

## **PROPUESTA DE USO DE UN MICROCONTROLADOR PIC PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EÓLICOS Y ELÉCTRICOS DE FORMA SIMULTÁNEA.**

J. Simonetta<sup>1</sup>, L. Domine<sup>2</sup>, N. Niro<sup>3</sup>, J. Suárez<sup>4</sup>, G. Murcia<sup>5</sup>, J. Branda<sup>6</sup>.

Departamento de Ingeniería Eléctrica – Electromecánica.

Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) – Facultad de Ingeniería.

Av Juan B. Justo N° 4302 (B7608FDQ) Mar del Plata – Argentina - Tel. 54-223-4816600 – Fax 54-223-4810046

*Recibido: 08/08/12; Aceptado: 20/09/12*

**RESUMEN:** Se presenta un sistema simple y de bajo costo destinado a la medición simultánea de la velocidad de viento y potencia eléctrica generada en pequeñas turbinas eólicas, con el fin de relacionar dichas variables y obtener la curva de desempeño de estas pequeñas máquinas. El circuito propuesto, desarrollado por alumnos y docentes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Nacional de Mar del Plata, utiliza un microcontrolador PIC18F2550 comunicado vía USB con una computadora personal, en la que se ha desarrollado una aplicación en lenguaje gráfico LabVIEW. Luego de su montaje y prueba en campo se concluye que el dispositivo cumple con los objetivos planteados inicialmente, sirviendo para fines didácticos y de investigación, viendo además que dada su flexibilidad tiene posibilidades de aumentar sus capacidades, al poder medir con ligeros ajustes otras variables no contempladas inicialmente.

**Palabras clave:** adquisición, aerogenerador, energía renovable, eólica, instrumentación.

### **INTRODUCCIÓN**

Desde un punto de vista de la generación de energía las características de funcionamiento de una turbina eólica se muestran en la denominada “curva de potencia medida”.

La curva de potencia medida se construye al recolectar mediciones simultáneas de velocidad de viento y potencia de salida del generador en un sitio de prueba, durante un periodo de tiempo lo suficientemente grande para establecer una base de datos significativa, que contenga todos los rangos de velocidad de viento bajo distintas condiciones atmosféricas. Luego, conociendo la curva de potencia medida se puede calcular la producción estimada de energía anual de la turbina en algún sitio de emplazamiento, al cruzar la curva de potencia medida con la distribución anual de velocidades de viento de ese lugar, asumiendo 100% de disponibilidad del recurso eólico y de la máquina.

Resulta entonces que la curva de potencia medida es un dato clave en toda turbina eólica para su selección, y por ende su determinación se realiza con equipos especiales y costosos, montados cuidadosamente, existiendo normativas internacionales que especifican las metodologías a seguir y el equipamiento a emplear para su obtención (IEC 61400-12-1).

En este artículo se presenta un dispositivo de adquisición de datos económico, con el objetivo de medir al mismo tiempo la velocidad de viento y la potencia eléctrica producida en generadores eólicos. Tiene como fin obtener la curva de potencia generada en función de la velocidad del viento de pequeñas máquinas, como así también otros parámetros que puedan resultar de interés tanto para fabricantes como para usuarios. El trabajo aquí presentado no pretende ser una mejora en los equipos de medición utilizados para tales ensayos, sino que se explica el diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos, usando instrumentación virtual, con el objetivo de constituir una herramienta de trabajo que permita mejorar el diseño de pequeños generadores desarrollados por microempresarios zonales, u otorgar un valor agregado a los existentes, al revelar características técnicas que faciliten su comercialización.

---

<sup>1</sup> Juan Simonetta: Estudiante de Ing. Eléctrica de la UNMDP. Becario Grupo LAT UNMDP.

e-mail: [jsimonetta@fi.mdp.edu.ar](mailto:jsimonetta@fi.mdp.edu.ar)

<sup>2</sup> Luciano Domine: Estudiante de Ing. Eléctrica de la UNMDP.

<sup>3</sup> Nicolás Niro: Estudiante de Ing. Electromecánica de la UNMDP.

