todas estas funciones también se explicarán en el presente capítulo.

3.1.1.1 El organizador de configuración.

El Organizador de Configuración (Configuration Organiser) es el punto de partida al configurar un proyecto PULSE. Se utiliza para configurar la unidad de adquisición básica. PULSE automáticamente identifica su unidad de adquisición y el módulo que contiene, y carga la información en el Organizador de Configuración. Lo único que tenemos que hacer es:

- Elegir los traductores que queremos utilizar en la medida para las posiciones en la unidad de adquisición apropiadas.
- Configurar y asignar los nombres de las señales y los grupos de señales a los canales del hardware en la unidad de adquisición.

Los pasos que deberemos seguir son:

- ✓ Encender la unidad de adquisición e iniciar PULSE. Se abrirá un nuevo proyecto “Project 1”. Abriremos el Organizador de Configuración haciendo clic en el icono correspondiente (los iconos se pueden ver al final del capítulo donde se muestran las barras de herramientas y sus respectivos iconos) o en el menú Organiser eligiendo Configuration. PULSE identifica automáticamente la configuración de la unidad de adquisición. Abriremos todas las ramas del árbol empezando por el icono Frame.

La pantalla quedará parecida a como se muestra en la figura 3.2

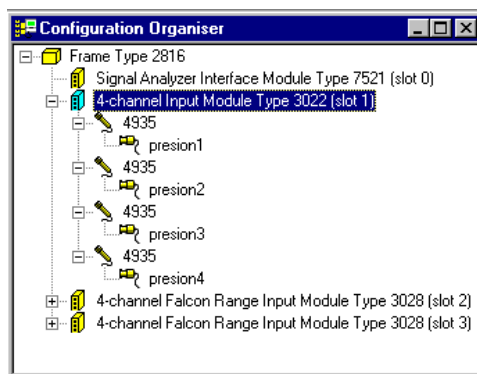


Figura 3.2 Pantalla del Organizador de Configuración

- ✓ Ahora tenemos que decirle a PULSE qué transductores va a utilizar para la medida. Conectaremos los mismos a las entradas de los canales 1, 2, 3 y 4 del Módulo.
- ✓ En el Organizador de Configuración haremos clic con el botón derecho del ratón en el Channel 1 del módulo. Seleccionaremos *Select Transducer* del menú emergente. Le aparecerá el administrador de la base de datos, *Database Administrator*. Haciendo clic en el botón *Find* para buscar el modelo de transductor en la base de datos, donde aparecen distintos transductores identificados por un número de serie y un nombre, ya

que la mayoría de ellos han sido empleados con anterioridad y se guardan la mayor parte de las configuraciones.

- ✓ Una vez que haya seleccionado el transductor haremos clic en *OK* en el cuadro de Find Transducer y luego *OK* en el de Database Administrator. En el Configuration Organiser podremos comprobar que la etiqueta de Channel 1 ha pasado a tener el nombre que le hemos puesto al transductor.
- ✓ Repetiremos los pasos 2,3 y 4 para los tres canales restantes.

El programa PULSE permite definir nuevos transductores que no estén definidos previamente, pero para nuestro caso no es necesario. Así una vez seleccionado el micrófono la pantalla del *Transducer Database* quedará como se aprecia en la *figura 3.3*.

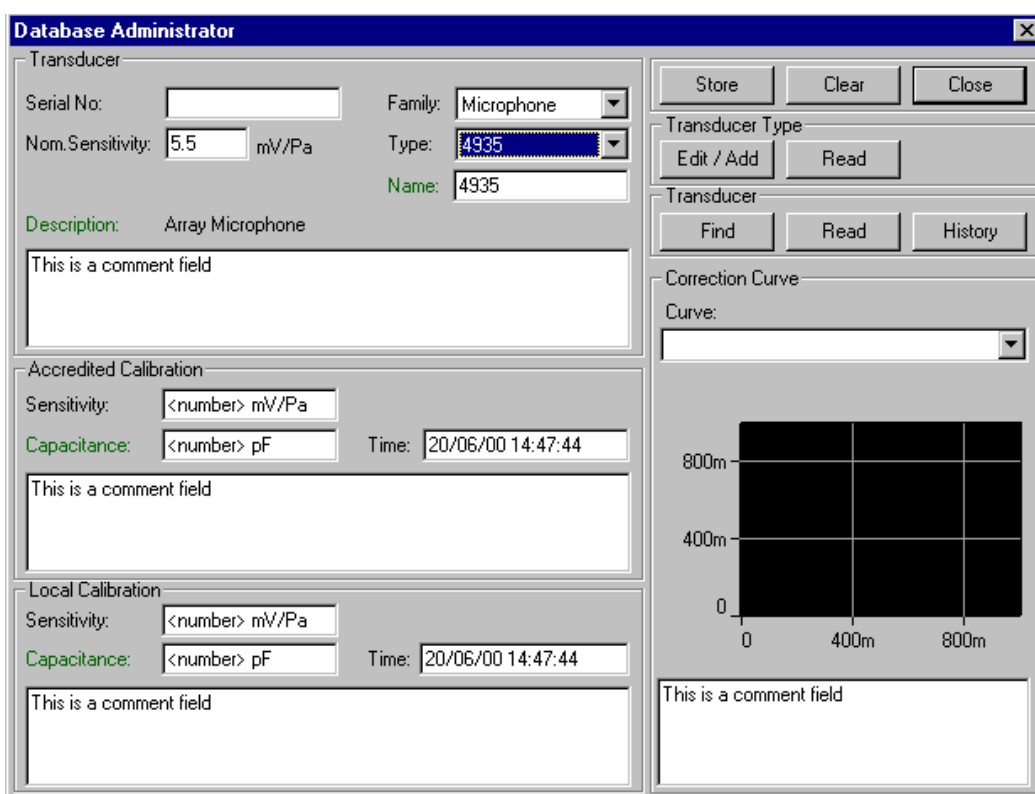


Figura 3.3 La pantalla de Transducer Database con el micrófono 4935.

- Ajustes personales:

Dentro del organizador de configuración podemos cambiar algunos parámetros, lo cual nos permite organizarlos según nuestro criterio, a continuación vamos a ver como hacerlo.

➤ **Asignar un nombre a las señales**

PULSE le permite asignar a las señales nombres descriptivos. Aquí hay una forma de hacerlo:

- a. Desplegadas todas las ramas del árbol comprobaremos cada señal tiene conectada su propio canal.
- b. Haremos clic con el botón derecho y seleccionaremos Edit Label para poner a la señal una etiqueta. Repetiremos este paso para cada señal.

➤ **Definir grupos de señales**

El concepto de grupos de señales es muy importante para cualquier medida que realice con PULSE por:

- Se pueden conectar numerosas señales a un instrumento (analizador) en una sola operación.
- Se pueden asignar las mismas funciones de posprocesado a todas las señales del grupo.
- Podemos ver en la misma pantalla todas las señales (o las seleccionadas) de un mismo grupo.

Los pasos a seguir son:

- a. Haciendo clic con el botón derecho en cualquier icono del Organizador y seleccionando propiedades, nos aparecerán las carpetas de propiedades de la configuración.
- b. Seleccionando la pestaña Groups y haciendo clic en Edit, encontraremos la opción New para crear un grupo de señales. Una vez seleccionadas las señales deseadas, en este caso las cuatro, pulsaremos Add y luego Done. Con esto ya tendremos definido el grupo. La pantalla de propiedades de los grupos quedará como se ve en la *figura 3.4*.

Como resumen de este apartado podemos decir que ya hemos configurado la unidad de adquisición PULSE, señalando al software que transductores ha conectado, asignando los nombres a las señales y asignándoles un grupo.

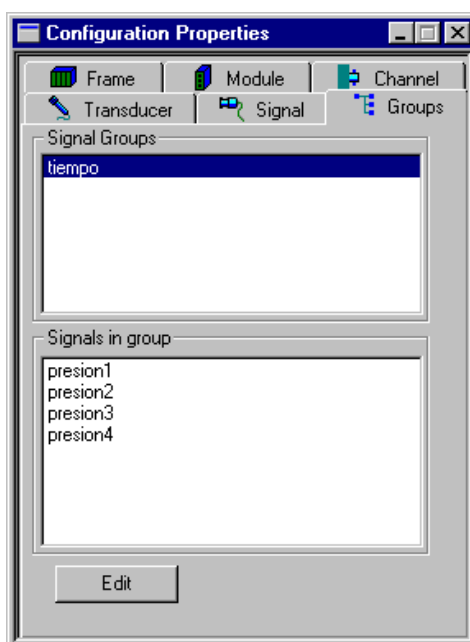


Figura 3.4 Pantalla de grupos de señales

3.1.1.2 El organizador de medidas.

En este organizador se realizará lo siguiente:

- Cargar la configuración de la unidad de adquisición creada en el Organizador de Configuración en la plantilla de Medida.
- Definir y configurar instrumentos (analizadores) y asignar los grupos de señales a los analizadores correspondientes.
- Determinar los parámetros preprocesados para las señales que se van a medir.

Deberemos importar la configuración que hemos creado en el Organizador de Configuración a la plantilla del Organizador de Medidas. Para esto haremos clic en el botón derecho del ratón en el icono *Working* y seleccionaremos *Get Configuration*. Aparecerá un nuevo icono, *Front-end*, unidad de adquisición.

- Insertar analizadores y sus configuraciones

Los pasos a seguir son los siguientes:

- a. Para insertar los analizadores haremos clic con el botón derecho en el icono *Setup* y seleccionaremos *Insert*. Aparecerá un menú con todos los posibles analizadores, nosotros insertaremos dos, un FFT y un Time Capture.
- b. Debemos insertar en estos analizadores el grupo de señal que tenemos definido, y esto lo haremos con el botón derecho del ratón en los icono FFT y Time Capture, seleccionando *Select Groups*.
- c. Para configurar el analizador FFT haremos clic con el botón derecho sobre el icono *FFT*, y seleccionaremos *Properties*. Se abrirá una ventana con cinco pestañas de las cuales nos interesan las tres primeras.

