

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

Túnel De Agua De 6" Para Visualización De Flujo

Diagrama del equipo:

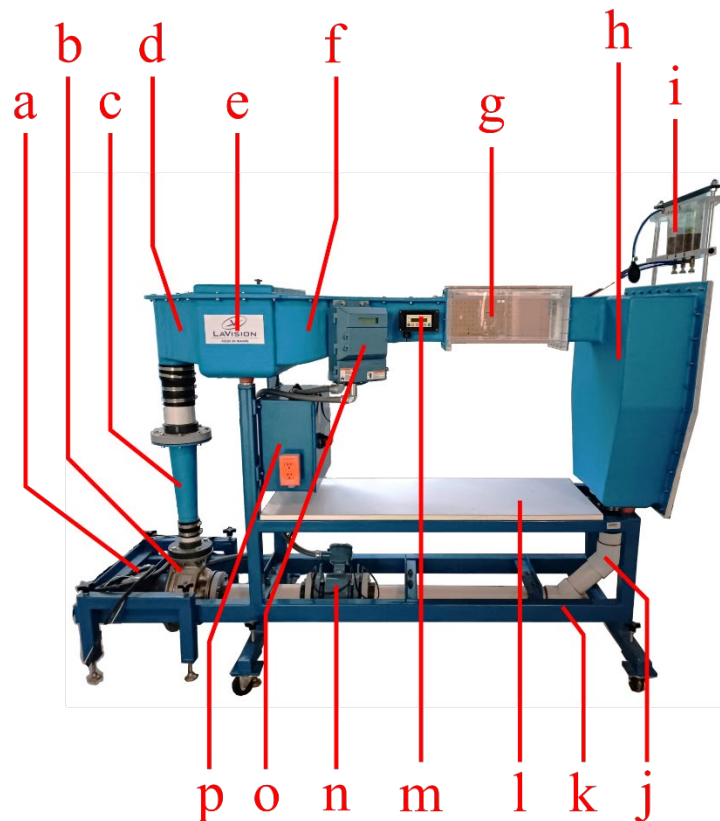


Figura 1, Partes del Túnel de Agua

Componentes del equipo:

En la Figura 1 se muestran los componentes del túnel de agua que se enlistan a continuación:

- a. Motor Eléctrico trifásico de 1.5 HP
- b. Bomba centrífuga de acero inoxidable
- c. Difusor cónico

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

- d. Pleno de distribución
- e. Enderezadores de flujo
- f. Área de contracción
- g. Sección de pruebas
- h. Pleno de retorno
- i. Sistema de inyección de tinta
- j. Tubería de retorno
- k. Válvula de drenado
- l. Plataforma de trabajo
- m. Interfaz de control del inversor
- n. Transmisor de flujo tipo magnético
- o. Unidad de visualización de caudal
- p. Caja de conexión del Inversor

1.1 Propósito del equipo

El Túnel de agua tiene como propósito estudiar por medio de la visualización de algún elemento trazador el comportamiento de los fluidos circulando alrededor de objetos sólidos líquidos o gaseosos

1.2 Principios de operación

Su operación se basa en forzar la circulación de un fluido en forma de flujo laminar sobre un objeto de prueba al cual se le harán observaciones del comportamiento del fluido por medio de algún elemento trazador como un tinte o pequeñas esferas de vidrio que se iluminarán con un haz de luz coherente proveniente de un laser. Con ello se observarán los cambios de dirección del flujo que causa el objeto de prueba.

Instrucciones de operación

Básicamente la operación consta de las siguientes fases:

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

- Instalación del objeto de prueba sobre la sección de prueba
- Carga de la tinta sobre el sistema de inyección de tinta
- Llenado del túnel
- Encendido del motor
- Toma de datos
- Apagado del motor
- Vaciado del Túnel

i. Instalación del objeto de prueba

Se tienen dos opciones de instalación una sobre un orificio lateral y otro sobre la apertura superior de la sección de pruebas. La instalación sobre orificio lateral es la de mayor cuidado ya que es necesario realizarlo con la recámara de pruebas con un nivel de agua inferior al mostrado en la Figura 2 denominado nivel de agua en preparación del modelo.