<sup>4</sup> Juan Suárez: Ing. Electricista de la UNMDP. Docente e investigador categoría II UNMDP. Director Grupo de Investigación LAT- UNMDP. Jefe de Área mediciones Eléctricas. e-mail: [jsuarez@fi.mdp.edu.ar](mailto:jsuarez@fi.mdp.edu.ar)

<sup>5</sup> Guillermo Murcia: Ing. Electricista de la UNMDP. Docente e investigador categoría V UNMDP. Maestrando Ing. Ambiental UTN. e-mail: [gjmurcia@fi.mdp.edu.ar](mailto:gjmurcia@fi.mdp.edu.ar)

<sup>6</sup> Julio Branda: Ing. Electricista de la UNMDP. Docente e investigador categoría V UNMDP. Maestrando Ing. Ambiental UTN. e-mail: [jbranda@fi.mdp.edu.ar](mailto:jbranda@fi.mdp.edu.ar)

Se priorizó la simplicidad al emplear elementos que son relativamente económicos, disponibles en el mercado y de fácil construcción, con el objetivo de que pueda ser replicado y utilizado por personas sin una extensa formación en electrónica, a fin de transformarse en una herramienta útil para constructores y/o diseñadores.

El equipo de adquisición que aquí se comenta se encuentra en fase de prueba por alumnos y docentes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Es resultado de la conjunción de dos proyectos desarrollados por alumnos y docentes de ambas carreras: por un lado un Proyecto de final de graduación que consiste en la creación de un equipo de iluminación autónomo alimentado en base a energía solar y eólica (Dómine, Niro, 2011), y por el otro, un proyecto de investigación que comprende el desarrollo de un sistema de adquisición de datos para estudios energéticos (Simonetta, 2012). De esta forma, además de la búsqueda de una herramienta para la mejora de los generadores eólicos de construcción local como ya se mencionó, este dispositivo trata de capitalizar experiencia y permitir que los alumnos intervinientes extraigan conclusiones para la construcción de otros equipos más afines a sus respectivos proyectos, lo que repercutirá en una mejora de los mismos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se exponen las soluciones planteadas en relación con el diseño y prueba de un sistema de adquisición, que utiliza una placa adquisidora de datos (DAQ) construida a partir de un microcontrolador PIC18F2550. Dicho dispositivo se conectada vía USB a una computadora personal haciendo uso del driver correspondiente suministrado por Microchip, que crea en la misma un puerto COM virtual. Esta placa de adquisición forma parte del material didáctico de la asignatura Instrumentación Avanzada, del Departamento de Ing. Eléctrica - Electromecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. (J. Suárez, 2011).

El microcontrolador fue programado en lenguaje "C" para lograr 4 canales analógicos con 10 bits de resolución (CH0 a CH3) y 2 entradas digitales (B4 y B5), necesarias para cubrir los requerimientos de este proyecto.

El lenguaje de programación utilizado para realizar el procesamiento de los datos adquiridos por el PIC es LabVIEW de National Instruments en su versión 8.2, el cual proporciona una interfaz gráfica amigable. Si no se cuenta con el software LabVIEW, se puede descargar en forma gratuita una versión de evaluación con 30 días de validez en el sitio web [www.ni.com](http://www.ni.com), razón que contribuyó a la selección de este software.

Una vez programada la DAQ y construido los circuitos acondicionadores se evaluó su funcionamiento en una plaqueta experimental mediante unas pruebas de campo. Para estas pruebas, se utilizó un micro-aerogenerador de imanes permanentes de 12V de corriente continua y 70W de potencia aproximados, con su correspondiente regulador de tensión y banco de baterías. Se realizaron las comparaciones de las mediciones de este equipo de adquisición con las efectuadas por un osciloscopio digital, voltímetro y amperímetro de imán permanente y bobina móvil clase 0,5 de 30V y 7,5A de alcance respectivamente, actuando como elementos patrones. En base a la comparación se calibra del dispositivo de adquisición con el fin de evaluar la curva de potencia del generador.

## DESARROLLO

Sabiendo que el equipo que aquí se propone está destinado a la evaluación de pequeños generadores eólicos, se desprende que las variables más importantes a medir y relacionar son: velocidad de viento, tensión generada, corriente, potencia y velocidad de giro del aerogenerador.

