

Manual de experimentos

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración
--

G.U.N.T. Gerätebau GmbH

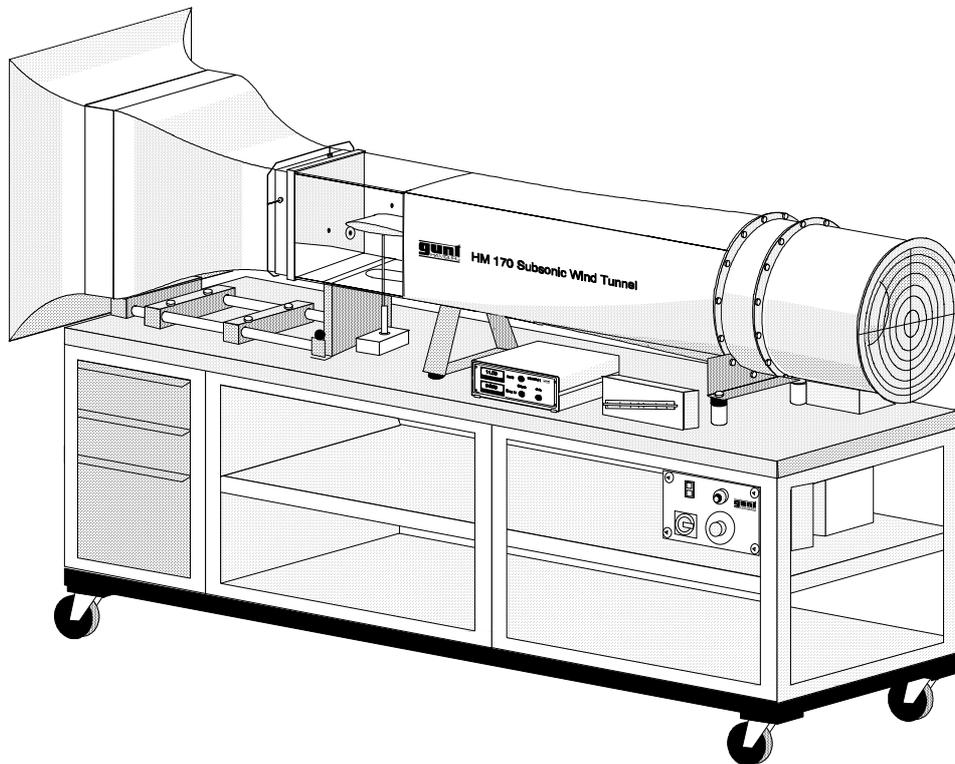
Fahrenberg 14

D-22885 Barsbüttel • Alemania

Teléfono +49 (40) 670854-0

Telefax +49 (40) 670854-42

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



Todos los derechos reservados . G.U.N.T. Gerätebau GmbH., Alemania

Manual de experimentos

Indice General

1	Introducción	1
2	Descripción técnica	2
2.1	Funcionamiento del túnel aerodinámico	3
2.2	Estructura constructiva	5
2.2.1	Túnel aerodinámico.	5
2.2.2	Registro de fuerza.	7
3	Seguridad	8
4	Puesta en marcha y manejo	10
4.1	Colocación	10
4.2	Puesta en marcha	11
4.2.1	Comprobación del manómetro de tubo inclinado	11
4.2.2	Retirada del seguro de transporte	11
4.2.3	Apertura y cierre del tramo de medición	11
4.2.4	Manejo del soplador	12
4.3	Medición de la velocidad	14
4.3.1	Medición con el instrumento montado	14
4.3.2	Medición con el tubo de Prandtl	15
4.3.3	Calibración de la medición de la velocidad.	16
4.4	Montaje de modelos.	18
4.5	Registro de fuerza	20
4.5.1	El transductor de fuerza	20
4.5.2	El amplificador de la medición	21
4.5.3	Error por influencia del peso propio	21
4.5.4	Error por el soporte del modelo	22

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración

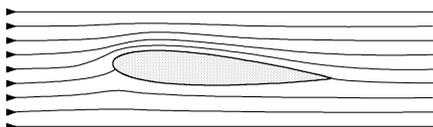
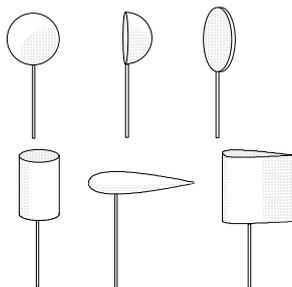
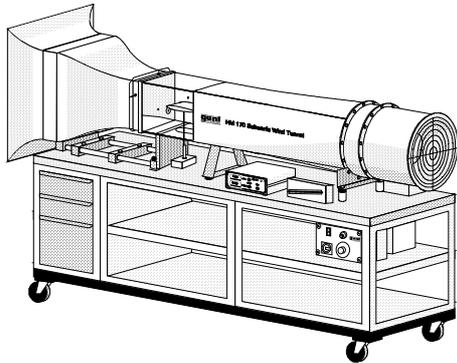


5	Ensayos	23
6	Anexo.	25
6.1	Datos técnicos	25
6.2	Signos de fórmula y unidades	28
6.3	Indice	29

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



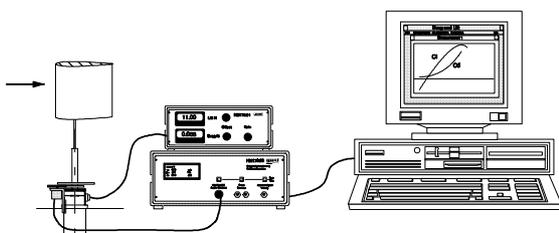
1 Introducción



El **túnel aerodinámico de demostración HM 170** se ha desarrollado para llevar a cabo ensayos y demostraciones en el campo de la aerodinámica y la dinámica de los fluidos. Consiste en un **túnel aerodinámico abierto subsónico** con un tramo de medición de sección cuadrada. Este completo accesorio, que se debe solicitar expresamente, permite efectuar **gran cantidad de ensayos**:

- Comparar varios métodos de medición de la velocidad y la presión.
- Determinar los coeficientes de resistencia del aire de distintos cuerpos (discos, alas, cuerpos hidrodinámicos, bastidores portantes).
- Determinar los coeficientes de resistencia y sustentación de bastidores portantes con distintos ángulos de incidencia.
- Estudiar el efecto de los elementos auxiliares aerodinámicos para la sustentación, como picos de seguridad y alerones de intradós.
- Estudiar la distribución de la presión en cilindros inundados y bastidores portantes.
- Estudiar la inestabilidad de bastidores portantes y la incitación aerodinámica de oscilaciones.
- Estudiar capas límite.