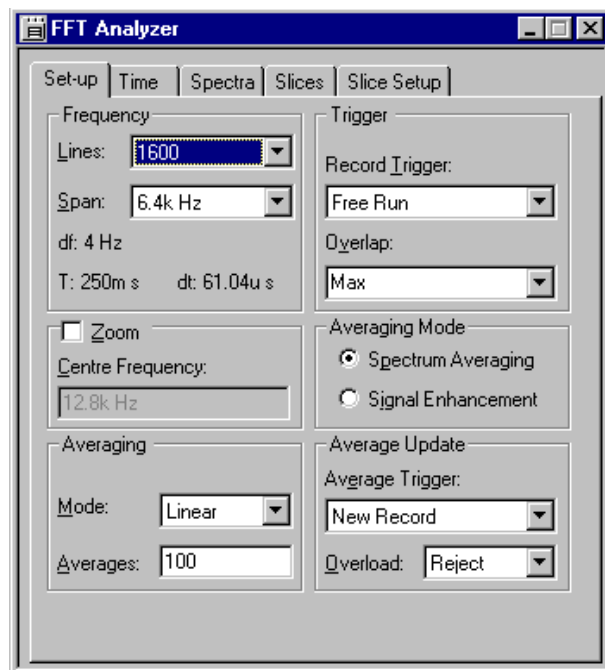


Figura 3.5. Ventana de propiedades del Analizador FFT (setup)

- d. En la primera pestaña, *Setup*, podremos elegir la frecuencia, número de líneas, promediados, triggers, etc.. En la segunda y tercera, nos permite seleccionar si queremos medir las señales temporales, y el auto espectro y /o espectro cruzado, respectivamente. Nosotros tendremos activados mediante el botón *Measure*, todas estas celdas.

- e. Para configurar el Time Capture clic en el botón derecho del icono Time Capture y seleccionaremos propiedades. Aquí podremos definir la frecuencia, triggers o el tiempo de medida, que nos dará el número de “samples”. Ésta ventana debe quedar como se aprecia en la *figura 3.6*.

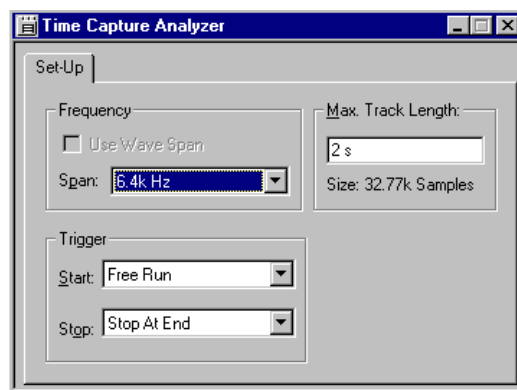


Figura 3.6. Ventana de propiedades del Analizador Time Capture

Lo último que nos queda por hacer es configurar las señales para que las analicen los FFT y Time Capture. Esta configuración será por igual a todas las señales y para ambos analizadores. El programa nos permite definir las mismas características para todas las señales de un mismo grupo.

- f. Haciendo clic con el botón derecho en el icono del grupo de señales y seleccionando *Properties*. Se abrirá una ventana con tres pestañas: *Signal*, *Channel* y *Transducers*. En estas pestañas definimos ponderaciones, parámetros asociados con el canal de entrada o datos sobre los transductores, entre otros.

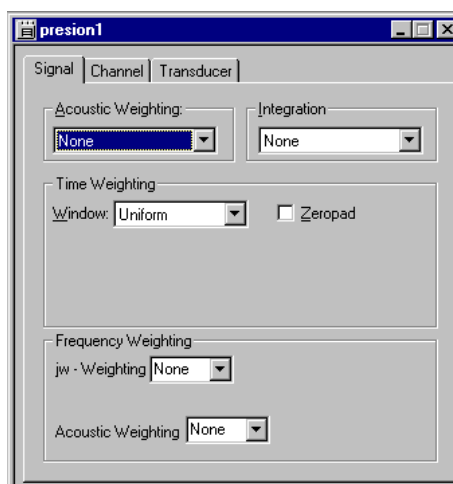


Figura 3.7 Ventanas de propiedades de las señales.

Para pasar a la configuración de los Organizadores de Funciones y de Pantalla con el fin de postprocesar y presentar los resultados deberá “Activar” la plantilla. Esto se hace mediante el icono *Active Template* que podemos encontrar en la barra de herramientas de Medida, o pulsando F2. En la *figura 3.8* podemos apreciar como quedaría finalmente el Organizador de Medida.

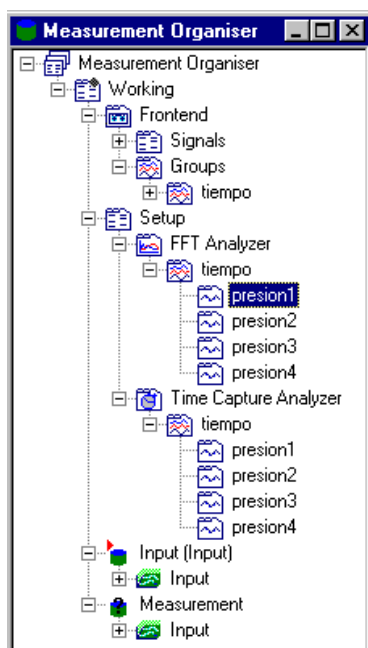


Figura 3.8 Ventana del Organizador de Medida

3.1.1.3 Funciones y el organizador de funciones.

En este Organizador deberemos:

- Crear funciones de posprocesado para las señales medidas.
- Utilizar funciones bases de las pantallas de los datos de medida.
- Aprender cómo organizar las funciones en el Organizador de Funciones.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- a. Lo primero será abrir este Organizador de Funciones con el icono correspondiente de la barra Project.
- b. Deberemos insertar tres funciones desde el icono *Function Organizer*, mediante el botón derecho y seleccionando *Insert – Function Group*, que son de Coherencia entre todos los canales, las presiones en el tiempo y el autoespectro, estas últimas en los cuatro canales. Una vez insertada la Función deberemos insertar subfunciones en ésta, al igual que antes. En la función de Coherencia insertaremos seis para medir coherencia del 1 y el 2, del 2 y el 3, ... etc., mientras que en las otras dos, sólo hacen falta cuatro, una para cada canal.

Deberemos decirle en las propiedades de cada función, con qué analizador queremos que las mida, y entonces seleccionaremos el FFT para la coherencia y autoespectro, y el Time Capture para la función Compress Time. Aparte en esta función deberemos insertar una subfunción de Expand Time, que será la que realmente guardemos. Las propiedades figuras 3.9,10 y 11.

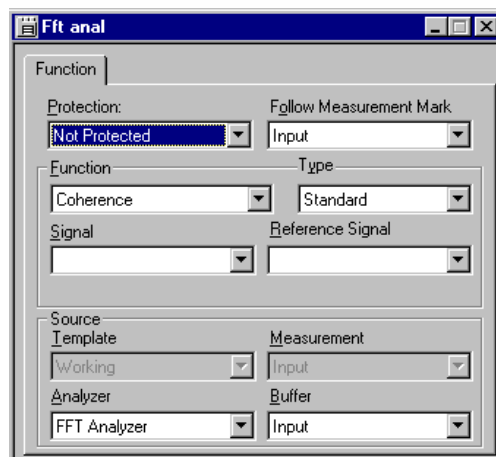


Figura 3.9 Ventana función Coherencia.

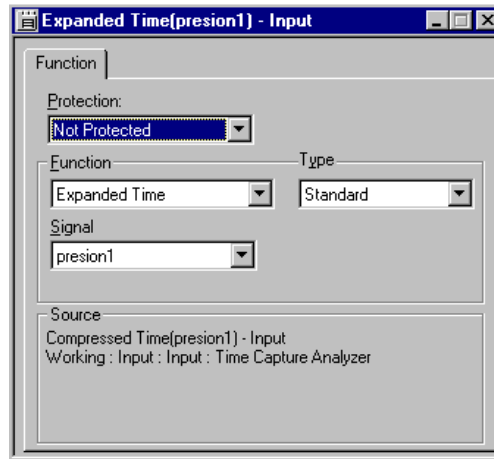


Figura 3.10 Ventana función Expanded Time

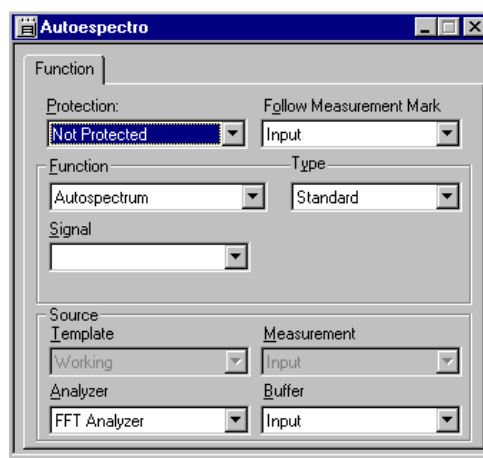


Figura 3.11 Ventana función Autoespectro

El Organizador de Funciones quedará finalmente de forma similar a como se muestra en la figura 3.12.

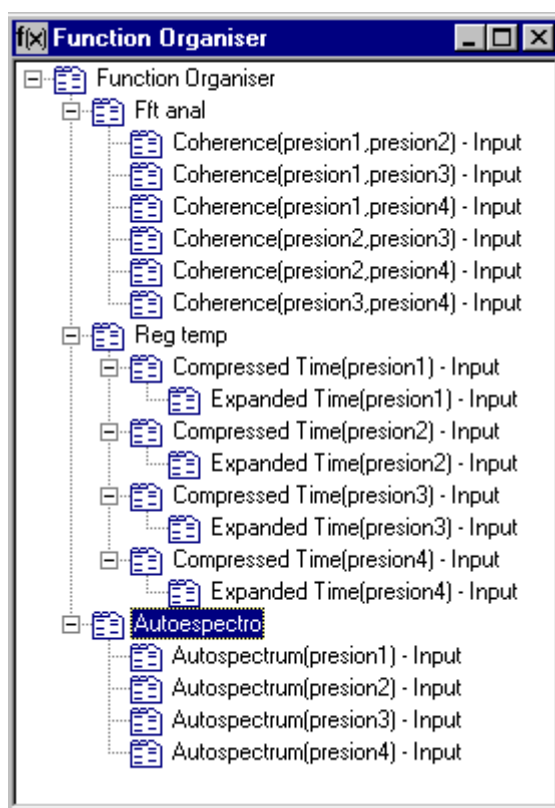


Figura 3.12 Ventana del Organizador de Funciones

Para mostrar las funciones sin tener que recurrir al Organizador de Pantallas que posteriormente explicamos, bastará con hacer un doble clic con el ratón sobre estas funciones, y automáticamente se mostrarán en pantalla.