*Elección de sensores y diseño de acondicionadores de señal para medir velocidad de viento y velocidad de giro:*

Para determinar la velocidad del viento (y adicionalmente la dirección aunque para esta aplicación no es un dato significativo), se utilizó el sensor de una estación meteorológica comercial (Weather Wizard II) que trabaja con 2,4 V de tensión continua (Figura 1). Este sensor, respecto a la velocidad de viento, proporciona una señal cuadrada cuya frecuencia varía de manera proporcional a la velocidad de viento existente, a razón de 1Hz por cada m/s. Respecto a la dirección de viento, este sensor posee una veleta la cual acciona un potenciómetro que proporciona un valor de tensión continua dependiendo de la posición de la misma, que va de 0 a 2,4 V en forma lineal para un rango de 0° (orientación NORTE) a 360°.

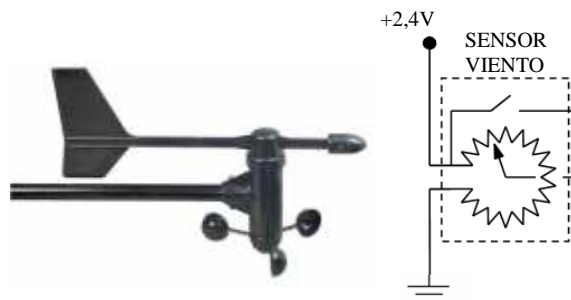


Figura 1: Sensor de viento.

Las señales producidas por el sensor de viento son enviadas a la DAQ para su procesamiento. Para adquirir la velocidad se utiliza la entrada digital B4 ya que la salida del sensor es de tipo digital, mientras que para adquirir la dirección se utiliza una entrada analógica (la CH0). Ambas variables son acondicionadas con un amplificador operacional TL084CN en configuración acoplador de impedancias y una compuerta Schmitt trigger, montados sobre la plaqueta experimental mencionada, para evitar cualquier efecto de carga sobre el sensor (N. R Malik, 1998). En la Figura 2 se muestra el circuito empleado.

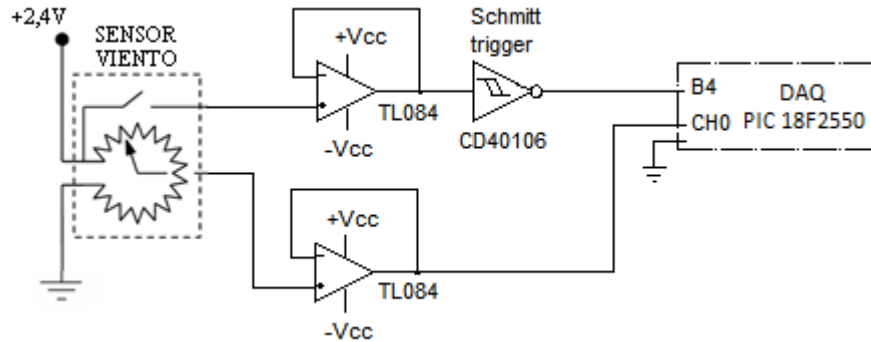


Figura 2: Acondicionador para medir velocidad y dirección de viento.

La medición de la velocidad de giro del rotor del aerogenerador puede realizarse de varias maneras de acuerdo a las características de la máquina evaluada. Puede darse el caso que resulte simple medir la frecuencia de la tensión generada, y conocido el número de polos de la máquina calcular su velocidad de giro. Esta situación no se da en todos los casos, ya que existen máquinas en donde la tensión se rectifica en el interior del mismo aerogenerador, por lo que en los terminales de salida es continua.

Para este trabajo, como solución general de bajo costo se emplea un sensor del tipo “reed switch” montado sobre la carcasa del generador, y un pequeño imán pegado al rotor de manera que lo accione cada vez que el generador da una vuelta. De esta forma se cuenta con un tren de pulsos de frecuencia proporcional a la velocidad.

Debido a que generalmente el aerogenerador rota de acuerdo a la dirección de viento y no se dispone de anillos rozantes adicionales para transmitir la señal del sensor de velocidad de giro, puede recurrirse al uso de un fototransistor alimentado por una pequeña batería auxiliar, que otorga la autonomía suficiente para realizar la evaluación de la máquina. En la Figura 3 se muestra el conexionado del conjunto foto emisor-receptor que al tener enlace óptico salva el inconveniente de la rotación de la carcasa del generador sobre el mástil de sujeción.