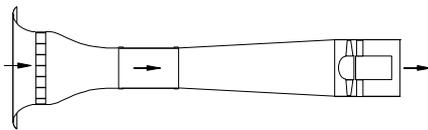
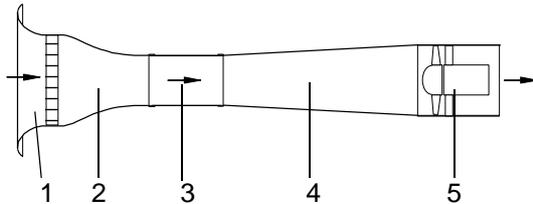
Además de los métodos clásicos de la técnica de medición de flujo, se han previsto el **registro de valores de medición y la evaluación en soporte informático**. Para ello, se utilizan convertidores de los valores de medición y registradores de carrera electrónicos. Un amplificador de la medición con convertidor analógico-digital incorporado e interfaz de serie permite transmitir los datos de medición a un PC. Un paquete de software especial permite trazar curvas de sustentación y de distribución de la presión.



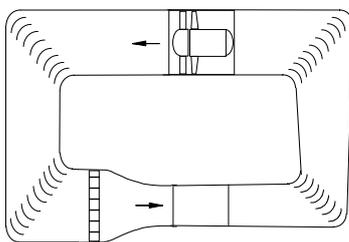
2 Descripción técnica

El túnel aerodinámico consta básicamente de:

- **Precámara** con reja enderezadora de corrientes (1)
- **Tobera** (2)
- **Tramo de medición** (3)
- **Difusor** (4)
- **Soplador** (5)



Túnel aerodinámico



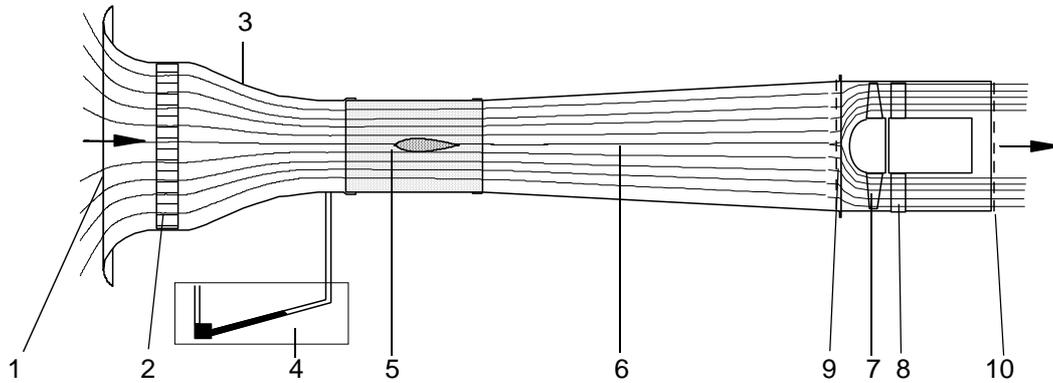
Túnel aerodinámico cerrado

El túnel aerodinámico de demostración HM170 es un **túnel aerodinámico abierto** de **tipo Eiffel**. El aire se aspira del exterior y se expulsa de nuevo al exterior. El espacio alrededor se encarga de realimentar el aire a la entrada. Este tipo de túneles aerodinámicos sólo son adecuados para velocidades del aire relativamente pequeñas ($0 < Ma < 0,2$). El HM170 alcanza un **número de Mach** de aproximadamente **Ma = 0,1**.

Con los túneles aerodinámicos abiertos, se obtiene una presión negativa en el tramo de medición, por lo que se debe cerrar el tramo de medición.

Por otra parte, a altas velocidades se suelen utilizar **túneles aerodinámicos cerrados**. La cámara fotogramétrica de estos túneles aerodinámicos se puede encontrar a presión ambiental; por ese motivo, también están en versión abierta. Cuando se introduce aire en el circuito cerrado, el consumo de energía es inferior que en los canales abiertos. Además, los túneles aerodinámicos cerrados requieren más espacio y costes de producción mayores.

2.1 Funcionamiento del túnel aerodinámico



El aire se aspira del entorno a través de la **tolva de carga** (1) que favorece la inundación.

Los posibles componentes transversales que pueda haber en la corriente se filtran en la **reja enderezadora de corrientes** (2) mediante panales tubulares. El aire sale de la reja enderezadora de corrientes como inundación paralela y en la **tobera** (3) se acelera aproximadamente 3,3 veces.

La presión estática (4) se mide después de la tobera, a la entrada del tramo de medición. A partir de la entrada de una inundación sin apenas pérdidas se puede determinar la velocidad de fluido mediante la substracción de la presión ambiental (presión total a una velocidad de cero).

El aire fluye a través del **tramo de medición** (5) de sección transversal constante.

Después del tramo de medición, la inundación se frena en un **difusor** (6) y se recupera parte de la caída de presión necesaria para la aceleración del aire dentro de la tobera. El ángulo del difusor está medido de forma que no haya separación de flujo.

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



Un **soplador axial** (7) con difusor posterior (8) aspira el aire del difusor y lo transporta de nuevo al exterior.

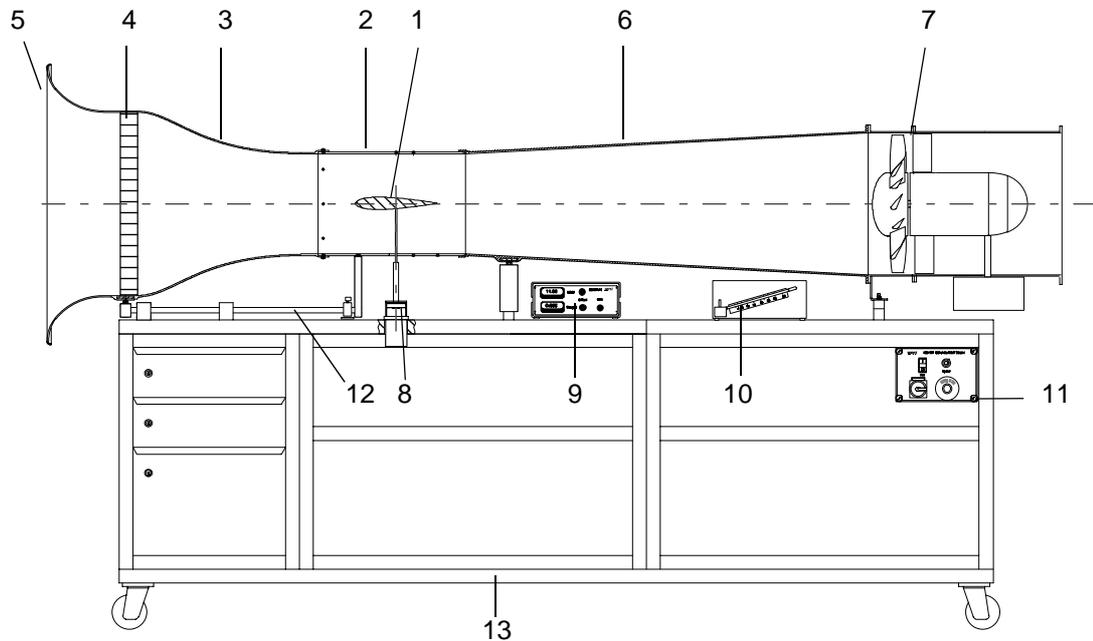
Una rejilla protectora colocada delante del soplador (9) evita que haya daños debidos al arrastre de cuerpos extraños o modelos. Una rejilla protectora colocada detrás del soplador (10) evita la manipulación de éste cuando está en marcha.