3.1.1.4 Pantallas y el organizador de pantallas.

Este Organizador nos permite:

- Organizar las pantallas
- Crear pantallas basadas en funciones únicas o/y múltiples creadas en la sección anterior
- Determinar a su gusto la pantalla desde las carpetas de las propiedades de pantalla.

Uso del organizador de pantallas:

Haciendo doble clic sobre los iconos de las funciones en el anterior Organizador, se mostrarán las funciones en pantalla, y el Organizador de Pantallas tal y como se puede apreciar en la *figura 3.13*.

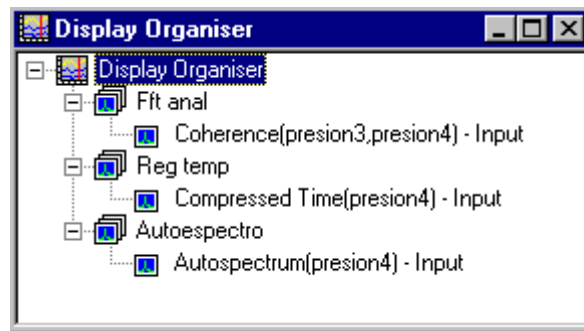


Figura 3.13 Ventana del Organizador de Pantallas

Aspecto de la pantalla de una función:

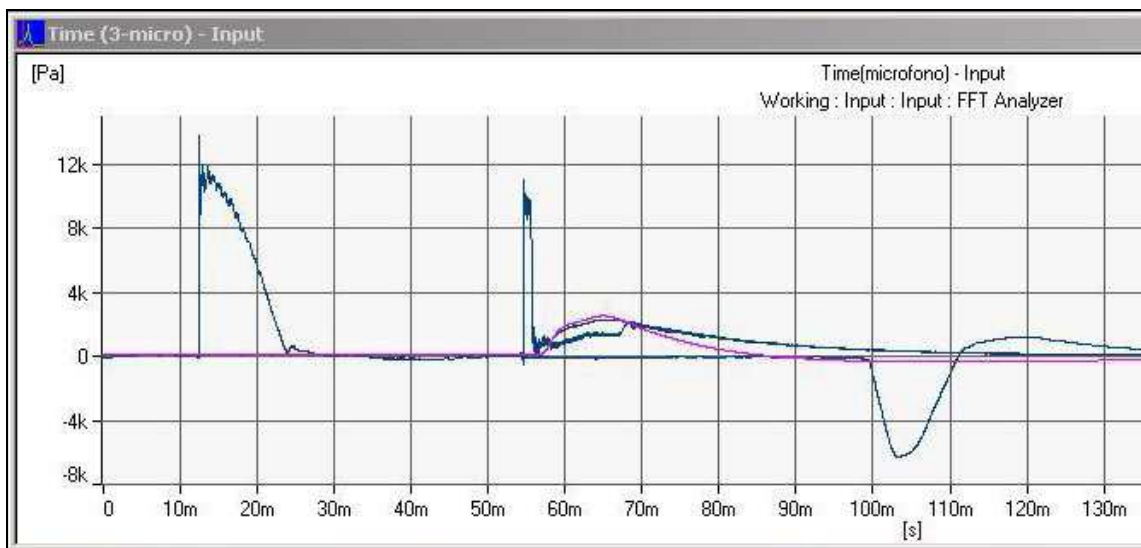


Figura 3.14 Ventana de visualización

PULSE permite realizar variedad de cambios sobre las características de estas pantallas. Aquí nombraremos sólo algunas funciones que son convenientes saber.

- a. Si pulsamos con el botón izquierdo del ratón, tanto sobre el eje X o sobre el eje Y, éstos realizarán un autoescalado, y si hiciésemos un doble click, los escala a su máximo valor.
- b. Si pulsamos con el botón derecho del ratón sobre cualquier punto del gráfico, se nos abrirá una ventana donde podremos cambiar las características de la pantalla. Esta ventana contiene diversas pestañas que hacen referencia a los ejes, colores, características del gráfico, etc. Las funciones más básicas que podemos manejar son: el escalado de los ejes, que los podremos ajustar a nuestras necesidades; cuando estemos representando varias señales simultáneamente podremos aplicarles

distintos colores para poder distinguirlos mejor; podremos elegir las unidades; indicaremos que señales de las funciones queremos que sean visibles.

- c. También podremos leer los datos de PULSE de las pantallas mediante algunas funciones de Cursores. Si hacemos clic sobre la gráfica con el botón izquierdo del ratón, vemos como la pantalla se divide en dos partes, y a la derecha encontramos el valor del eje Y para la coordenada X seleccionada. Esto nos será útil si precisamos el valor de algún pico en alguna gráfica. Una pantalla ejemplo con esta lectura de cursores se muestra en la figura 3.15.

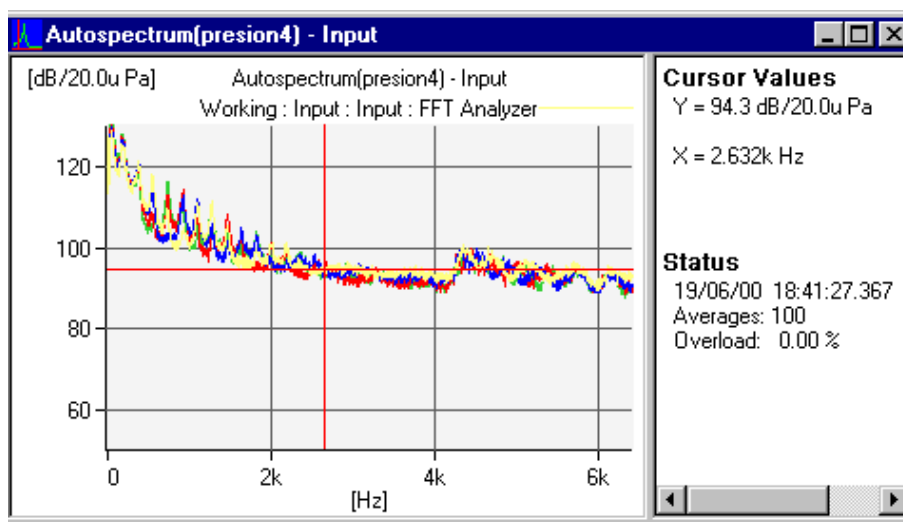


Figura 3.15 Cursores para pantallas en 2D

El programa PULSE ofrece un amplio abanico de posibilidades en cuanto a la calidad de estas pantallas, pero la explicación de todas estas funciones se sale del objetivo de este capítulo del proyecto.

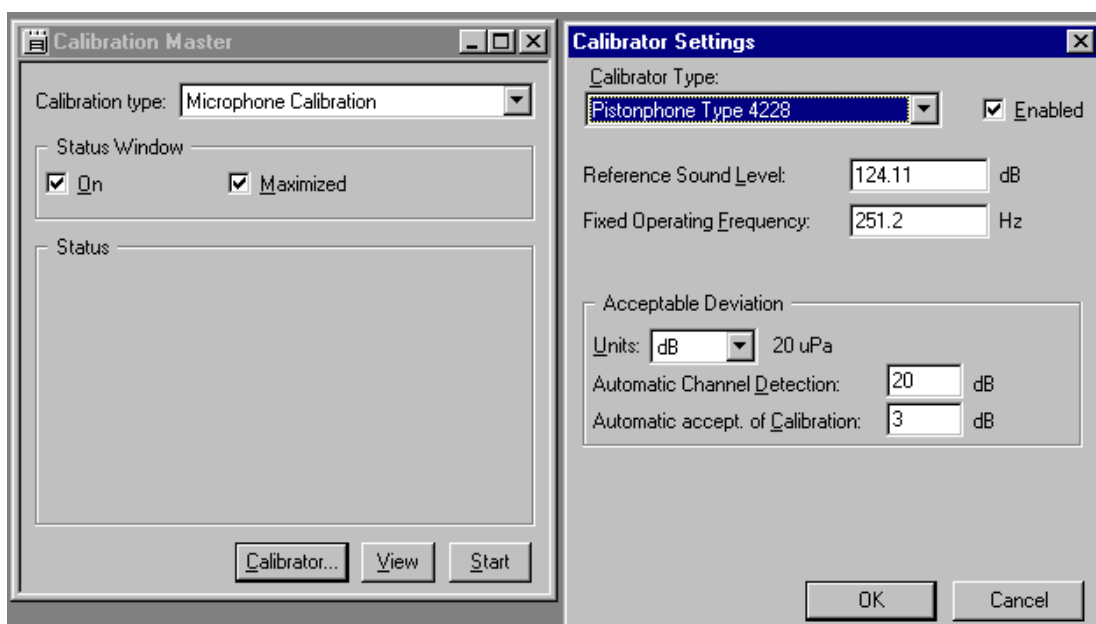
3.1.1.5 Guardar el proyecto.

Con todos los pasos explicados anteriormente podemos decir que ya tenemos definido un proyecto base en cual se realizarán las medidas de los distintos ensayos. Como hemos visto la configuración del programa PULSE es un proceso largo, y aunque no sea excesivamente complicado, será necesario guardarlo para poder volver a utilizarlo en próximos ensayos.

Haciendo clic en el botón *Save Project* en la barra de herramientas *Main* podremos hacerlo directamente, y nos pedirá un nombre para el proyecto así como su ubicación.

