



The Windmill Test-bench (EN 04.1), is configured like a wind tunnel of 2 meters length designed to work with windmills of less or equal to 600mm diameter. The equipment has a 600 mm windmill included, which has a torque and rotation speed measurement system connected to the computer, to see real time, the behavior of it.

The wind tunnel has a transparent part, so a complete sight of the windmill working is allowed. That part, can also be opened, to facilitate the access and manipulation of the system.

The tunnel has a built-in system for the measurement of the speed of the air by means of electronic pressure transducers, to monitor in real time the speed of the air that the windmill is put under.

The new system also has an electronic control of the pitch, to be modified from the control panel or from the computer.

All the system, is monitored and controlled through a control module, which also can be connected to a computer with a USB port.



Detail of the main screen of the control software.



The turbine is fully developed and manufactured by DIKOIN, and has electronic speed and torque measurement systems. It also has an electronic pitch regulation system.

**2. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO**

Para poner en marcha el equipo es necesario conectarlo a la red eléctrica a través de los dos cables de alimentación suministrados.

**NOTA:** El equipo dispone de un enchufe lateral que permite autoalimentar el módulo de control.



A continuación poner en marcha el ordenador y conectar al mismo el cable USB desde módulo de control.

Accionar los interruptores de encendido del equipo.



**2.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD**

1. Debido a que el aerogenerador adquiere una velocidad importante, el equipo cuenta con un sistema de seguridad de manera que cuando **SE ABRE LA DEFENSA SUPERIOR**, un elemento protector corta el suministro de energía eléctrica tanto al ventilador como al motor regulador. Igualmente, el módulo panel tiene un interruptor frontal que también permite interrumpir intencionadamente el suministro de energía eléctrica a los motores. Es importante cerciorarse de que la defensa superior está bien cerrada y el interruptor encendido, ya que de lo contrario el equipo no se pondrá en marcha. Asegurarse de que el seguro está bajado antes de accionar el aerogenerador.



2. Al ser un equipo diseñado para trabajar con varios tipos de palas, es posible que se trabaje por encima de la potencia de diseño del generador, con el riesgo de deteriorarlo, es por eso por lo que se ha programado un sistema de seguridad bastante sensible. Si se observa que **EL SISTEMA NO REGULA**, es decir no tiende a la velocidad de consigna, es que se ha activado el sistema interno de seguridad, en tal caso, simplemente apagar el interruptor del panel frontal, esperar 30 segundos y volverlo a conectar, el sistema está listo de nuevo para su correcto funcionamiento.

**NOTA:** Asegurarse de que el equipo se encuentre sobre las patas, o bien, si se encuentra sobre las ruedas, que los frenos estén fijados antes de la puesta en marcha.

The manual clearly shows how the turbine blades are changed, as well as their placement at a precise angle.

**6. DESARROLLO TEORICO**

La potencia de un flujo de aire es igual a la presión por el caudal, en el caso de un flujo de aire, la presión está en forma de presión dinámica, por lo que la presión será igual a:

$$p = \rho \frac{v^2}{2}$$

Sabemos que el caudal es sección por velocidad, para el caso de un aerogenerador, la sección será el área barrida por sus palas, con lo que:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v$$

Por lo tanto la potencia total en forma de flujo de aire que llega a un aerogenerador será:

$$P_{viento} = p \cdot Q = \rho \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v = \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{v^3}{8}$$

Según demostró Albert Betz en 1926, la potencia máxima extraíble de un aerogenerador es de 16/27 de la potencia total, es decir de 0,592 o lo que es lo mismo un 59,2%.

Con lo que la potencia de Betz tendría la expresión siguiente:

$$P_{Betz} = \frac{16}{27} \cdot P = \frac{16}{27} \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{v^3}{8}$$

Se denomina **coeficiente de potencia** a la fracción de la potencia total del viento que transforma en potencia un determinado aerogenerador, con lo que tenemos que:

$$P_{generado} = C_p \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{v^3}{8} = C_p \cdot P_{viento}$$

$$C_p = \frac{P_{generado}}{P_{viento}}$$

Los aerogeneradores pueden tener en el rotor diferente número de palas, sabemos que a priori, un menor número de palas en el rotor nos permite una mayor velocidad de giro en el eje. La medida para esto es la denominada **velocidad específica**, cuyo valor resulta del cociente entre la velocidad tangencial de la punta de pala y la velocidad del viento, es decir:

$$\lambda = \frac{\omega \cdot r}{V_{viento}}$$

The practical manual shows and explains all the theoretical foundations, as well as the mathematical formulas used for the realization of all the experimentation.

### EN.S.041 SOFTWARE CHARACTERISTICS (OPTIONAL)

The windmill test-bench (EN 04.1) is equipped with a complete computer system with touch screen, with which the work of test or practices is made much more easy.

The system is able to control and register all the variables of the equipment.

Manual or automatic tests can be done, with only indicating the required variables and indicating how many points we want in the graph of results. This way we don't lose time writing the results and drawing the graphs by hand.

Having:

- Automatic calibration system.
- Wind speed control.
- Windmill brake control with PID.
- Automatic experiments varying the required parameter by the user autonomously, and recording data at each point.
- The result can be shown in graphs and tables at the software, printed or exported to Excel.
- It only needs a computer with a USB port and windows 7 or better.
- Manual or automatic tests can be done, where the following values can be controlled and registered:
  - Wind speed.
  - Turn speed of the turbine.
  - Torque of the turbine.
  - etc.

### LEARNING OBJETIVES AND TESTS

- Measurement of the power taken by the windmill.
- Determination of the characteristic curves of the power recovered by the windmill based on the wind speed.
- Determination of the coefficient of power of the windmill.
- Determination of the coefficient of power based on the specific speed.
- Obtaining of the coefficient of power based on the angle of pitch of the profile.
- Interchange of the blades of the windmill, for analysis of the variations based on the aerofoil profile.
- Modification of the pitch to see differences.

### TECHNICAL DATA OF THE TUNNEL

- Approximate length of the tunnel: 2 meters.
- Maximum diameter of the windmill: 630mm.
- Wind speed in the tunnel, adjustable from 0 to 13m/s.
- Structure made of light weight anodized aluminum.
- Vertically adjustable Legs for a correct level of the equipment.
- Wheels for easy displacement of the equipment, 2 of them with brake.
- Transparent polycarbonate part in the tunnel, with opening for access to the windmill.

### TECHNICAL DATA OF THE WINDMILL

- Diameter of the rotor: 612mm.
- Electronic sensor for measurement of rotation speed.
- Load sensor for measurement of mechanical torque.
- The pitch of the blades can be changed.
- Possibility of modification of the pitch from the control module or software.
- The blades can be replaced for different ones with 4 screws, without disassembling the windmill.

### SECURITY

- Security system that avoids the fan to start if the defense is open.
- Protective grate in the suction bell, that avoids the frontal access (not shown).
- Protective grate in the exit of air.
- Emergency stop.

### MANUAL CONTROL PANEL

- LCD display showing: brake power %, wind speed %, pitch %, turn speed of the windmill (rpm), wind speed (m/s) and mechanical torque in the windmill (Nm).
- Potentiometer regulating the pitch of the wind turbine.
- Potentiometer regulating the braking of the wind turbine.
- Potentiometer regulating the air velocity in the tunnel.
- Switch on or off the wind turbine braking system.
- Control selector from control module, or from PC.

### REQUIREMENTS

- Input: 230V/50Hz. (Others available, please ask).

### NOTE

- The software is optional. PC not included.