La señal producida por el rotor de la máquina, optoacoplada por el uso del foto emisor-receptor, es enviada a la DAQ previo paso por una compuerta Schmitt trigger. Para adquirir dicha velocidad se utiliza la entrada digital B5.

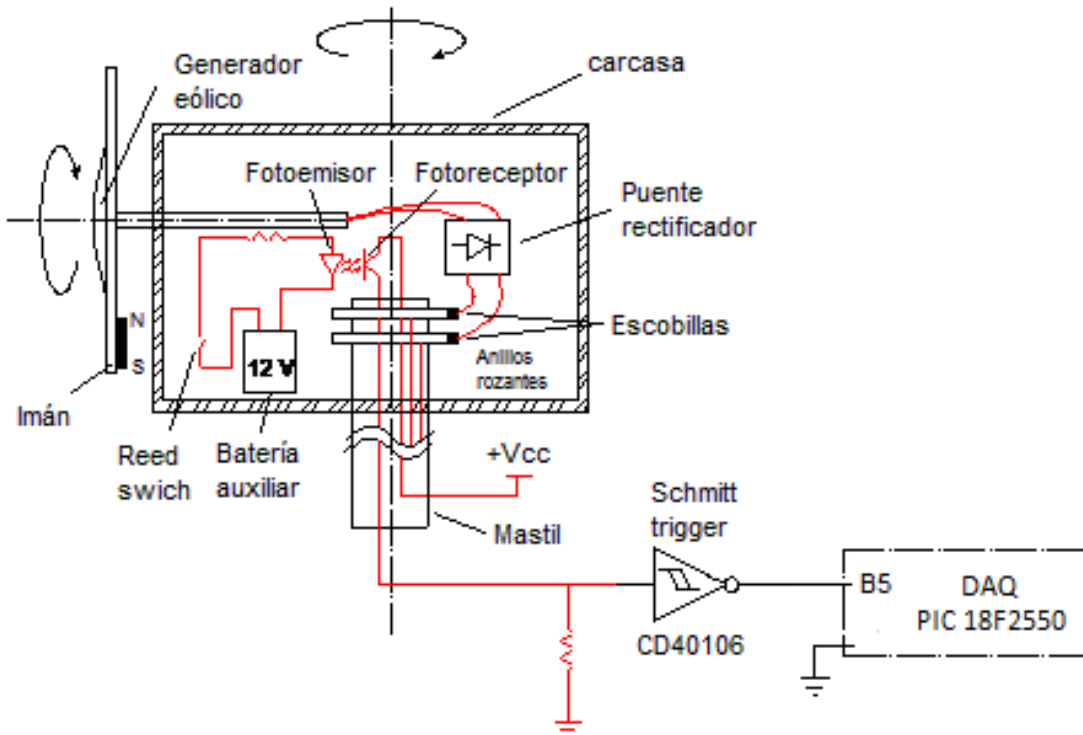


Figura 3: Montaje empleado para medir velocidad de giro.

### Elección de sensores y diseño de acondicionadores de señal para medir tensiones y corriente:

Las tensiones y corrientes son sensadas para nuestro sistema de prueba en las posiciones mostradas en la Figura 4. La corriente generada por el aerogenerador se aplica a CH1 de la DAQ, la tensión generada en CH2 y tensión del banco de baterías en CH3. Se han conectado instrumentos de imán permanente y bobina móvil para verificar las mediciones tomadas.

Como se ve en la Figura 4 las tensiones son sensadas mediante simples divisores resistivos. Para este caso, la corriente se sensa mediante el aprovechamiento de la pequeña caída de tensión en una resistencia shunt Figura 4, ya que en este trabajo se emplea un amperímetro con shunt externo (clase 0,2 y caída 60mV para 15A). Esta pequeña caída de tensión se amplifica e invierte para lograr niveles de tensión compatibles con los +5V de la DAQ. Se hace uso de amplificadores operacionales TL084CN también.