3.1.1.6 Calibración.

El Gestor de Calibración (Calibration Master) se utiliza para realizar una calibración con PULSE. Tras activar su plantilla de medida, se puede abrir el menú de calibración pulsando el icono de *Activate Calibration* en la barra de Medida. Cuando abramos la calibración automáticamente insertará una plantilla de calibración en el Organizador de Medida. Esta plantilla contiene las señales y los analizadores que se van a utilizar durante la calibración. Una vez finaliza la calibración la plantilla de calibración se borrará. La ventana que veremos cuando pulsemos el icono de calibración se puede apreciar en la *figura 3.16*.



3.16 Ventana del Gestor de Calibración

Lo primero que tiene que hacer el Gestor de Calibración es seleccionar el tipo de calibrador (*Calibration Type*) y luego establecer los límites para la calibración.

En el campo *Calibration Type* seleccionamos *Microphone Calibration* (calibración para micrófonos). En el Gestor de Calibración haremos clic en el botón *Calibrator*. Nos aparecerá

en pantalla el cuadro *Calibrator Settings* (Configuración del Calibrador) para determinar los ajustes del Calibrador.

En *Calibrator Type* tendremos que seleccionar nuestro calibrador, como por ejemplo el pistófono 4228 de la marca Brüel & Kjør que se encuentra en la base de datos del PULSE. Al seleccionar este calibrador ya nos da los niveles y frecuencia a la cual trabaja nuestro pistófono. No obstante deberemos comprobarlo, y además PULSE nos permite ajustar el nivel de decibelios cuando es necesario por las correcciones debidas a la variación de las condiciones ambientales (presión atmosférica, temperatura, etc.).

El cuadro de Configuración del Calibrador nos permite modificar dos valores: El *Automatic Channel Detection* (detección automática del canal) y *Automatic Accept of Calibration* (aceptación automática de Calibración). El primer valor sirve para protegerse de ruidos de fondo durante la calibración, o de cables defectuosos, etc, es decir, necesitaremos una desviación aceptable menor para evitar que se acepte la calibración si el ruido de fondo ha manipulado la señal de calibración. El segundo valor limita la cantidad de sensibilidad de una canal de entrada que se puede ajustar para llevarla junto a la calibración, es decir, podemos cambiarlo según la precisión y la fiabilidad que necesitemos para las medidas.

Una vez tengamos todos los datos configurados podremos comenzar la calibración. Haremos clic en el botón *Start* del Gestor de Calibración. Empezará la calibración y PULSE empezará a buscar la señal de calibración. Esto se indicará con una barra amarilla llamada *Status*. Cuando introduzcamos un micrófono en el pistófono, PULSE lo detectará y la franja se volverá roja, indicándonos que canal se está calibrando. Cuando PULSE haya calibrado con éxito el canal, la barra roja pasará a ser verde. En caso contrario pasará a ser negra, y al instante volverá a intentar de nuevo la calibración. Una vez finalizada la calibración de todos los micrófonos, pulsaremos el botón *Stop*.

La barra de color que indica el estado del calibrador se puede alargar haciendo clic en el cuadro de *On* en la ventana *Status*. También puede maximizar la ventana haciendo clic en el cuadro *Maximize*.

3.1.1.7 Adquisición de datos.

Realizar medidas con el programa PULSE es muy sencillo. Primero deberemos ajustar el rango de la señal que nos llega para evitar que la señal saturé, es decir, que dé en overload. El PULSE realiza automáticamente este autorango a los cuatro transductores pulsando el icono de *Active Autorange* o pulsando F3. El programa ajustará un determinado valor de voltios acorde a la señal que llega. Para asegurarnos que el programa lo ha hecho bien, en el Organizador de Medida no deberemos apreciar unos puntos rojos sobre los iconos de las señales, ya que de lo contrario esto es indicativo de que la señal está en overload.

Después del “autorango” ya podremos darle al icono de la barra de medida *Start* o pulsando F5, y comenzará a registrar la señal. Presionando el icono *Stop* o con F6 podremos detener la adquisición de datos. Cuando pulsamos *Start* este icono se queda sombreado para indicarnos que el programa está midiendo, si el icono vuelve a su aspecto inicial sabremos que ha acabado de medir. Deberemos fijarnos en las pantallas de las funciones una vez registradas las señales, que no aparece la palabra *Overload* (en rojo) en la parte de superior izquierda de éstas, de lo contrario estas medidas han sido tomadas cuando la señal está saturada. En nuestro proyecto, sin embargo, hemos desestimado todas aquellas mediciones que han registrado overload en algún momento del ensayo.

3.1.1.8 Guardar las medidas realizadas.

Una vez adquiridas las medidas deberemos asegurarnos que están bien tomadas. Los problemas más comunes que se suelen dar son, por ejemplo, que se midan ruidos ajenos a lo que son nuestros elementos o que la medida esté en overload porque el autorango no ha sido realizado correctamente. Deberemos por tanto revisar las pantallas y no ver nada anormal, como picos extraños, señal de overload, etc.

Para guardar las medidas haremos clic con el botón derecho del ratón sobre el nombre de la señal que queramos guardar en la ventana del Organizador de Funciones, y seleccionaremos *Save*. Cuando pulsemos *Save* se nos desplegará una ventana con distintas posibilidades para guardar las medidas, nosotros las guardaremos como fichero ASCII de PULSE (*PULSE File ASCII*). Nos pedirá un nombre para el archivo y su ubicación en el disco

duro del PC. Si hacemos clic con el botón derecho sobre el nombre de la función, entonces nos guardará todas las señales incluidas en esta función, lo cual nos resultará útil para guardar la función de Coherencia y el Autoespectro. En los registros de presión en tiempo se guardarán las señales por separado, ya que sólo nos interesa la función “expand” de cada señal.

3.1.2 Barra de herramientas y teclas de acceso rápido.

En la figura 16 podemos apreciar las barras de herramientas del PULSE y las teclas de acceso rápido. Los iconos que se han nombrado a lo largo de este capítulo se encuentran en estas barras.

Barra de herramientas y teclas de acceso rápido de PULSE

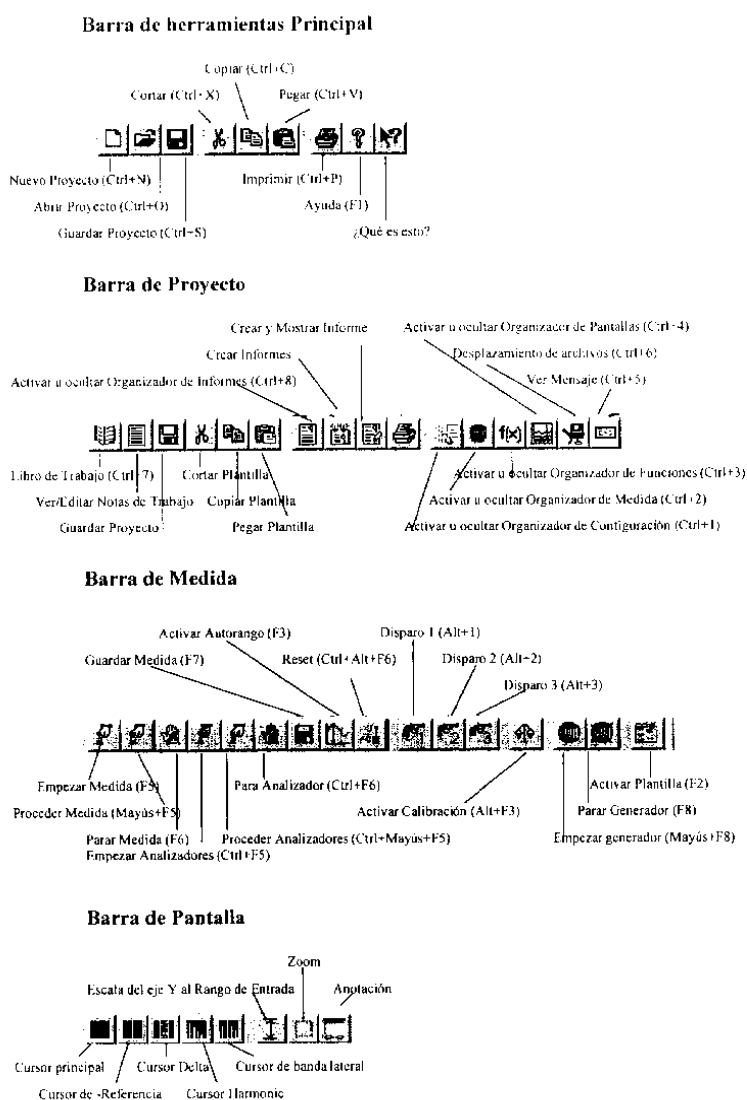


Figura 3.16 Barras de herramientas PULSE

CAPÍTULO 4:
NORMATIVAS DE SEGURIDAD E
HIGIENE

ÍNDICE CAPÍTULO 4

4.1 NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD.	349
4.1.1 CAPÍTULO I: Disposiciones Generales	350
4.1.1.1 Artículo 1. Objeto.	350
4.1.1.2 Artículo 2. Definiciones.	351
4.1.2 CAPÍTULO II: Obligaciones del empresario.	351
4.1.2.1 Artículo 3. Obligación general del empresario.	351
4.1.2.2 Artículo 4. Condiciones constructivas.	351
4.1.2.3 Artículo 5. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización.	352
4.1.2.4 Artículo 6. Instalaciones de servicio y protección.	352
4.1.2.5 Artículo 7. Condiciones ambientales.	352
4.1.2.6 Artículo 8. Iluminación.	352
4.1.2.7 Artículo 9. Servicios higiénicos y locales de descanso.	353
4.1.2.8 Artículo 10. Material y locales de primeros auxilios.	353
4.1.2.9 Artículo 11. Información a los trabajadores.	353
4.1.2.10 Artículo 12. Consulta y participación de los trabajadores.	353
4.1.2.11 Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa.	353
4.1.2.12 Disposición final primera. Elaboración de la Guía Técnica de evaluación y prevención de riesgos.	354
4.1.2.13 Disposición final segunda. Habilitación normativa.	354
4.1.2.14 Disposición final tercera. Entrada en vigor.	354
4.1.3 Anexos.	355
4.1.3.1 Anexo I: Condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo.	355
4.1.3.2 Anexo II: Orden, limpieza y mantenimiento.	363
4.1.3.3 Anexo III: Condiciones ambientales en los lugares de trabajo.	364
4.1.3.4 Anexo IV: Iluminación de los lugares de trabajo	366
4.1.3.5 Anexo V: Servicios higiénicos y locales de descanso.	368
4.1.3.6 Anexo VI: Material y locales de primeros auxilios.	371

4.1 NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD.

REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23/04/1997

Parte expositiva.