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



2.2 Estructura constructiva

2.2.1 Túnel aerodinámico



- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 Modelo | 8 Transductor de fuerza electrónico de dos componentes |
| 2 Tramo de medición | 9 Amplificador de la medición con indicación de la fuerza |
| 3 Tobera | 10 Manómetro de tubo inclinado para velocidad del aire |
| 4 Reja enderezadora de corrientes | 11 Caja de distribución con regulación del número de revoluciones del soplador |
| 5 Tolva de carga | |
| 6 Difusor | |
| 7 Soplador axial | |

La **tolva de carga** (5), la **tobera** (3) y el **difusor** (6) están fabricados en plástico reforzado con fibras de vidrio.

Para poder acceder al tramo de medición cerrado, la tobera y la tolva de carga (3,5) están colocadas junto con el tramo de medición (2) en la guía (12) y se pueden desplazar.

Como **reja enderezadora de corrientes** (4) se utiliza una rejilla de panales tubulares.

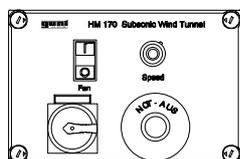
El **tramo de medición** (2) está fabricado en plexiglás.

El **soplador axial** (7) cuenta con un difusor posterior. Esta construcción presenta un alto grado de efectividad y es considerablemente menos ruidosa que la

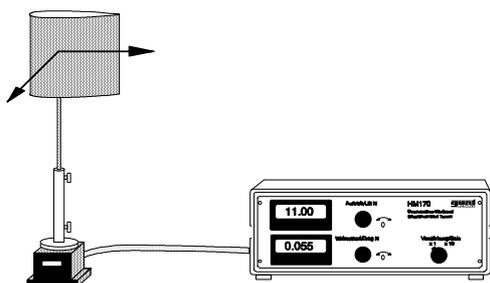
HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



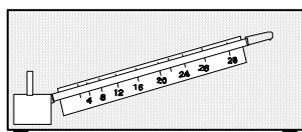
de los sopladores sin difusor posterior. El soplador se acciona mediante un motor trifásico. Un convertidor de frecuencias (11) permite ajustar el número de revoluciones de forma constante y, con ello, la velocidad del aire. El soplador está sujeto con firmeza al difusor y al carro de laboratorio, en este caso mediante elementos de goma. De este modo, se impide de forma efectiva la transmisión de oscilaciones y se garantiza un funcionamiento muy silencioso.



El interruptor primario, el interruptor de desconexión de emergencia, el botón de ajuste del número de revoluciones y el interruptor del soplador están montados en la **caja de distribución** (11).



Los modelos (1) están sujetos al **transductor de fuerza de dos componentes** (8). Los valores de resistencia y empuje se indican digitalmente en el amplificador de la medición (9). Se pueden ajustar dos sensibilidades de medición.



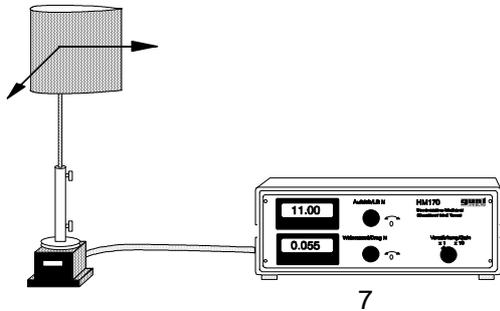
El **manómetro de tubo inclinado** (10) indica la velocidad actual del aire a la entrada del tramo de medición.

El túnel aerodinámico está montado en un **carro de laboratorio** (13), lo que permite moverlo con facilidad. En el carro de laboratorio se han incorporado fondos intermedios y cajones con cierre para guardar los dispositivos de medición, los modelos y otros materiales necesarios para los ensayos.

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración

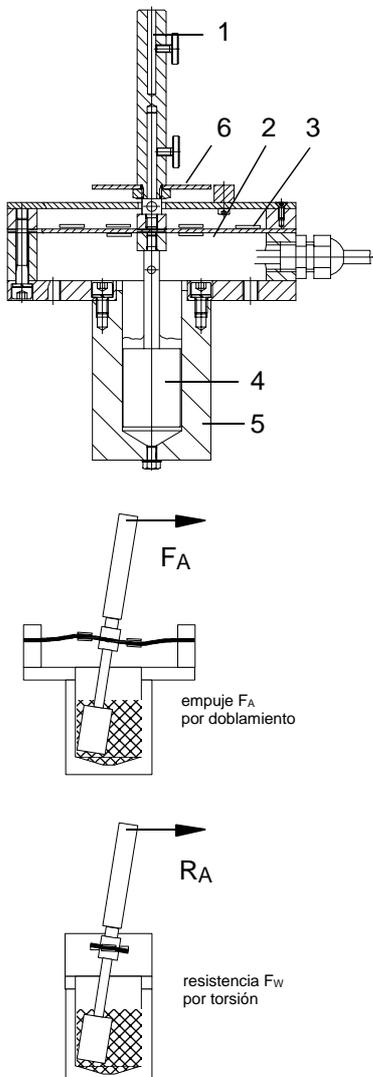


2.2.2 Registro de fuerza



Las fuerzas del flujo en el modelo se miden electrónicamente en el túnel aerodinámico.

Para ello, el túnel aerodinámico cuenta con un **transductor de fuerza de dos componentes** electrónico y de instalación precisa, montado por debajo del tramo de medición.



Éste convierte las fuerzas, mediante el brazo de fuerza del soporte del modelo (1), en pares proporcionales. Estos pares dan lugar a unas vigas de flexión y torsión (2). La deformación se mide con calibres extensométricos (3) y se indica digitalmente como fuerza en el amplificador de la medición bicanal (7).

La deformación es muy pequeña, por lo que la posición del modelo dentro de la inundación apenas si varía. El ángulo en que se encuentra el modelo (ángulo de incidencia del bastidor portante) dentro de la inundación se ajusta mediante un cuadrante (6).

Para amortiguar las oscilaciones no deseadas del dispositivo de medición, la radiobaliza de posición elástica y la conexión a masa del modelo constituyen un sistema oscilatorio. Además, el soporte del modelo cuenta con un empalme en forma de pistón (4) que va a parar a un recipiente amortiguador lleno de aceite viscoso (5). Las inundaciones a presión en la columna entre el pistón y el recipiente generan la amortiguación.

Principio del registro de fuerza

Todos los derechos reservados . G.U.N.T. Gerätebau GmbH., Alemania

3 Seguridad



¡PELIGRO!

¡PELIGRO de descarga eléctrica!

Desconectar el enchufe de red antes de abrir la caja de distribución. La caja de distribución sólo la debe abrir personal técnico.



¡PELIGRO!

¡PELIGRO de descarga eléctrica!