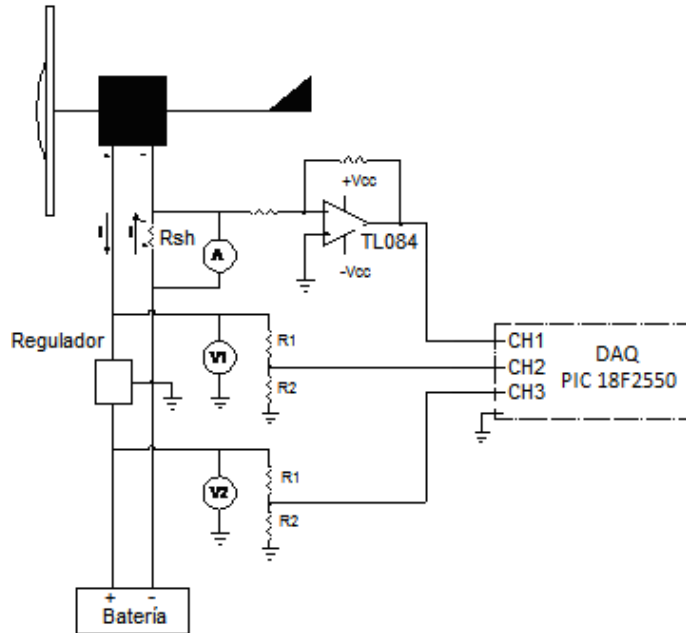


Figura 4: Montaje empleado para medir tensiones y corriente.

### Diseño y programación de la DAQ.

Para esta aplicación la DAQ se programó para muestrear cuatro canales analógicos en 10 bits y la entrada digital B4 (velocidad de viento) a una tasa de muestreo de 100 muestras/segundo, mientras que la entrada digital B5 (velocidad de giro) se muestreó a 200 muestras/segundo. Esta diferencia se debe a que en ciertas ocasiones se observó que la duración en nivel alto de los pulsos provenientes del sensor de velocidad de giro eran algo menor a 10ms, lo que producía un error de medición si se muestreaba a 100 muestras/segundo, mientras que la duración de los que provienen del sensor de velocidad de viento es siempre mayor a esa cantidad. Por lo anterior se decidió incrementar la frecuencia de muestreo en B5 para poder detectar pulsos de más de 5ms de duración, eliminándose así los errores cometidos.

En la Figura 5 se muestra el código en lenguaje C programado dentro del microcontrolador y la imagen de la placa construida. El programa básicamente consiste en un ciclo While infinito (A. C. López, 2006), en el cual si se recibe el carácter “y” proveniente vía USB desde la PC se habilita la interrupción producida por el comparador numérico CCP1. El código programado dentro de la interrupción CCP1 (#int\_ccp1) se ejecuta a intervalos de tiempo definidos por el Timer1 (uno de los temporizadores/contadores internos con los que cuenta el PIC18F2550). El Timer1 es un contador que puede contar hasta 65535 pulsos de una señal de clock cuya frecuencia se fija previamente, lo que lo transforma en un temporizador. Esta frecuencia resulta de la división de la frecuencia del reloj principal por 1, 2, 4 u 8, y así se pueden obtener distintas resoluciones de tiempo (Microchip, 2007). Para nuestro caso se decidió utilizar un divisor por 2 con lo que la resolución “R” de tiempo vale:

$$R = \frac{4}{F_{osc}} \text{ Divisor} = \frac{4}{48MHz} 2 \cong 0,1666us \quad (1)$$

Para lograr una tasa de muestreo de 200 muestras/segundo debe tomar una muestra cada 5ms, por lo que se deberán contar los siguientes “N” pulsos:

$$N \times 0,1666us = 5ms \Rightarrow N = \frac{5000}{0,1666} \cong 30000 \quad (2)$$