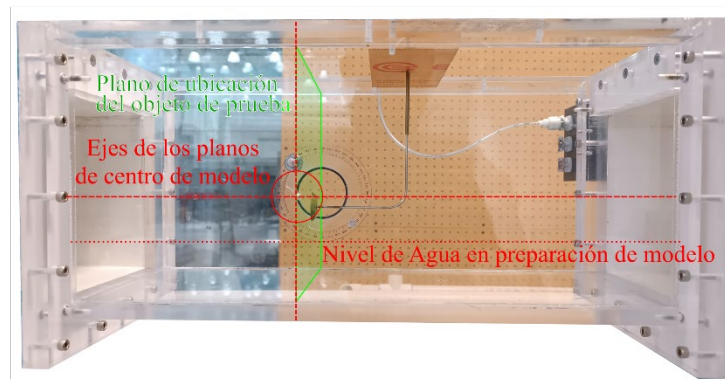


Figura 2. Vista lateral de la sección de pruebas

Ya que se está seguro de que el nivel de agua está debajo del indicado se debe proceder a retirar la tapa lateral sujeta con los tornillos mostrados en la Figura 3B, (parte c). Una vez retirado el modelo anterior se puede proceder a la instalación

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

del modelo que será probado. En la Figura 3A se muestra los puntos de apoyo del modelo: el punto **a** esta en la pared opuesta al orificio principal **b**, en el punto **a** se debe colocar el perno de guía del objeto de pruebas y en el orificio **b** sobre del empaque tipo o-ring se debe lubricar con lubricante de silicona de baja viscosidad, no debe de excederse de una gota extendida con un dedo por todo el empaque y retirando el exceso con un **trapo de microfibra**, con las acciones previas concluidas se debe sujetar con ambas manos el modelo de prueba y con ayuda de otra persona asegurarse que el perno del orificio **a** quede bien centrado y empujar al fondo el modelo con la fuerza necesaria sin excederse para no romper nada. Ya que está en su lugar y con su ángulo de ataque bien ubicado sujetar con los tornillos **c**.

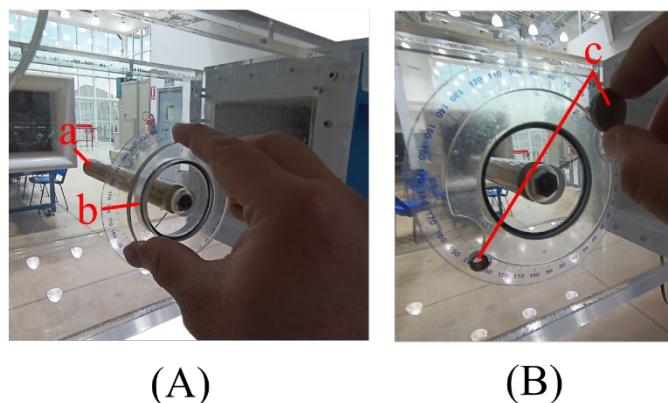


Figura 3. Colocación de modelo por orificio lateral

Instalación por apertura superior

La instalación del modelo por orificio superior comienza con la remoción de objetos de prueba anteriores y la instalación consiste en asentar el modelo con su base sobre el hueco de la apertura superior y asegurar que el objeto de prueba se encuentre justo sobre los ejes del centro del modelo mostrados en la Figura 2. En la Figura 4 se muestra como se debe instalar el modelo bajo este caso.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

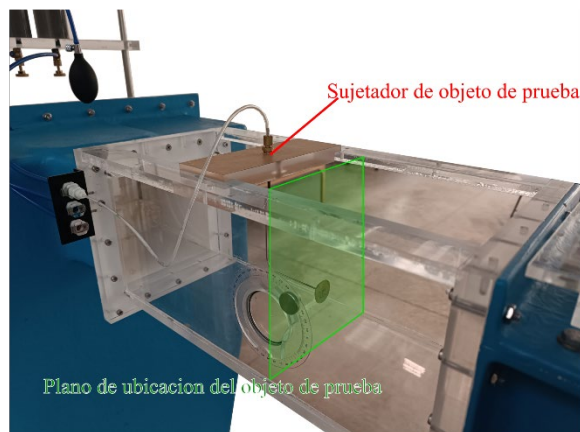


Figura 4. Colocación de modelo de prueba sobre orificio superior

ii. Uso del sistema de inyección de tinta

Para comenzar debe prepararse la tinta de la siguiente manera: si es colorante vegetal en gel diluir 5 ml en 100 ml de agua, si es colorante vegetal liquido diluir 20 ml en 100 ml de agua.