Desconectar el enchufe de red antes de abrir el amplificador de la medición. La caja sólo la debe abrir personal técnico.



¡PELIGRO!

¡PELIGRO DE LESIONES por el rodete giratorio!

Jamás poner en funcionamiento el túnel aerodinámico sin las rejillas protectoras en la entrada y la salida del soplador.



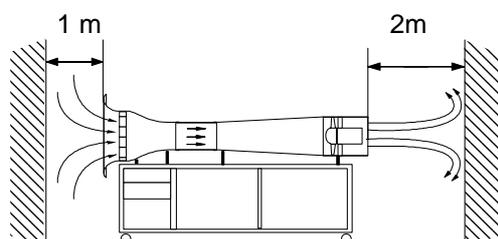
¡ATENCIÓN!

¡ATENCIÓN!

No debe haber objetos móviles delante de la entrada o la salida del túnel aerodinámico. **El túnel aerodinámico tiene una succión muy fuerte.**

Para alcanzar la potencia nominal, el aire debe poder entrar y salir sin problemas.

En la colocación se deben respetar las **distancias mínimas** siguientes respecto a paredes u otros objetos:



- **Lumbrera de aspiración:** 1 m
- **Salida del soplador:** 2 m

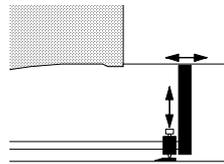


¡ATENCIÓN!

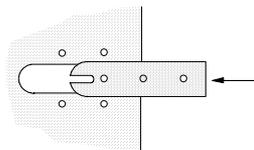
¡ATENCIÓN!

Bloquear las ruedecillas del carro de laboratorio. El empuje del túnel aerodinámico puede alcanzar hasta 100 N.

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



¡ATENCIÓN! Durante el funcionamiento, con el botón de retención bloquear debidamente la tobera. De lo contrario, la presión negativa a la entrada podría abrir la tobera por delante a impulsos.



¡ATENCIÓN! ¡Cerrar el orificio inferior del tramo de medición con una barra de enclavamiento! De lo contrario, el túnel aerodinámico no alcanzará la potencia nominal debido a la entrada de aire adicional.



¡ATENCIÓN! ¡No sobrecargar el transductor de fuerza!

reas de medición:

Fuerza de empuje F_A : 10 N

Resistencia aerodinámica F_w : 3 N



¡ATENCIÓN! Antes de modificar la programación del convertidor de frecuencias se debe comentar con G.U.N.T.

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



4 Puesta en marcha y manejo

4.1 Colocación

Para alcanzar la potencia nominal, el aire debe poder entrar y salir **sin problemas**. El aire dentro del lugar de colocación vuelve a fluir de la salida a la entrada; por lo tanto, no se deben elegir espacios pequeños ($> 150 \text{ m}^3$) para no influir en las condiciones del flujo.

En la colocación se deben respetar las **distancias mínimas** siguientes respecto a paredes u otros objetos:

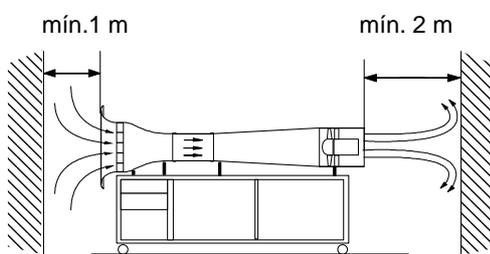
- **Lumbrera de aspiración:** mín. 1 m
- **Salida del soplador:** mín. 2 m

El túnel aerodinámico tiene **una succión muy fuerte**. Por lo tanto, no dejar sueltos ligeros delante de la entrada del túnel aerodinámico.

La velocidad del viento a la salida es de **100 km/h** como máximo; por lo tanto, no dejar objetos sueltos o ligeros en el sentido de soplado de la salida.

El empuje del túnel aerodinámico puede ser de hasta 100 N, por lo que se deben poner los frenos de las ruedecillas del carro de laboratorio para evitar que el túnel aerodinámico se mueva.

Comprobar que la **protección por fusible de 16 A** de la conexión a la red de 230 V sea suficiente.

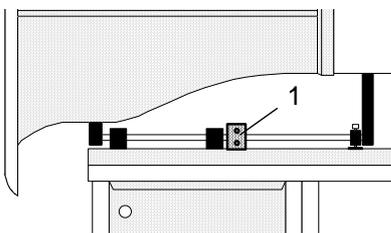


4.2 Puesta en marcha

4.2.1 Comprobación del manómetro de tubo inclinado

- Orientar el manómetro de tubo inclinado en sentido horizontal mediante un nivel de burbuja.
- Llenar el manómetro de tubo inclinado hasta la marca cero de la escala con el líquido de llenado rojo proporcionado en el suministro.
- Ajustar con precisión la marca cero moviendo la escala a los orificios alargados.
- Comprobar la conexión entre el extremo del tubo inclinado con la tubuladura de medición del túnel aerodinámico con un tubo.

4.2.2 Retirada del seguro de transporte



Para evitar que el tramo de medición se abra por accidente, la tobera se suministra sujeta con un seguro de transporte.

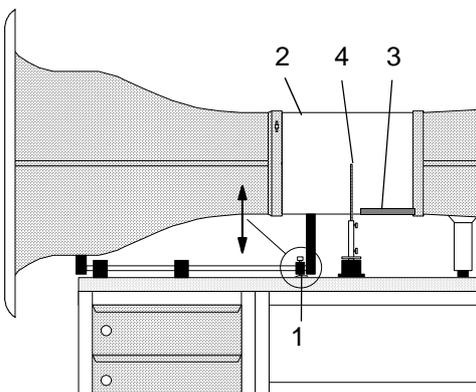
Retirar el seguro de transporte (1) verde del vástago de guía.

4.2.3 Apertura y cierre del tramo de medición

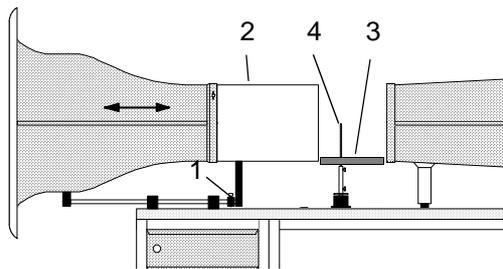
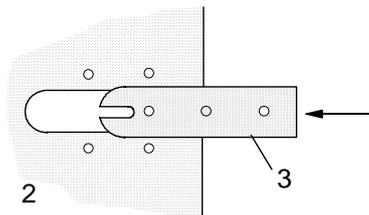
Para poder acceder al interior del tramo de medición, empujar el tramo de medición con la tobera hacia delante. El tramo de medición queda bloqueado en la posición cerrada mediante una clavija de retención.

Apertura del tramo de medición

- Tirar hacia arriba de la clavija de retención (1) y empujar hacia delante el tramo de medición (2).
- Si el modelo está montado, el soporte del modelo (4) mueve hacia atrás la placa de cierre inferior (3), que sale de la ranura.



HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



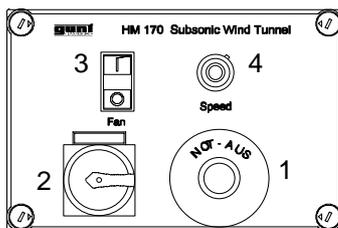
Cierre del tramo de medición

- Introducir la placa de cierre (3) en la ranura del tramo de medición (2) y empujar el tramo de medición hacia atrás hasta que la clavija de retención (1) quede enclavada.
- Si el modelo está montado, primero empujar hacia atrás hasta que el soporte del modelo (4) se encuentre al inicio de la ranura inferior. A continuación, introducir la placa de cierre (3) y cerrar el tramo de medición (2) por completo hasta que la clavija de retención (1) quede enclavada.

¡ATENCIÓN! El tramo de medición debe estar bien bloqueado, es decir, **la clavija de retención debe estar bien enclavada.**

De lo contrario, hay riesgo de que el tramo de medición se abra de repente durante el funcionamiento.

4.2.4 Manejo del soplador



Todos los elementos de mando del soplador se encuentran en la caja de distribución.

- Interruptor de desconexión de emergencia (1)
- Interruptor primario (2)
- Interruptor del soplador (3)
- Regulador de velocidad del soplador (4)



¡ATENCIÓN! Comprobar primero:

- Que **no haya objetos sueltos** (modelos, tornillos de sujeción, tapas, etc.) en la tobera, en el tramo de medición ni en el difusor.
- Que la **placa de cierre** esté colocada.
- Que el **tramo de medición** esté **cerrado y bloqueado.**

- **Que el interruptor de desconexión de emergencia esté suelto** (tirar del botón rojo).
- Que el **regulador de velocidad** indique **cero**.
- Encender el aparato mediante el interruptor primario (2).
- Encender el soplador (3).
- Acelerar poco a poco el regulador de velocidad (4) del soplador. Observar el manómetro de tubo inclinado y ajustar la velocidad deseada.
- Si el regulador de velocidad señala 10,0 (máximo), se deben alcanzar los 28 m/s.

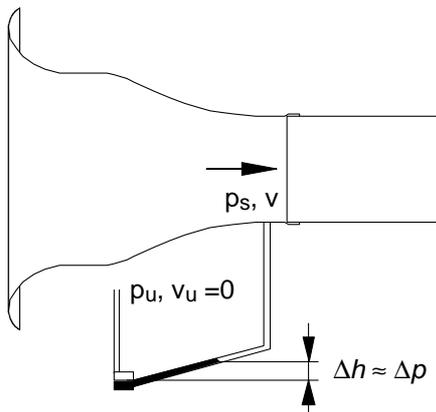


¡ATENCIÓN! El aire adicional que pueda entrar, por ejemplo por un defecto en la placa de cierre, reduce la potencia del túnel aerodinámico.

En este caso, no se puede alcanzar la velocidad máxima.

4.3 Medición de la velocidad

4.3.1 Medición con el instrumento montado



La velocidad del aire se mide a la entrada del tramo de medición. La presión estática p_s se mide a través de cuatro orificios distribuidos por todo el túnel. La presión diferencial entre la presión total y la estática corresponde a la presión dinámica p_d y es proporcional al cuadrado de la velocidad de fluido. La presión total p_g dentro del canal se iguala a la presión total p_u del entorno, siempre que las pérdidas de presión sean pequeñas. De este modo, no es necesario colocar en el túnel tubos de Pitot, puesto que eso podría provocar una avería en el campo de flujo.

Así, con una densidad ρ del aire, se obtiene una velocidad de:

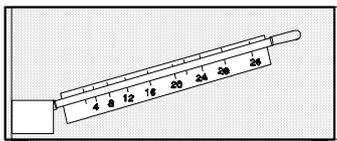
$$v = \sqrt{\frac{2 p_d}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 (p_u - p_s)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}$$

Con la altura h de la columna de líquido en el manómetro de tubo inclinado se obtiene:

$$\Delta p = \rho_{fl} g \Delta h.$$

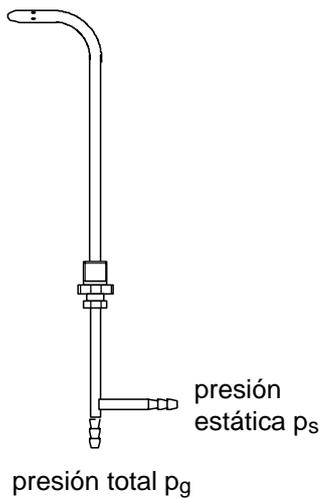
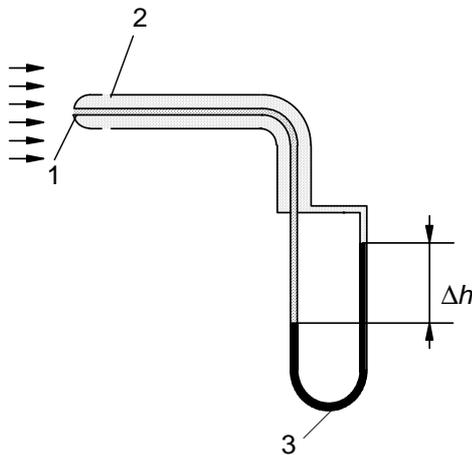
Aquí ρ_{fl} es la densidad del líquido.

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_{fl} g \Delta h}{\rho}}$$



Una escala calibrada en m/s en el manómetro de tubo inclinado permite leer directamente la velocidad.

4.3.2 Medición con el tubo de Prandtl



Si se trabaja con un tubo de Prandtl, también se puede medir la velocidad con él.

El tubo de Prandtl se compone de una combinación de una tobera de Pitot para medir la presión total y un punto de medición para medir la presión estática. Las dos presiones se transmiten a un manómetro diferencial (3) a través de un tubo de doble pared.

El punto de medición (1) de la presión total se encuentra en la parte frontal inundada de la sonda. Para medir la presión estática se han practicado otros orificios de medición (2) en los laterales, distribuidos proporcionalmente por todo el contorno. Si se calcula el valor promedio de los puntos de medición distribuidos por el contorno, se puede reducir la influencia de una inundación oblicua.

La velocidad se calcula del modo siguiente:

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_{fl} g \Delta h}{\rho}}$$

Si se utiliza el tubo de Prandtl para medir, se debe prestar atención a la orientación de la sonda, que debe ir paralela a la inundación.

4.3.3 Calibración de la medición de la velocidad

Si se trabaja con un tubo de Prandtl, con él se puede calibrar el velocímetro.

Debido a pérdidas de presión en la entrada, en la reja enderezadora de corrientes y en la tobera, la presión total en el punto de medición no coincide exactamente con la presión ambiental. El error de medición producido se puede tener en cuenta en un factor de corrección.