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. De acuerdo con el artículo 6 de dicha Ley serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Debe recordarse que España ha ratificado diversos Convenios de la Organización Internacional del Trabajo que guardan relación con la seguridad y la salud en los lugares de trabajo y que forman parte de nuestro ordenamiento jurídico interno. En concreto, con carácter general, el Convenio número 155 de la OIT, relativo a la seguridad y salud de los trabajadores, de 22 de junio de 1981, ratificado por España el 26 de julio de 1985, y en particular, el Convenio número 148 de la OIT, relativo al medio ambiente de trabajo, de 20 de junio de 1977, ratificado por nuestro país el 24 de noviembre de 1980.

En el mismo sentido hay que tener en cuenta que en el ámbito de la Unión Europea se han fijado, mediante las correspondientes Directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en los lugares de trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo. Concretamente, la Directiva 89/654/CEE, de 30 de noviembre de 1989, establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo. Mediante el presente Real Decreto se procede a la transposición al Derecho

español del contenido de la citada Directiva. Buena parte de las materias reguladas en este Real Decreto, condiciones constructivas de los lugares de trabajo, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, etc., han estado reguladas hasta el momento presente por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada mediante Orden de 9 de marzo de 1971. Cuando se cumplen veinticinco años de su entrada en vigor, unas veces los compromisos internacionales adquiridos por España, otras la evolución del progreso técnico y de los conocimientos relativos a los lugares de trabajo, aconsejan la definitiva derogación de algunos capítulos del Título II de la Ordenanza que la Disposición derogatoria única de la Ley 31/1995 ha mantenido vigentes hasta ahora en lo que no se oponga a lo previsto en la misma, y su sustitución por una regulación acorde con el nuevo marco legal y con la realidad actual de las relaciones laborales, a la vez que compatible, respetuosa y rigurosa con la consecución del objetivo de la seguridad y la salud de los trabajadores en los lugares de trabajo.

En su virtud, de conformidad con el artículo 6 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, a propuesta del Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales, consultadas las organizaciones empresariales y sindicales más representativas, oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 4 de abril de 1997,

DISPONGO:

4.1.1 CAPÍTULO I: Disposiciones Generales

4.1.1.1 Artículo 1. Objeto.

1. El presente Real Decreto establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo.
2. Este Real Decreto no será de aplicación a:
 - a. Los medios de transporte utilizados fuera de la empresa o centro de trabajo, así como a los lugares de trabajo situados dentro de los medios de transporte.
 - b. Las obras de construcción, temporales o móviles.
 - c. Las industrias de extracción.
 - d. Los buques de pesca.

- e. Los campos de cultivo, bosques y otros terrenos que formen parte de una empresa o centro de trabajo agrícola o forestal pero que estén situados fuera de la zona edificada de los mismos.
3. Las disposiciones de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en 1.

4.1.1.2 Artículo 2. Definiciones.

A efectos del presente Real Decreto se entenderá por "lugares de trabajo" las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo. Se consideran incluidos en esta definición los servicios higiénicos y locales de descanso, los locales de primeros auxilios y los comedores. Las instalaciones de servicio o protección anejas a los lugares de trabajo se considerarán como parte integrante de los mismos.

4.1.2 CAPÍTULO II: Obligaciones del empresario.

4.1.2.1 Artículo 3. Obligación general del empresario.

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo. En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

4.1.2.2 Artículo 4. Condiciones constructivas.

1. El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores.

2. El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.
3. Los lugares de trabajo deberán cumplir, en particular, los requisitos mínimos de seguridad indicados en el Anexo I.

4.1.2.3 Artículo 5. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización.

El orden, la limpieza y el mantenimiento de los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo dispuesto en el Anexo II. Igualmente, la señalización de los lugares de trabajo deberá cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.

4.1.2.4 Artículo 6. Instalaciones de servicio y protección.

Las instalaciones de servicio y protección de los lugares de trabajo a las que se refiere el apartado 2 del artículo 2 deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto, así como las que se deriven de las reglamentaciones específicas de seguridad que resulten de aplicación.

4.1.2.5 Artículo 7. Condiciones ambientales.

2. La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. A tal fin, dichas condiciones ambientales y, en particular, las condiciones termohigrométricas de los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo establecido en el Anexo III.
1. La exposición a los agentes físicos, químicos y biológicos del ambiente de trabajo se regirá por lo dispuesto en su normativa específica.

4.1.2.6 Artículo 8. Iluminación.

1. La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud.
2. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, en particular, las disposiciones del Anexo IV.

4.1.2.7 Artículo 9. Servicios higiénicos y locales de descanso.

Los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones del Anexo V en cuanto a servicios higiénicos y locales de descanso.

4.1.2.8 Artículo 10. Material y locales de primeros auxilios.

Los lugares de trabajo dispondrán del material y, en su caso, de los locales necesarios para la prestación de primeros auxilios a los trabajadores accidentados, ajustándose a lo establecido en el Anexo VI.

4.1.2.9 Artículo 11. Información a los trabajadores.

De conformidad con el artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario deberá garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una información adecuada sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse en aplicación del presente Real Decreto.

4.1.2.10 Artículo 12. Consulta y participación de los trabajadores.

La consulta y participación de los trabajadores o sus representantes sobre las cuestiones a que se refiere este Real Decreto se realizarán de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

4.1.2.11 Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa.

1. Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en el presente Real Decreto.
2. Quedan derogados expresamente los Capítulos I, II, III, IV, V y VII del Título II de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden de 9 de marzo de 1971.

No obstante, y hasta tanto no se aprueben las normativas específicas correspondientes, se mantendrán en vigor:

1. Los citados Capítulos de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, para los lugares de trabajo excluidos del ámbito de aplicación del presente Real Decreto en el apartado 2 de su artículo 1.

2. El artículo 24 y el Capítulo VII del Título II de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, para los lugares de trabajo excluidos del ámbito de aplicación de la Norma Básica de la Edificación "NBECPI/96: Condiciones de protección contra incendios en los edificios", aprobada por Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre.
3. Asimismo queda derogado expresamente el Reglamento sobre Iluminación en los Centros de Trabajo, aprobado por Orden de 26 de agosto de 1940.

4.1.2.12 Disposición final primera. Elaboración de la Guía Técnica de evaluación y prevención de riesgos.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo.

4.1.2.13 Disposición final segunda. Habilitación normativa.

Se autoriza al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales, previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este Real Decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus Anexos en función del progreso técnico y de la evolución de normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de lugares de trabajo.

4.1.2.14 Disposición final tercera. Entrada en vigor.

El presente Real Decreto entrará en vigor a los tres meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado». No obstante lo anterior, la Parte B del Anexo I y la Parte B del Anexo V entrarán en vigor a los seis meses de la publicación del Real Decreto en el Boletín Oficial del Estado Dado en Madrid a 14 de abril de 1997.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales,

JAVIER ARENAS BOCANEGRA

4.1.3 Anexos.

OBSERVACIÓN PRELIMINAR

Las obligaciones previstas en los siguientes Anexos se aplicarán siempre que lo exijan las características del lugar de trabajo o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

4.1.3.1 Anexo I: Condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo.

A. Disposiciones aplicables a los lugares de trabajo utilizados por primera vez a partir de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto y a las modificaciones, ampliaciones o transformaciones de los lugares de trabajo ya utilizados antes de dicha fecha que se realicen con posterioridad a la misma.

1. Seguridad estructural.

1. Los edificios y locales de los lugares de trabajo deberán poseer la estructura y solidez apropiadas a su tipo de utilización. Para las condiciones de uso previstas, todos sus elementos, estructurales o de servicio, incluidas las plataformas de trabajo, escaleras y escalas, deberán:
 - a. Tener la solidez y la resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.
 - b. Disponer de un sistema de armado, sujeción o apoyo que asegure su estabilidad.
2. Se prohíbe sobrecargar los elementos citados en el apartado anterior. El acceso a techos o cubiertas que no ofrezcan suficientes garantías de resistencia solo podrá autorizarse cuando se proporcionen los equipos necesarios para que el trabajo pueda realizarse de forma segura.

2. Espacios de trabajo y zonas peligrosas

1. Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en

condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas serán las siguientes:

- a. 3 metros de altura desde el piso hasta el techo. No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.
 - b. 2 metros cuadrados de superficie libre por trabajador.
 - c. 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.
2. La separación entre los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar. Cuando, por razones inherentes al puesto de trabajo, el espacio libre disponible no permita que el trabajador tenga la libertad de movimientos necesaria para desarrollar su actividad, deberá disponer de espacio adicional suficiente en las proximidades del puesto de trabajo.
 3. Deberán tomarse las medidas adecuadas para la protección de los trabajadores autorizados a acceder a las zonas de los lugares de trabajo donde la seguridad de los trabajadores pueda verse afectada por riesgos de caída, caída de objetos y contacto o exposición a elementos agresivos. Asimismo, deberá disponerse, en la medida de lo posible, de un sistema que impida que los trabajadores no autorizados puedan acceder a dichas zonas.
 4. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

3. Suelos, aberturas y desniveles, y barandillas

1. Los suelos de los locales de trabajo deberán ser fijos, estables y no resbaladizos, sin irregularidades ni pendientes peligrosas.
2. Las aberturas o desniveles que supongan un riesgo de caída de personas se protegerán mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente, que podrán tener partes móviles cuando sea necesario disponer de acceso a la abertura. Deberán protegerse, en particular:

- a. Las aberturas en los suelos.
 - b. Las aberturas en paredes o tabiques, siempre que su situación y dimensiones suponga riesgo de caída de personas, y las plataformas, muelles o estructuras similares. La protección no será obligatoria, sin embargo, si la altura de caída es inferior a 2 metros.
 - c. Los lados abiertos de las escaleras y rampas de más de 60 centímetros de altura. Los lados cerrados tendrán unos pasamanos, a una altura mínima de 90 centímetros, si la anchura de la escalera es mayor de 1,2 metros; si es menor, pero ambos lados son cerrados, al menos uno de los dos llevará pasamanos.
3. Las barandillas serán de materiales rígidos, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.