Una vez preparada la tinta abra el reservorio de tinta (**a**) por medio de los tornillos ubicados en la parte superior (**b**) como se muestra en la Figura 5, con la ayuda de un embudo vierta la tinta en el interior y vuelva a cerrarlo.

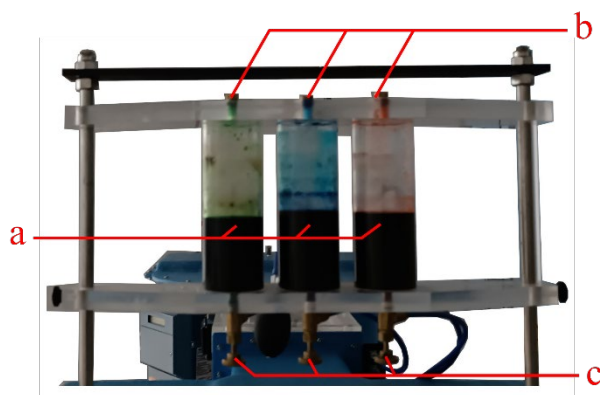


Figura 5. Reservorios del sistema de inyección de tinta

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

La válvula de conexión rápida a la tubería del sistema de inyección de tinta debe colocarse (1) empujando el sujetador de la válvula, (2) insertando la válvula sujetándola hasta que (3) se suelte el sujetador, como se muestra en la Figura 6.

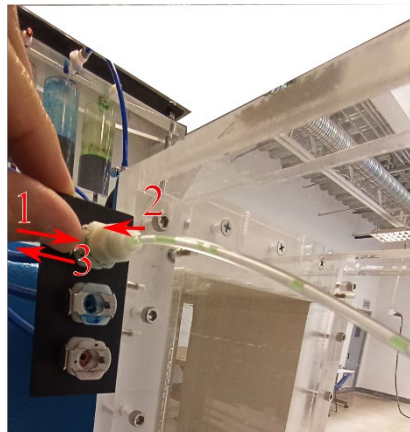


Figura 6. Conexión rápida del sistema de inyección de tinta

iii. Llenado de agua del túnel

Para llenar el túnel debe considerarse el menor uso de agua, el agua que se utilice en pruebas anteriores puede seguirse usando hasta que el agua este muy opaca e impida la visualización correcta del flujo.

El nivel de llenado es entre 5mm y 10 debajo del borde superior de la sección de contracción de flujo. El nivel de agua para la preparación del objeto de prueba es entre 5mm y 10mm debajo del orificio lateral para el montaje del objeto de prueba. Como se observa en la Figura 2.

iv. Encendido del motor

Secuencia de encendido del motor de la bomba:

- a) Asegurar la instalación del objeto de prueba y el instrumental sin dejar herramientas u otros objetos sueltos sobre ninguna parte del ducto del túnel, asegurarse que el túnel se encuentra lleno de agua a su nivel.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

- b) Girar la palanca de encendido CON LA MANO DERECHA¹ que se encuentra en la caja del inversor eléctrico a la posición de encendido de manera firme sin regresar instantáneamente a la posición contraria pues puede causar una descarga eléctrica como se muestra en la Figura 7
- c) Una vez encendido en la interfaz de control del inversor ajustar las revoluciones a las cuales se desea hacer girar el motor del ventilador con los botones “arriba” y “abajo” al valor deseado y apretar el botón “Arrancar”. El motor comenzara a girar vea la Figura 8. Una vez que se ha establecido el flujo (no hay cambios de flujo) puede tomar las lecturas en los instrumentos instalados.
- d) Para detener el motor de la bomba solo se debe presionar el botón “Detener”
- e) Para apagar el inversor debe espera hasta que este detenido por completo el motor y CON LA MANO DERECHA girar la palanca a la posición de apagado igualmente de manera firme