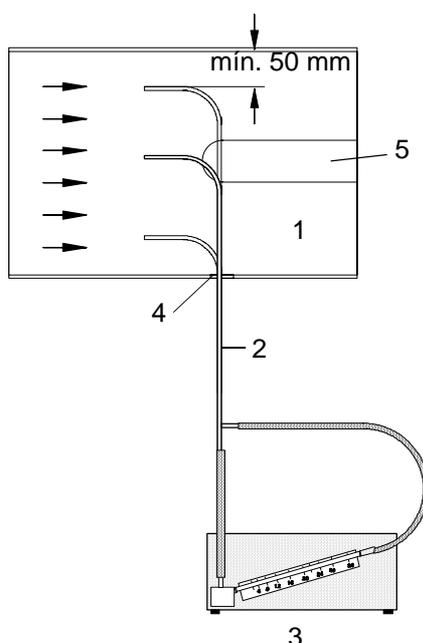
Para efectuar una medición exacta, se debe conocer la densidad actual del aire. Si se conocen la presión atmosférica, la humedad relativa y la temperatura, se puede derivar de las tablas siguientes, por ejemplo

Presión atmosférica: 1.013 mbar

Humedad relativa: 60%

Temperatura: 20 C

Densidad: 1.199 kg/m³



La medición se debe efectuar del modo siguiente:

- Retirar los modelos que pueda haber en el tramo de medición.
- Cerrar la ranura inferior del tramo de medición (1) con una barra de enclavamiento (5).
- Cerrar y bloquear el tramo de medición.
- Conectar el tubo de Prandtl (2) al segundo manómetro de tubo inclinado (3).
- Orientar el manómetro de tubo inclinado (3) en sentido horizontal y ajustar el punto cero.
- Acelerar el túnel aerodinámico a una velocidad de 20 m/s.
- Introducir el tubo de Prandtl (2) en el tramo de medición a través de un orificio de 13 mm en el lateral (4).

- Efectuar mediciones en varios puntos de la sección transversal de inundación con el tubo de Prandtl y anotar la presión. Comprobar que la distancia respecto a la pared sea suficiente (mín. 50 mm). No medir cerca de los orificios de sujeción.
- Comprobar que el tubo de Prandtl se encuentre en paralelo a la inundación.
- Calcular el promedio de los valores de medición y determinar la velocidad con la densidad actual:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \rho_{fl} g \Delta h}{\rho}}.$$

- Calcular el **factor de corrección** con la velocidad v del instrumento montado.

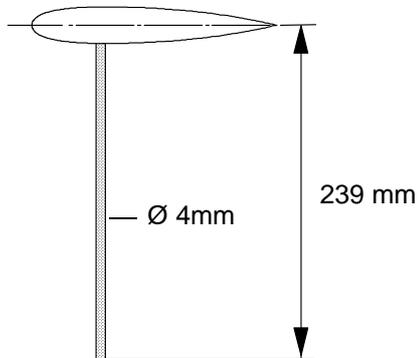
$$k = (v_0/v)^2.$$

De este modo, se puede calcular la velocidad corregida:

$$v_{corr.} = \sqrt{k v^2}.$$

Repetir la medición a otras velocidades y comprobar el factor de corrección.

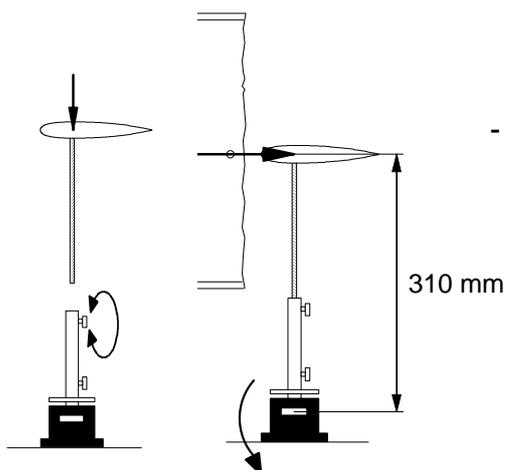
4.4 Montaje de modelos



Los modelos aerodinámicos en que se deba registrar la fuerza deben tener un soporte con un diámetro de vástago de 4 mm.

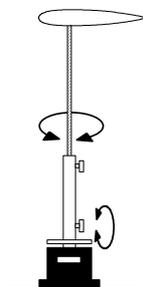
Para conseguir el brazo de fuerza correcto para registrar la fuerza, la longitud del soporte debe ser de 239 mm desde el centro del modelo. Así, el modelo se sitúa a la vez en el centro del tramo de medición.

- La escala de ángulo se debe ajustar a cero antes de colocar el modelo en el transductor de fuerza de dos componentes.



- Colocar el modelo y sujetarlo con cuidado con el tornillo moleteado superior. Colocar el modelo de forma que haya justo una distancia de 310 mm entre el centro de la viga de flexión y el centro del modelo. Para este brazo de fuerza, el dispositivo dinamométrico está calibrado.

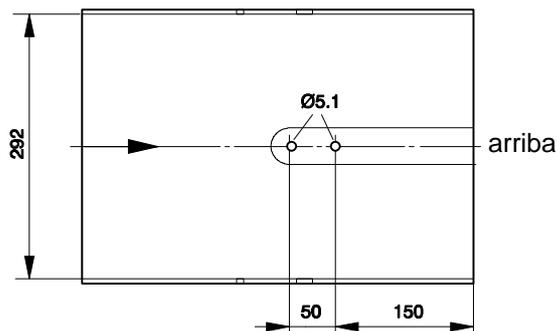
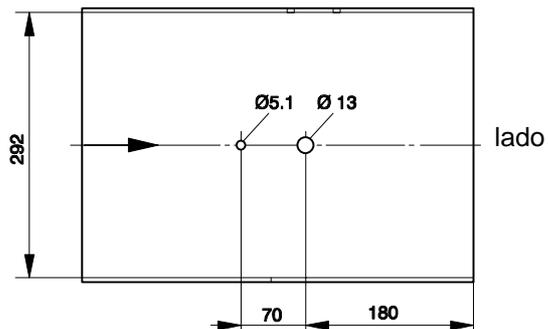
- El ángulo de incidencia deseado se puede regular soltando el tornillo moleteado inferior y girando la escala de ángulo. Volver a apretar el tornillo moleteado.



HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



También se pueden sujetar otros modelos y aparatos a los orificios del tramo de medición, como el modelo de inestabilidad para bastidores portantes, modelos para estudiar capas límite o diversas sondas de medición.



HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración

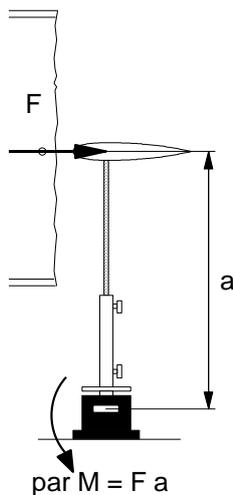


4.5 Registro de fuerza

4.5.1 El transductor de fuerza

La fuerza del flujo en los modelos se mide con un **transductor de fuerza de dos componentes** electrónico.

El dispositivo dinamométrico se compone del transductor de fuerza y del amplificador de la medición con indicador.