Por lo anterior, como se ve en la Figura 5, cargando CCP1=30000 cada vez que el Timer1 llegue a esa cantidad habrá pasado 5ms y se ejecutará la interrupción #int\_ccp1, en la cual se realiza la lectura del valor de la entrada B5 a la tasa de muestreo planeada. Para muestrear los canales analógicos y la entrada digital B4 a 100Hz (cada 10mS) se hacen pasar dos interrupciones valiéndose de la variable auxiliar “impar” que se pone a “0” y “1” alternativamente.

```

#include <18F2550.h>
#DEVICE ADC=10
#include <usb_bootloader.h>
#fuses HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,USBDIV,PLL5,CPUDIV1,VREGEN
#use delay(clock=4800000)
#use rs232(UART1, baud=9600)
#include <usb_cdc.h>
char c;
int16 datoCH0[98], datoCH1[98], datoCH2[98], datoCH3[98];
      int8 contador, i;
int1 vel_v[98], vel_a0[98], vel_a1[98], bandera, impar;
void usb_debug_task(void)
{
  static int8 last_enumerated;
  int8 new_connected;
  int8 new_enumerated;
  static int8 last_cdc;
  int8 new_cdc;
  new_enumerated=usb_enumerated();
  new_cdc=usb_cdc_connected();
  last_enumerated=new_enumerated;
  last_cdc=new_cdc;
}
#int_ccp1 // Aquí comienza la interrupción del Timer1
void isr()
{
  {
    if (impar==0){
      vel_v[contador]=input_state(pin_B4), vel_a0[contador]=input_state(pin_B5);
      impar=1;
      set_adc_channel(0);
      delay_us(10);
      datoCH0[contador]=read_adc();
      delay_us(10);
      datoCH0[contador]=read_adc();
      set_adc_channel(1);
      delay_us(10);
      datoCH1[contador]=read_adc();
      delay_us(10);
      datoCH1[contador]=read_adc();
      set_adc_channel(2);
      delay_us(10);
      datoCH2[contador]=read_adc();
      delay_us(10);
      datoCH2[contador]=read_adc();
      set_adc_channel(3);
      delay_us(10);
      datoCH3[contador]=read_adc();
      delay_us(10);
      datoCH3[contador]=read_adc();
      output_bit(pin_B0,1);
      contador=contador+1;
    }
    else{
      vel_a1[contador-1]=input_state(pin_B5);
      impar=0;
    }
  }
  if (contador==97){
    contador=0, bandera=1;
    output_bit(pin_B0,0);
    disable_interrupts(INT_CCP1);}
  } // Aquí finaliza la interrupción del Timer1
void main(void)
{
  {
    usb_init_cs();
    set_tris_b(0xF0);
    output_bit(PIN_B0,0), output_bit(PIN_B1,0), output_bit(PIN_B2,0), output_bit(PIN_B3,0);
    setup_adc_ports(AN0_TO_AN3|VSS_VDD);
    setup_adc(adc_clock_div_16|0x10);
    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_2);
    setup_ccp1(CCP_COMPARE_RESET_TIMER);
    CCP_1=30000;
    enable_interrupts(GLOBAL);
    disable_interrupts(INT_CCP1);
    contador=0, bandera=0, impar=0;
    set_timer1(0);

    while (TRUE){
      usb_task();
      usb_debug_task();
      if (usb_cdc_kbhit()) {
        c=usb_cdc_getc();
        if (c=='y') {
          enable_interrupts(INT_CCP1);
        }
      }
      if (bandera==1){
        for (i=0; i<98; ++i){
          printf(usb_cdc_putc,"%4Lu %4Lu %4Lu %4Lu %u %u %u ",datoCH0[i],datoCH1[i],datoCH2[i],datoCH3[i],vel_v[i],vel_a0[i],vel_a1[i]);
        }
        bandera=0;
      }
    }
  }
}

```



Figura 5: DAQ utilizada y programa realizado para esta aplicación

Los datos muestreados se almacenan en distintos vectores o arrays y cuando se alcanzan 98 valores en cada uno de ellos (valor limitado por el tamaño de la memoria RAM del microcontrolador) se deshabilita la interrupción y se envían a la PC, haciendo uso de la función “printf()”. El microcontrolador vuelve a esperar así la llegada de un nuevo carácter “y” para reiniciar la toma de muestras.

*Diseño y programación del instrumento virtual.*

Una vez programada la DAQ se diseñó una aplicación en Labview para comunicarse con la misma y procesar los datos adquiridos. Dicha aplicación utiliza las librerías VISA para establecer la comunicación con el puerto COM generado.

En la Figura 6 se muestra el subvi creado para enviar el carácter “y” que inicia la adquisición y luego recibir los datos tomados. Como se puede ver del programa de la Figura 5 los datos (caracteres) se reciben mezclados y separados por un espacio. También se muestra el icono creado para identificarlo en la aplicación principal.