Figura 7. Caja del inversor



Figura 8. Interfaz de control del inversor

v. Toma de datos

¹ Nota: una descarga eléctrica que circula por el circuito derecho del cuerpo no causaría paro cardíaco.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

Para Tomar datos es necesario monitorear el caudal que está circulando por la cámara de pruebas antes de cualquier otra acción. El transmisor de flujo magnético instalado en el túnel está calibrado para arrojar datos en GPM (galones por minuto). Cuando el flujo se ha establecido no habrá cambios en el caudal y es el momento de tomar los datos o imágenes correspondientes. En la Figura 9 se indica la zona del display donde se obtendrá la lectura del caudal.



Figura 9, Unidad de visualización de caudal

Una vez establecido el caudal es posible tomar las imágenes de la visualización de flujo para ello es necesario abrir la válvula del sistema de inyección de tinta para poder ver cómo se comporta el flujo alrededor del objeto. Esta se encuentra ubicada debajo del reservorio de tinta como se muestra en la Figura 5 (c), el caudal de tinta debe ser el necesario para observar el trazo de una línea de flujo. Como se muestra en la Figura 10. El uso del sistema de visualización de imágenes de partículas PIV se deja para su manual de usuario. La técnica correcta para la toma de una imagen del flujo comienza por comprender los conceptos básicos mínimos para tomar una fotografía que es: (1) la Distancia mínima de enfoque; la lente de una cámara fotográfica tiene una característica que permite enfocar un objeto a una distancia mínima o sea es la distancia a la cual comenzara a enfocar el lente mientras más

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

se aleja uno del objeto de tal distancia. (2) Ángulo máximo de visión es el ángulo del cono que forma la lente y se refiere a el equivalente del aumento, un ángulo más cerrado causa un mayor aumento del objeto de interés. Otras especificaciones de un lente son la Apertura que se refiere a la cantidad de luz que el diafragma de la cámara permite pasar al elemento de imagen, esta afecta a la profundidad de campo y la nitidez de la imagen, en el caso de la toma de imágenes de flujo de fluidos se requiere de aperturas pequeñas para que entre la mayor cantidad de luz y de pueda capturar imágenes con una velocidad de obturación mayor. Otro concepto referente a los lentes es su distancia focal, un lente con una distancia focal corta permite conos de visión más amplios.

Otro aspecto importante a considerar es que los ejes del objeto de prueba deben coincidir con los ejes del lente de forma que el cono de imagen permita ver únicamente la cara de interés. En la Figura 11 se detallan estos conceptos.



Figura 10. Cantidad correcta de tinta para la visualización del flujo en el túnel de agua