4. Tabiques, ventanas y vanos.

1. Los tabiques transparentes o translúcidos y, en especial, los tabiques acristalados situados en los locales o en las proximidades de los puestos de trabajo y vías de circulación, deberán estar claramente señalizados y fabricados con materiales seguros, o bien estar separados de dichos puestos y vías, para impedir que los trabajadores puedan golpearse con los mismos o lesionarse en caso de rotura.
2. Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, vanos de iluminación cenital y dispositivos de ventilación. Cuando estén abiertos no deberán colocarse de tal forma que puedan constituir un riesgo para los trabajadores.
3. Las ventanas y vanos de iluminación cenital deberán poder limpiarse sin riesgo para los trabajadores que realicen esta tarea o para los que se encuentren en el edificio y sus alrededores. Para ello deberán estar dotados de los dispositivos necesarios o haber sido proyectados integrando los sistemas de limpieza.

5. Vías de circulación

1. Las vías de circulación de los lugares de trabajo, tanto las situadas en el exterior de los edificios y locales como en el interior de los mismos, incluidas las puertas, pasillos, escaleras, escalas fijas, rampas y muelles de carga, deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad para los peatones o vehículos que circulen por ellas y para el personal que trabaje en sus proximidades.
2. A efectos de lo dispuesto en el apartado anterior, el número, situación, dimensiones y condiciones constructivas de las vías de circulación de personas o de materiales deberán adecuarse al número potencial de usuarios y a las características de la actividad y del lugar de trabajo. En el caso de los muelles y rampas de carga deberá tenerse especialmente en cuenta la dimensión de las cargas transportadas.
3. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 80 centímetros y 1 metro, respectivamente.
4. La anchura de las vías por las que puedan circular medios de transporte y peatones deberá permitir su paso simultáneo con una separación de seguridad suficiente.
5. Las vías de circulación destinadas a vehículos deberán pasar a una distancia suficiente de las puertas, portones, zonas de circulación de peatones, pasillos y escaleras.
6. Los muelles de carga deberán tener al menos una salida, o una en cada extremo cuando tengan gran longitud y sea técnicamente posible.
7. Siempre que sea necesario para garantizar la seguridad de los trabajadores, el trazado de las vías de circulación deberá estar claramente señalizado.

6. Puertas y portones.

1. Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista.
2. Las superficies transparentes o translúcidas de las puertas y portones que no sean de material de seguridad deberán protegerse contra la rotura cuando ésta pueda suponer un peligro para los trabajadores.

3. Las puertas y portones de vaivén deberán ser transparentes o tener partes transparentes que permitan la visibilidad de la zona a la que se accede.
4. Las puertas correderas deberán ir provistas de un sistema de seguridad que les impida salirse de los carriles y caer.
5. Las puertas y portones que se abran hacia arriba estarán dotados de un sistema de seguridad que impida su caída.
6. Las puertas y portones mecánicos deberán funcionar sin riesgo para los trabajadores. Tendrán dispositivos de parada de emergencia de fácil identificación y acceso, y podrán abrirse de forma manual, salvo si se abren automáticamente en caso de avería del sistema de emergencia.
7. Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquéllos.
8. Los portones destinados básicamente a la circulación de vehículos deberán poder ser utilizados por los peatones sin riesgos para su seguridad, o bien deberán disponer en su proximidad inmediata de puertas destinadas a tal fin, expeditas y claramente señalizadas.

7. Rampas, escaleras fijas y de servicio.

1. Los pavimentos de las rampas, escaleras y plataformas de trabajo serán de materiales no resbaladizos o dispondrán de elementos antideslizantes.
2. En las escaleras o plataformas con pavimentos perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 milímetros.
3. Las rampas tendrán una pendiente máxima del 12% cuando su longitud sea menor que 3 metros, del 10% cuando su longitud sea menor que 10 metros o del 8% en el resto de los casos.
4. Las escaleras tendrán una anchura mínima de 1 metro, excepto en las de servicio, que será de 55 centímetros.
5. Los peldaños de una escalera tendrán las mismas dimensiones. Se prohíben las escaleras de caracol excepto si son de servicio.
6. Los escalones de las escaleras que no sean de servicio tendrán una huella comprendida entre 23 y 36 centímetros, y una contrahuella entre 13 y 20 centímetros. Los escalones de las escaleras de servicio tendrán una huella mínima de 15 centímetros y una contrahuella máxima de 25 centímetros.

7. La altura máxima entre los descansos de las escaleras será de 3,7 metros. La profundidad de los descansos intermedios, medida en dirección a la escalera, no será menor que la mitad de la anchura de ésta, ni de 1 metro. El espacio libre vertical desde los peldaños no será inferior a 2,2 metros.
8. Las escaleras mecánicas y cintas rodantes deberán tener las condiciones de funcionamiento y dispositivos necesarios para garantizar la seguridad de los trabajadores que las utilicen. Sus dispositivos de parada de emergencia serán fácilmente identificables y accesibles.

8. Escalas fijas

1. La anchura mínima de las escalas fijas será de 40 centímetros y la distancia máxima entre peldaños de 30 centímetros.
2. En las escalas fijas la distancia entre el frente de los escalones y las paredes más próximas al lado del ascenso será, por lo menos, de 75 centímetros. La distancia mínima entre la parte posterior de los escalones y el objeto fijo más próximo será de 16 centímetros. Habrá un espacio libre de 40 centímetros a ambos lados del eje de la escala si no está provista de jaulas u otros dispositivos equivalentes.
3. Cuando el paso desde el tramo final de una escala fija hasta la superficie a la que se desea acceder suponga un riesgo de caída por falta de apoyos, la barandilla o lateral de la escala se prolongará al menos 1 metro por encima del último peldaño o se tomarán medidas alternativas que proporcionen una seguridad equivalente.
4. Las escalas fijas que tengan una altura superior a 4 metros dispondrán, al menos a partir de dicha altura, de una protección circundante. Esta medida no será necesaria en conductos, pozos angostos y otras instalaciones que, por su configuración, ya proporcionen dicha protección.
5. Si se emplean escalas fijas para alturas mayores de 9 metros se instalarán plataformas de descanso cada 9 metros o fracción.

9. Escaleras de mano

Las escaleras de mano de los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo establecido en su normativa específica.

10. Vías y salidas de evacuación.

1. Las vías y salidas de evacuación, así como las vías de circulación y las puertas que den acceso a ellas, se ajustarán a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dichas vías y salidas deberán satisfacer las condiciones que se establecen en los siguientes puntos de este apartado.
2. Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en el exterior o en una zona de seguridad.
3. En caso de peligro, los trabajadores deberán poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente y en condiciones de máxima seguridad.
4. El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de evacuación dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de los lugares de trabajo, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en los mismos.
5. Las puertas de emergencia deberán abrirse hacia el exterior y no deberán estar cerradas, de forma que cualquier persona que necesite utilizarlas en caso de urgencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente. Estarán prohibidas las puertas específicamente de emergencia que sean correderas o giratorias.
6. Las puertas situadas en los recorridos de las vías de evacuación deberán estar señalizadas de manera adecuada. Se deberán poder abrir en cualquier momento desde el interior sin ayuda especial. Cuando los lugares de trabajo estén ocupados, las puertas deberán poder abrirse.
7. Las vías y salidas específicas de evacuación deberán señalizarse conforme a lo establecido en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Esta señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y ser duradera.
8. Las vías y salidas de evacuación, así como las vías de circulación que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto de manera que puedan utilizarse sin trabas en cualquier momento. Las puertas de emergencia no deberán cerrarse con llave.
9. En caso de avería de la iluminación, las vías y salidas de evacuación que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

11. Condiciones de protección contra incendios.

1. Los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo dispuesto en la normativa que resulte de aplicación sobre condiciones de protección contra incendios. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dichos lugares deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
2. Según las dimensiones y el uso de los edificios, los equipos, las características físicas y químicas de las sustancias existentes, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes, los lugares de trabajo deberán estar equipados con dispositivos adecuados para combatir los incendios y, si fuere necesario, con detectores contra incendios y sistemas de alarma.
3. Los dispositivos no automáticos de lucha contra los incendios deberán ser de fácil acceso y manipulación. Dichos dispositivos deberán señalizarse conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y ser duradera.

12. Instalación eléctrica.

1. La instalación eléctrica de los lugares de trabajo deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
2. La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión. Los trabajadores deberán estar debidamente protegidos contra los riesgos de accidente causados por contactos directos o indirectos.
3. La instalación eléctrica y los dispositivos de protección deberán tener en cuenta la tensión, los factores externos condicionantes y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

13. Minusválidos

Los lugares de trabajo y, en particular, las puertas, vías de circulación, escaleras, servicios higiénicos y puestos de trabajo, utilizados u ocupados por trabajadores minusválidos, deberán estar acondicionados para que dichos trabajadores puedan utilizarlos.

B. Disposiciones aplicables a los lugares de trabajo ya utilizados antes de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto, exceptuadas las partes de los mismos que se modifiquen, amplíen o transformen después de dicha fecha.

A los lugares de trabajo ya utilizados antes de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto, exceptuadas las partes de los mismos que se modifiquen, amplíen o transformen después de dicha fecha, les serán de aplicación las disposiciones de la parte A) del presente anexo con las siguientes modificaciones:

- a. Los apartados 4.1.º, 4.2.º, 4.3.º, 5.4.º, 5.5.º, 6.2.º, 6.4.º, 6.5.º, 6.6.º, 6.8.º, 7.8.º, 8.1.º y 8.4.º no serán de aplicación, sin perjuicio de que deban mantenerse las condiciones ya existentes en dichos lugares de trabajo antes de la entrada en vigor de este Real Decreto que satisficieran las obligaciones contenidas en dichos apartados o un nivel de seguridad equivalente al establecido en los mismos.
- b. La abertura máxima de los intersticios citados en el apartado 7.2.º será de 10 milímetros.
- c. Las rampas citadas en el apartado 7.3.º tendrán una pendiente máxima del 20 por ciento.
- d. Para las escaleras que no sean de servicio, la anchura mínima indicada en el apartado 7.4.º será de 90 centímetros.
- e. La profundidad mínima de los descansos mencionada en el apartado 7.7.º será de 1,12 metros.