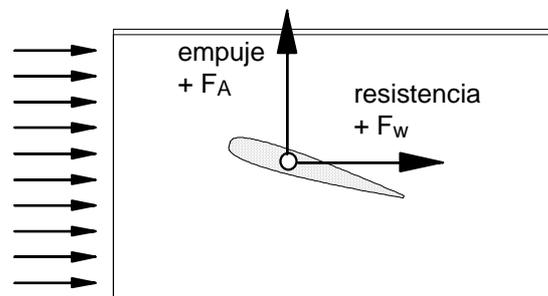
Éste convierte las fuerzas F por medio del brazo de fuerza a del soporte del modelo en pares proporcionales M. Estos pares dan lugar a unas vigas de flexión y torsión.

La deformación se mide con calibres extensométricos y se indica digitalmente como fuerza en el amplificador de la medición bicanal.

Si el brazo de fuerza no es de $a=310$ mm, se deberá corregir la fuerza F indicada.

$$F_{corr.} = \frac{F \cdot 310}{a} \text{ mit } a \text{ in mm}$$

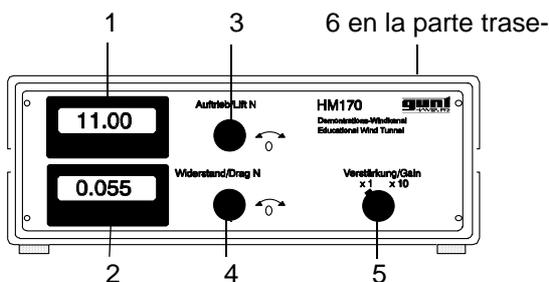
Al registrar la fuerza se deben definir como positivos los sentidos siguientes (vistos desde arriba):



HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



4.5.2 El amplificador de la medición



El amplificador de la medición cuenta con dos amplificadores de puente con amplificación regulable para los puentes integrales DMS del transductor de fuerza.

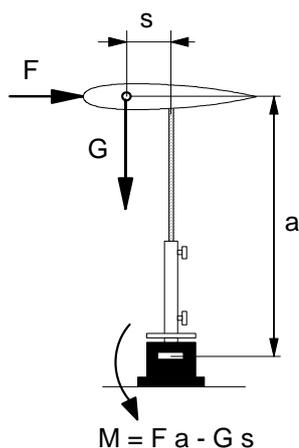
Las tensiones de salida se muestran directamente en dos indicadores digitales como empuje (1) y resistencia aerodinámica (2) en N. Mediante dos potenciómetros de offset (3,4) los indicadores se pueden ajustar a cero. De este modo, también es posible tarar. La sensibilidad se puede conmutar mediante el interruptor (5) con el factor 10.

El interruptor de red (6) se encuentra en la parte trasera.

El amplificador de la medición se conecta al transductor de fuerza mediante un cable de 8 polos.

Antes de llevar a cabo la medición, se debe dejar que el equipo se caliente durante 30 minutos. A continuación, ajustar el indicador a cero.

4.5.3 Error por influencia del peso propio

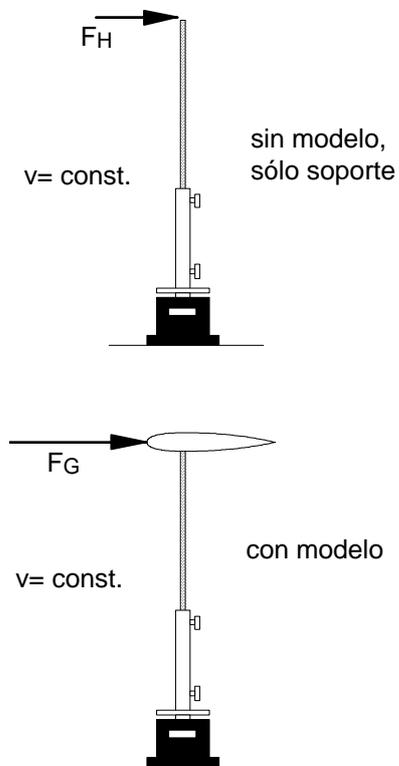


Error por influencia del peso

En los modelos cuyo apoyo no se encuentra en el centro de gravedad, aparece un mensaje de error adicional por la influencia del peso $G \cdot s$.

Como se trata de un error estático, se puede compensar mediante un ajuste a cero cuando el modelo esté montado y el equipo parado.

4.5.4 Error por el soporte del modelo



La resistencia del aire del soporte del modelo puede falsear la medición.

Como el error depende de la velocidad, no se produce cuando el equipo está parado y no se puede compensar mediante un ajuste de offset.

Para compensarlo, se debe hacer lo siguiente:

- Montar sólo el **soporte, sin el modelo**. Si el soporte no se puede separar del modelo, montar otro soporte con las mismas dimensiones geométricas.
- Alcanzar la velocidad de medición y anotar la resistencia del aire.
- **Montar el modelo** y repetir la medición a la misma velocidad.

La **resistencia neta** del modelo es igual a la diferencia entre ambas mediciones:

$$F_w = F_G - F_H$$

5 Ensayos

A continuación se presenta un ensayo sencillo. Encontrará otros ensayos interesantes en el manual de instrucciones del accesorio de la empresa G.U.N.T.

En este ensayo se determina el **coeficiente de resistencia del aire c_w** en un disco sencillo.

La resistencia aerodinámica de un cuerpo inundado se calcula a partir de la ecuación siguiente:

$$F_w = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$$

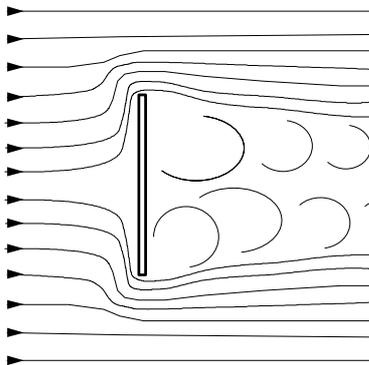
La resistencia aerodinámica aumenta con el cuadrado de la velocidad. Además, la resistencia aerodinámica depende de la densidad ρ del aire, de la superficie frontal A del cuerpo y del coeficiente de resistencia del aire c_w . El coeficiente de resistencia del aire refleja la influencia de la forma del cuerpo. No depende del tamaño del cuerpo.

Si se conoce c_w , se puede calcular previamente la resistencia del aire de cualquier cuerpo.

El coeficiente de resistencia del aire se puede calcular a partir de la resistencia aerodinámica a una velocidad determinada.

$$c_w = \frac{2 F_w}{\rho A v^2}$$

Se monta un disco de 80 mm de diámetro en el tramo de medición, en posición transversal respecto al sentido de fluido.



HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



Se mide la resistencia aerodinámica a 25 m/s.

$$F_w = 2,23 \text{ N}$$

La superficie frontal es de:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{0.08^2 \pi}{4} = 5.02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

La densidad del aire a $T = 18 \text{ C}$, $p = 1026 \text{ mbar}$ y humedad relativa = 60% es de:

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

Ahora se puede calcular el coeficiente de resistencia del aire:

$$c_w = \frac{2 F_w}{\rho A v^2} = \frac{2 \cdot 2.23 \text{ N}}{1.225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.00502 \text{ m}^2 \cdot 25^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$c_w = 1.16 .$$

A modo de comparación, teóricamente se hace referencia a un valor de 1,10.