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

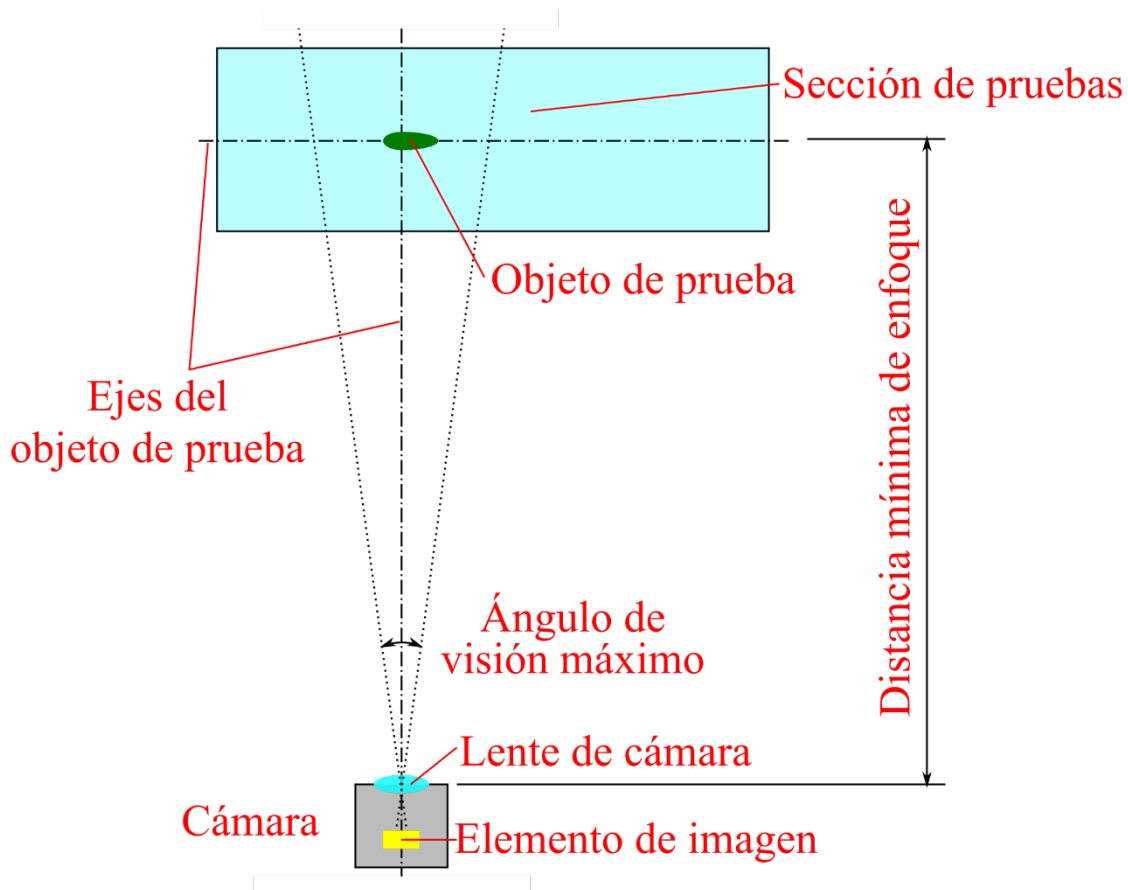


Figura 11. Técnica de fotografía para flujo de fluidos en el Túnel de Agua.

vi. Apagado del motor

El motor debe ser apagado en la secuencia mencionada:

- a) Bajar las revoluciones del motor en la interfaz de control del inversor con el botón abajo hasta cero y presionar el botón Detener ver Figura 8
- b) Esperar a que se detenga por completo el flujo del agua verificado en la unidad de visualización de caudal ver Figura 9
- c) Gire la palanca de encendido a su posición de APAGADO con la mano derecha ver Figura 7

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p style="text-align: center;">Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

Recuerde que un motor eléctrico que se encuentra en movimiento puede causar una descarga eléctrica que causaría que se electrocute usted y/o dañe al inversor y demás equipo eléctrico que se encuentre en el circuito.

vii. Vaciado del túnel

Una vez que termine sus pruebas es necesario vaciar el túnel de agua para ello solo conecte una manguera al acoplamiento junto a la válvula de drenado Figura 1 (K), el otro extremo de la manguera asegúrese que se colocó al drenaje y abra la válvula de drenado.

Procure entre cambios de objeto de prueba no vaciar por completo el túnel solo al nivel de preparación del modelo

1.3 Precauciones para el manejo del equipo

Seguridad del equipo.

Siempre tenga limpio en el área de trabajo del túnel, para limpiarlo solo ocupe agua corriente y trapo de microfibra. Los objetos de prueba una vez que se dejen de utilizar límpielos con agua corriente inyectado con una jeringa por la vena de inyección de tinta.

Siga al pie de la letra este manual para evitar accidentes

Seguridad del usuario (EPP).

Use lentes de seguridad y guantes de nitrilo ya que el túnel puede tener residuos de partículas de cristal por las pruebas de PIV que se realizan en él. Durante el tiempo que este encendido el motor use protectores auditivos.

Siempre que encienda o apague el motor siga las secuencias indicadas ya que no seguirlas puede causarse un accidente.

Siempre que use este equipo procure estar acompañado de su instructor o de otros miembros de su equipo NUNCA TRABAJE SOLO.

Manual elaborado por:

C. Dr. Marco Antonio Sánchez Vázquez

	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA Centro Aeroespacial</p>	
<p>Guía práctica para el uso y manejo del Túnel de Agua de 6" para visualización de flujo</p>		

Jefe del Centro Aeroespacial

Revisado por:

Abril Ibarra Martínez

Gerente de laboratorios Académicos