4.1.3.2 Anexo II: Orden, limpieza y mantenimiento.

1. Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos de forma que sea posible utilizarlas sin dificultades en todo momento.
2. Los lugares de trabajo, incluidos los locales de servicio, y sus respectivos equipos e instalaciones, se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlos en todo momento en condiciones higiénicas adecuadas.

A tal fin, las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

3. Las operaciones de limpieza no deberán constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los trabajadores que las efectúen o para terceros, realizándose a tal fin en los momentos, de la forma y con los medios más adecuados.
4. Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico, de forma que sus condiciones de funcionamiento satisfagan siempre las especificaciones del proyecto, subsanándose con rapidez las deficiencias que puedan afectar a la seguridad y salud de los trabajadores. Si se utiliza una instalación de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento y un sistema de control deberá indicar toda avería siempre que sea necesario para la salud de los trabajadores.

En el caso de las instalaciones de protección, el mantenimiento deberá incluir el control de su funcionamiento.

4.1.3.3 Anexo III: Condiciones ambientales en los lugares de trabajo.

1. La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
2. Asimismo, y en la medida de lo posible, las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben constituir una fuente de incomodidad o molestia para los trabajadores. A tal efecto, deberán evitarse las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y, en particular, la radiación solar a través de ventanas, luces o tabiques acristalados.
3. En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse, en particular, las siguientes condiciones:
 - a. La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27° C. La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25° C.

- b. La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.
- c. Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
 - 1. Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
 - 2. Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
 - 3. Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni a las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.

- d. Sin perjuicio de lo dispuesto en relación a la ventilación de determinados locales en el Real Decreto 1618/1980, de 4 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria, la renovación mínima del aire de los locales de trabajo, será de 30 metros cúbicos de aire limpio por hora y trabajador, en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 metros cúbicos, en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.

El sistema de ventilación empleado y, en particular, la distribución de las entradas de aire limpio y salidas de aire viciado, deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo.

- 4. A efectos de la aplicación de lo establecido en el apartado anterior deberán tenerse en cuenta las limitaciones o condicionantes que puedan imponer, en cada caso, las características particulares del propio lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que esté ubicado. En cualquier caso, el aislamiento térmico de los locales cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.
- 5. En los lugares de trabajo al aire libre y en los locales de trabajo que, por la actividad desarrollada, no puedan quedar cerrados, deberán tomarse medidas

para que los trabajadores puedan protegerse, en la medida de lo posible, de las inclemencias del tiempo.

6. Las condiciones ambientales de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberán responder al uso específico de estos locales y ajustarse, en todo caso, a lo dispuesto en el apartado 3.

4.1.3.4 Anexo IV: Iluminación de los lugares de trabajo

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
 - a. Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
 - b. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1.º Bajas exigencias visuales 100	100
2.º Exigencias visuales moderadas 200	200
3.º Exigencias visuales altas 500	500
4.º Exigencias visuales muy altas 1000	1000
Áreas o locales de uso ocasional 50	50
Áreas o locales de uso habitual 100	100
Vías de circulación de uso ocasional 25	25
Vías de circulación de uso habitual 50	50

() El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo*

4. Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a. En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

5. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- a. La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- b. Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- c. Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia.
- d. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador. Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- e. No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.

6. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.
7. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

4.1.3.5 Anexo V: Servicios higiénicos y locales de descanso.

A. Disposiciones aplicables a los lugares de trabajo utilizados por primera vez a partir de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto y a las modificaciones, ampliaciones o transformaciones de los lugares de trabajo ya utilizados antes de dicha fecha que se realicen con posterioridad a la misma.

1. Agua potable.

Los lugares de trabajo dispondrán de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible. Se evitará toda circunstancia que posibilite la contaminación del agua potable. En las fuentes de agua se indicará si ésta es o no potable, siempre que puedan existir dudas al respecto.

2. Vestuarios, duchas, lavabos y retretes.

1. Los lugares de trabajo dispondrán de vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo y no se les pueda pedir, por razones de salud o decoro, que se cambien en otras dependencias.
2. Los vestuarios estarán provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, que tendrán la capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Los armarios o taquillas para la ropa de trabajo y para la de calle estarán separados cuando ello sea necesario por el estado de contaminación, suciedad o humedad de la ropa de trabajo.
3. Cuando los vestuarios no sean necesarios, los trabajadores deberán disponer de colgadores o armarios para colocar su ropa.
4. Los lugares de trabajo dispondrán, en las proximidades de los puestos de trabajo y de los vestuarios, de locales de aseo con espejos, lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otro sistema

de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. En tales casos, se suministrarán a los trabajadores los medios especiales de limpieza que sean necesarios.

5. Si los locales de aseo y los vestuarios están separados, la comunicación entre ambos deberá ser fácil.
6. Los lugares de trabajo dispondrán de retretes, dotados de lavabos, situados en las proximidades de los puestos de trabajo, de los locales de descanso, de los vestuarios y de los locales de aseo, cuando no estén integrados en éstos últimos.
7. Los retretes dispondrán de descarga automática de agua y papel higiénico. En los retretes que hayan de ser utilizados por mujeres se instalarán recipientes especiales y cerrados. Las cabinas estarán provistas de una puerta con cierre interior y de una percha.
8. Las dimensiones de los vestuarios, de los locales de aseo, así como las respectivas dotaciones de asientos, armarios o taquillas, colgadores, lavabos, duchas e inodoros, deberán permitir la utilización de estos equipos e instalaciones sin dificultades o molestias, teniendo en cuenta en cada caso el número de trabajadores que vayan a utilizarlos simultáneamente.
9. Los locales, instalaciones y equipos mencionados en el apartado anterior serán de fácil acceso, adecuados a su uso y de características constructivas que faciliten su limpieza.
10. Los vestuarios, locales de aseos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberá preverse una utilización por separado de los mismos. No se utilizarán para usos distintos de aquellos para los que estén destinados.

3. Locales de descanso.

1. Cuando la seguridad o la salud de los trabajadores lo exijan, en particular en razón del tipo de actividad o del número de trabajadores, éstos dispondrán de un local de descanso de fácil acceso.
2. Lo dispuesto en el apartado anterior no se aplicará cuando el personal trabaje en despachos o en lugares de trabajo similares que ofrezcan posibilidades de descanso equivalentes durante las pausas.

3. Las dimensiones de los locales de descanso y su dotación de mesas y asientos con respaldos serán suficientes para el número de trabajadores que deban utilizarlos simultáneamente.
4. Las trabajadoras embarazadas y madres lactantes deberán tener la posibilidad de descansar tumbadas en condiciones adecuadas.
5. Los lugares de trabajo en los que sin contar con locales de descanso, el trabajo se interrumpa regular y frecuentemente, dispondrán de espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, si su presencia durante las mismas en la zona de trabajo supone un riesgo para su seguridad o salud o para la de terceros.
6. Tanto en los locales de descanso como en los espacios mencionados en el apartado anterior deberán adoptarse medidas adecuadas para la protección de los no fumadores contra las molestias originadas por el humo del tabaco.
7. Cuando existan dormitorios en el lugar de trabajo, éstos deberán reunir las condiciones de seguridad y salud exigidas para los lugares de trabajo en este Real Decreto y permitir el descanso del trabajador en condiciones adecuadas.

4. Locales provisionales y trabajos al aire libre.

1. En los trabajos al aire libre, cuando la seguridad o la salud de los trabajadores lo exijan, en particular en razón del tipo de actividad o del número de trabajadores, éstos dispondrán de un local de descanso de fácil acceso.
2. En los trabajos al aire libre en los que exista un alejamiento entre el centro de trabajo y el lugar de residencia de los trabajadores, que les imposibilite para regresar cada día a la misma, dichos trabajadores dispondrán de locales adecuados destinados a dormitorios y comedores.
3. Los dormitorios y comedores deberán reunir las condiciones necesarias de seguridad y salud y permitir el descanso y la alimentación de los trabajadores en condiciones adecuadas.

B. Disposiciones aplicables a los lugares de trabajo ya utilizados antes de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto, exceptuadas las partes de los mismos que se modifiquen, amplíen o transformen después de dicha fecha.

A los lugares de trabajo ya utilizados antes de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto, exceptuadas las partes de los mismos que se modifiquen, amplíen o transformen después de dicha fecha, les serán de aplicación las disposiciones de la parte A del presente Anexo con las siguientes modificaciones:

- a. El apartado 3.5 no será de aplicación, salvo que los espacios previstos en dicho apartado ya existieran antes de la fecha de entrada en vigor de este Real Decreto.
- b. Para la aplicación de los apartados 3.1. y 4.1. se considerará como local de descanso cualquier lugar de fácil acceso que tenga las condiciones apropiadas para el descanso, aunque no esté específicamente destinado a tal fin.

4.1.3.6 Anexo VI: Material y locales de primeros auxilios.

A. Disposiciones aplicables a los lugares de trabajo utilizados por primera vez a partir de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto y a las modificaciones, ampliaciones o transformaciones de los lugares de trabajo ya utilizados antes de dicha fecha que se realicen con posterioridad a la misma.

1. Los lugares de trabajo dispondrán de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores, a los riesgos a que estén expuestos y a las facilidades de acceso al centro de asistencia médica más próximo. El material de primeros auxilios deberá adaptarse a las atribuciones profesionales del personal habilitado para su prestación.
2. La situación o distribución del material en el lugar de trabajo y las facilidades para acceder al mismo y para, en su caso, desplazarlo al lugar del accidente, deberán garantizar que la prestación de los primeros auxilios pueda realizarse con la rapidez que requiera el tipo de daño previsible.
3. Sin perjuicio de lo dispuesto en los apartados anteriores, todo lugar de trabajo deberá disponer, como mínimo, de un botiquín portátil que contenga desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.
4. El material de primeros auxilios se revisará periódicamente y se irá reponiendo tan pronto como caduque o sea utilizado.