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



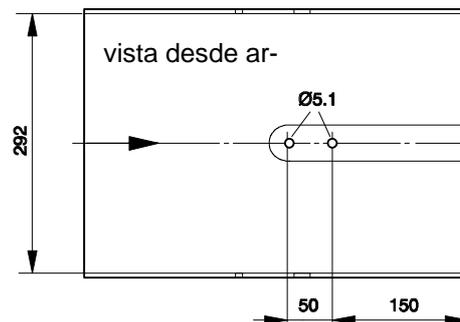
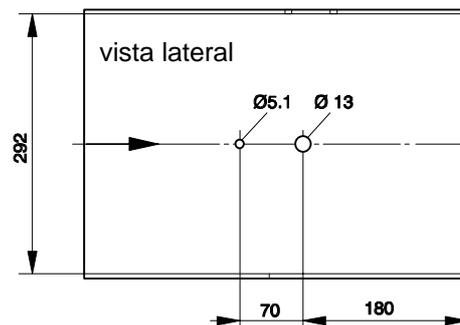
6 Anexo

6.1 Datos técnicos

Tramo de medición

Sección transversal: 292 x 292 mm²

Largo: 450 mm



Registro de fuerza

Soporte de modelo, diámetro 4 mm

Soporte de modelo, longitud hasta el centro del modelo:

239 mm

Brazo de fuerza, distancia entre el centro del modelo y la viga de flexión del transductor:

310 mm

Rango de medición

Empuje: 10 N

Resistencia: 3 N

Resolución: 0.01 N

Indicador: 3 1/2 dígitos

Amplificación conmutable: x1, x 10

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



Ajuste a punto cero: ± 50 % FS

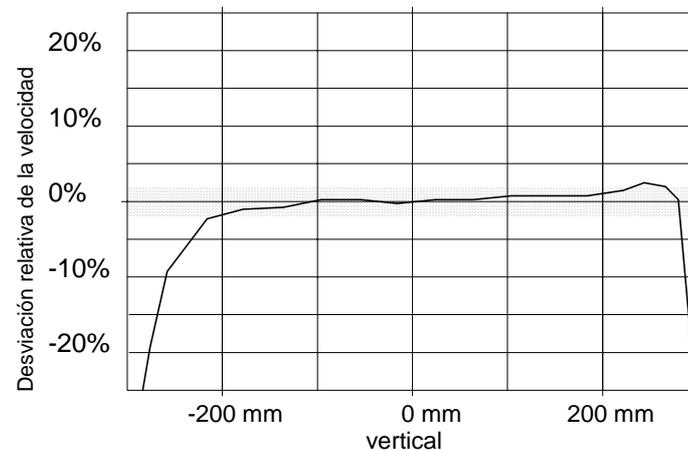
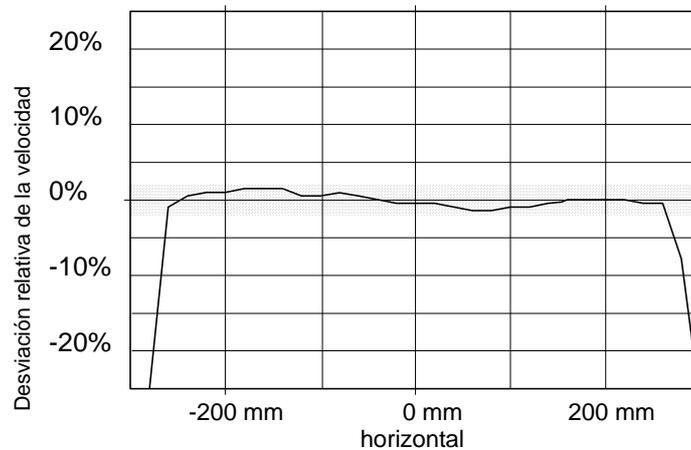
Alimentación: 230V, 50Hz

Corriente de aire

Velocidad (regulable): 0 a 28 m/s

Desviaciones de la velocidad ± 2 %

(para una sección transversal de medición de 200 x 200 mm²)



Distribución de la velocidad en la sección transver-

Soplador

Presión de elevación: 500 Pa

Caudal máx.: 2.5 m³/s

Diámetro del rodete: 400 mm

Motor: 400 V corriente trifásica

Potencia: 2.25 kW

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



Número de revoluciones
(regulable mediante el convertidor de frecuencias):
0 a 2.800 rpm

Datos generales

Dimensiones (largo x ancho x alto):
2.850 x 750 x 1.700 mm

Peso: 250 kg

Alimentación: 230 V, 50 Hz

6.2 Signos de fórmula y unidades

a	Brazo de fuerza	m
A	Superficie	m ²
c _w	Coeficiente de resistencia	
d	Diámetro	m
F	Fuerza	N
F _w , F _A	Resistencia, empuje	N
g	Aceleración terrestre	m/s ²
G	Peso	N
h	Altura de elevación	m
k	Coeficiente de corrección de la velocidad	
M	Par	N/m
p	Presión	N/m ²
s	Distancia del centro de gravedad	m
ρ	Densidad	kg/m ³

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



6.3 Índice

A	
	amortiguador 7
	amplificador de la medición 21
C	
	caja de distribución 6
	carro de laboratorio 6
	coeficiente de resistencia del aire 23
	colocación 10
	convertidor de frecuencias 6
D	
	datos técnicos 25
	Difusor 3, 5
	distribución de la velocidad 26
E	
	ensayo 23
	error por el soporte del modelo 22
	error por influencia del peso propio 21
F	
	funcionamiento del túnel aerodinámico 3
M	
	manómetro de tubo inclinado 6, 14
	medición de la velocidad 14
	medición de la velocidad, calibración 16
	medición de la velocidad, factor de corrección 17
	Meßstrecke, Abmessungen 25
	montaje de modelos 18
N	
	número de Mach 2
P	
	potenciómetros de offset 21
	protección eléctrica por fusible 10
	puesta en marcha 10
R	
	registro de fuerza 7, 20
	registro de fuerza, ajuste a cero 21
	reja enderezadora de corrientes 3, 5
S	
	seguro de transporte 11
	Sicherheitshinweise 8 - 9
	signos de fórmula 28
	soplador axial 4 - 5

HM 170 Túnel Aerodinámico de Demostración



	soplador, manejo.	12
T		
	tipo Eiffel	2
	tobera	3, 5
	tolva de carga	3, 5
	tramo de medición.	5
	tramo de medición	3
	tramo de medición, abrir y cerrar	11
	transductor de fuerza de dos componentes	6 - 7, 20
	tubo de Prandtl	15
	túnel aerodinámico abierto	2
	túnel aerodinámico cerrado	2
U		
	unidades	28