5. Los lugares de trabajo de más de 50 trabajadores deberán disponer de un local destinado a los primeros auxilios y otras posibles atenciones sanitarias. También deberán disponer del mismo los lugares de trabajo de más de 25 trabajadores para los que así lo determine la autoridad laboral, teniendo en cuenta la peligrosidad de la actividad desarrollada y las posibles dificultades de acceso al centro de asistencia médica más próximo.
6. Los locales de primeros auxilios dispondrán, como mínimo, de un botiquín, una camilla y una fuente de agua potable. Estarán próximos a los puestos de trabajo y serán de fácil acceso para las camillas.
7. El material y locales de primeros auxilios deberán estar claramente señalizados.

B. Disposiciones aplicables a los lugares de trabajo ya utilizados antes de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto, exceptuadas las partes de los mismos que se modifiquen, amplíen o transformen después de dicha fecha.

A los lugares de trabajo ya utilizados antes de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto, exceptuadas las partes de los mismos que se modifiquen, amplíen o transformen después de dicha fecha, les serán de aplicación las disposiciones de la parte A del presente Anexo con las modificaciones que se señalan en el párrafo siguiente.

Los apartados 5 y 6 no serán de aplicación, salvo en lo relativo a aquellas obligaciones contenidas en los mismos que ya fueran aplicables en los citados lugares de trabajo en virtud de la normativa vigente hasta la fecha de entrada en vigor de este Real Decreto.

Documento de carácter informativo. Únicamente se consideran auténticos los textos legales publicados en las ediciones impresas del Boletín Oficial del Estado (BOE) o del Diario Oficial de la Unión Europea.

CAPÍTULO 5:

**PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BANCO
DE FLUJO**

ÍNDICE CAPITULO 5

5.1 INTRODUCCIÓN.	375
5.2 PLAN DE MANTENIMIENTO DE SOPLANTES.	375
5.2.1 Trabajos semanales.	375
5.2.2 Después de 500 horas de servicio.	375
5.2.3 Después de 1000 horas de servicio.	376
5.2.4 Después de 4000 horas de servicio.	376
5.2.5 Después de 8000 horas de servicio.	376
5.3 PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS CAUDALÍMETROS DE HILO CALIENTE (SensyFlow).	376

5.1 INTRODUCCIÓN.

Para el correcto funcionamiento del equipo instalado en el Banco de Flujo, y con el fin de obtener una durabilidad elevada de los componentes del mismo, es necesario un uso cuidadoso de la instalación a la hora de realizar los ensayos, pero también se debe de llevar a cabo una serie de trabajos de mantenimiento de los aparatos que lo precisen. Además, estos trabajos se realizarán de manera periódica en algunos casos, y en otros dependerá de las horas de uso que tenga cada componente. A continuación se describen brevemente las tareas de mantenimiento de los componentes o soplantes y de los caudalímetros de hilo caliente (Sensyflow).

5.2 PLAN DE MANTENIMIENTO DE SOPLANTES.

La realización de estos trabajos vendrá en función del número de horas de utilización de los mismos. Semanalmente se realizarán tareas de control o supervisión del filtro de aspiración, del nivel de aceite de lubricación y e la existencia de ruidos o vibraciones anómalas. A partir de aquí, y en función del número de horas de servicio, los trabajos de mantenimiento serán más específicos, e incluirán cambios de aceite, limpieza de filtro de aspiración, alineación de poleas y tensado de correas, control de válvulas...

5.2.1 Trabajos semanales.

- A. Controlar el filtro de aspiración, limpiarlo si es necesario
- B. Control del nivel de aceite.
- C. Controlar el grupo en cuanto a vibraciones y ruidos anormales.

5.2.2 Después de 500 horas de servicio.

- A. Cambiar el aceite de lubricación.
- B. Limpiar el filtro de aspiración.
- C. Controlar la nivelación del acoplamiento o la alineación de las poleas y tensado de las correas.

- D. Girar a mano el soplante y observar si la marcha es suave.

5.2.3 Después de 1000 horas de servicio.

- A. Limpiar el filtro de aspiración.
- B. Controlar la válvula de seguridad.
- C. Controlar la válvula de retención.
- D. Controlar el tensado de las correas.

5.2.4 Después de 4000 horas de servicio.

- A. Limpiar el filtro de aspiración.
- B. Tomar muestra del aceite de lubricación y examinarlas y si es necesario, cambiar el aceite .
- C. Controlar la nivelación del acoplamiento, o la alineación de las poleas y el tensado de las correas.
- D. Controlar la válvula de seguridad.

5.2.5 Después de 8000 horas de servicio.

- A. Cambiar el aceite.
- B. Limpiar el filtro de aspiración o cambiarlo.
- C. Controlar la válvula de seguridad.
- D. Controlar la nivelación del acoplamiento, verificar el estado de los elementos elásticos (pomas de arrastre) y eventualmente cambiarlas.
- E. Controlar la alineación de las poleas y tensado de las correas, verificar el estado de las correas y eventualmente cambiarlas.

5.3 PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS CAUDALÍMETROS DE HILO CALIENTE (SensyFlow).

Se mandan a calibrar una vez al año.



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



DOCUMENTO III

PRESUPUESTO

**ESTUDIO SOBRE LOS EFECTOS DE CAMPOS
ACÚSTICOS EN LA TRANSMISIÓN DE CALOR DE UN
CALENTADOR DE AIRE DE ADMISIÓN.**

CAPÍTULO 1:
DESCRIPCIÓN DEL PRESUPUESTO

ÍNDICE CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN.	381
1.2.DESGLOSE DEL PRESUPUESTO.	381
1.2.1 Mano de obra.	381
1.2.2 Materiales.	381
1.2.3 Coste de uso de los equipos.	381
1.3 PRESUPUESTO PARCIAL.	382
1.3.1 Mano de obra.	382
1.3.2 Materiales.	382
1.3.3 Coste de uso de equipos e instalaciones.	383
1.3.4 Coste del equipo auxiliar.	383
1.4 PRESUPUESTO TOTAL.	384

1.1 INTRODUCCIÓN.

A continuación se desarrolla el coste estimado de realización de este proyecto. Para calcular dicho coste se incluirán la amortización de la instalación Banco de Flujo para los ensayos realizados, así como de los equipos de medición y calibración, el coste del trabajo realizado por el personal a cargo de la instalación y el material utilizado. También se tienen en cuenta las horas de taller necesarias para la modificación de algunos elementos empleados en el montaje de la maqueta.

1.2 DESGLOSE DEL PRESUPUESTO.

El presupuesto está dividido en tres partes, en las que se especifican las acciones realizadas por los trabajadores, los materiales empleados, y el coste de los equipos utilizados.

1.2.1 Mano de obra.

Para el control de las instalaciones utilizadas han sido necesarios:

Un Técnico de laboratorio: encargado de la preparación de los ensayos y del proceso de toma de datos.

Un Ingeniero Técnico Industrial: encargado del control y funcionamiento de la instalación.

1.2.2 Materiales.

Materiales empleados para la configuración de la maqueta y el desarrollo de los ensayos.

1.2.3 Coste de uso de los equipos.

Debemos tener en cuenta:

- Amortización de la instalación de flujo y de impulsos.
- Amortización del equipo de adquisición de datos empleado en la realización de los ensayos experimentales.

- Coste de los equipos empleados en la fabricación de piezas (torno, fresadora, etc.).

En esta partida se incluyen solamente los gastos asociados a la amortización de los equipos utilizados en el desarrollo del presente estudio, debido a que estos elementos ya fueron adquiridos previamente por CMT-Motores Térmicos, estando pues disponibles de antemano.

La amortización de los equipos se ha considerado lineal a 3 años en el caso de equipos informáticos y a 5 en las instalaciones y equipos para la realización de los ensayos.

1.3 PRESUPUESTO PARCIAL.

1.3.1 Mano de obra.

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	Precio/Ud. (€)	Precio parcial (€)
100	h	Técnico de laboratorio	18	1800
30	h	Ingeniero Técnico Industrial	24	720
			TOTAL	2520

1.3.2 Materiales.

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	Precio/Ud. (€)	Precio parcial (€)
1	Ud.	Tubo de acero	300	300
10	Ud.	Cinta de sellado	0,5	5
1	Ud.	Spray detector de fugas	11,2	11,2
			TOTAL	316,2

1.3.3 Coste de uso de equipos e instalaciones.

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	Precio/Ud. (€)	Precio parcial (€)
100	h	Banco de Flujo Estacionario	6,2	620
4	mes	Sistema PULSE*	200	800
1	mes	Data logger	200	200
1	Ud.	Amplificador Optimus, 120 W. RMS, AXC-120	200	200
1	Ud.	Altavoz Visaton FRS 5	10	10
1	h	Sierra Mecánica.	15,03	15,03
3	h	Soldadura	15	45
2	h	Fresadora.	15,03	30,06
1	h	Torno	24,05	24,05
			TOTAL	1944,14

* El sistema pulse incluye el ordenador con el programa, los micrófonos, etc.

1.3.4 Coste del equipo auxiliar.

Además de los costes citados en los apartados anteriores, hay que considerar los costes de los equipos auxiliares. Como tales citaremos:

- Las herramientas de la sala del laboratorio Banco de Flujo.
- Gastos de mantenimiento de la instalación.
- Electricidad consumida por los equipos que forman la instalación.
- etc.

A este concepto se le atribuye un valor igual al 5% de la suma de los costes de mano de obra, del material y del coste de las instalaciones, por lo que será:

Coste Mano de Obra (€)	2520
Coste del Material (€)	316,2
Coste de las Instalaciones (€)	1944,1
TOTAL	4780,3
5%	239,015

1.4 PRESUPUESTO TOTAL.

Concepto	Coste (€)
Mano de obra.	2520
Materiales.	316,2
Uso de equipos e instalaciones.	1944,1
Material auxiliar.	239,02
SUBTOTAL	5019,32
IVA (21 %)	1.054,06 €
TOTAL	6.073,38 €

El presupuesto total asciende a **SEIS MIL SETENTA Y TRES EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS. (6073,38€)**