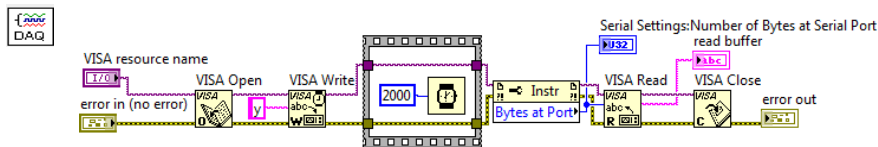


Figura 6: Subvi para enviar orden de adquisición y recibir los datos adquiridos

En la Figura 7 se muestra el subvi creado para clasificar los datos recibidos. Básicamente el programa transforma los caracteres a números y los clasifica de acuerdo a su posición. También se muestra el icono creado para identificarlo en la aplicación principal.

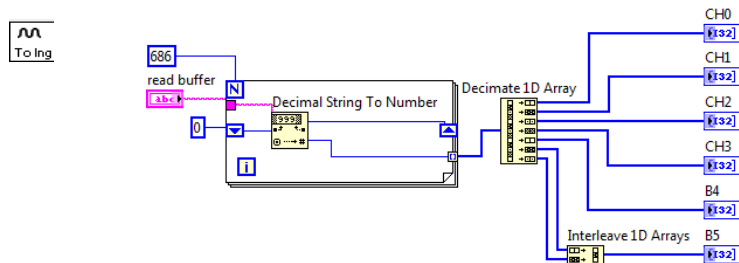


Figura 7: Subvi para clasificar los datos adquiridos

Se diseñó el “Panel Frontal” de un instrumento virtual como se muestra en la Figura 8, y el “Diagrama de Bloques” uniendo bloques (funciones) mediante líneas que llevan el flujo de datos (National Instruments, 2005), (G.W. Johnson ,1997) como se muestra en la Figura 8.

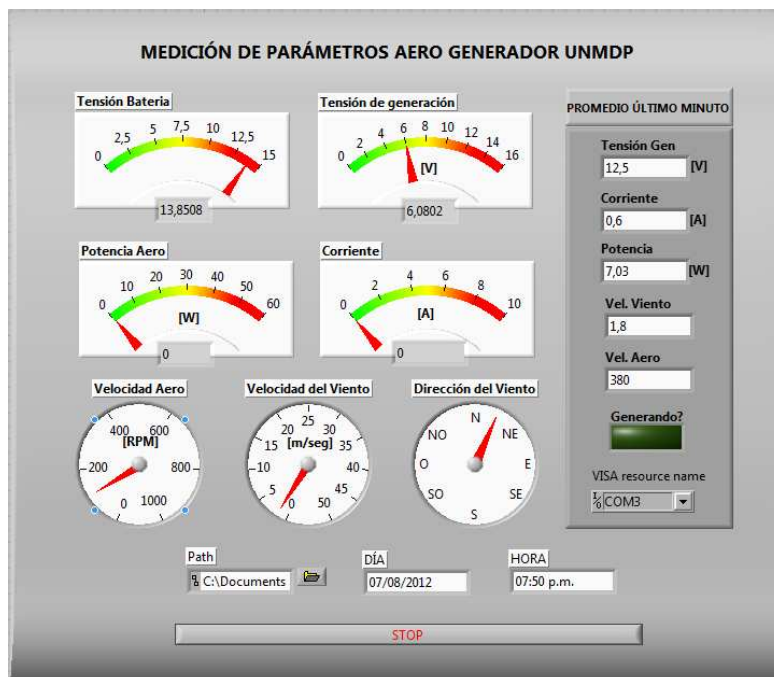


Figura 8: Vista del panel frontal del instrumento virtual.



En el panel frontal se usan distintos indicadores numéricos y de la forma METER para mostrar la tensión y corriente generada (V1 y A1 de la Figura 4). De la misma manera se muestra la tensión de la batería (V2 de la Figura 4).

El valor mostrado en cada indicador se obtiene por el uso de la herramienta “Basic Averaged DC-RMS.vi” que obtiene el valor DC de interés. El uso de diferentes constantes de multiplicación (que dependen del ajuste de la placa de acondicionamiento, resistencias shunts, alcances pretendidos, etc.) permite lograr las indicaciones correctas para cada caso. Estas constantes están incluidas en los subvi “Tension\_Subvi.vi” y “Corriente\_Subvi.vi”. Ver Figura 9.

También se muestra la velocidad de viento y velocidad de giro de la máquina evaluada. Para eliminar la influencia de cualquier ruido en la medición de la frecuencia de la señal del sensor de velocidad, el algoritmo para la medición consiste en contar flancos positivos de la señal durante el ciclo for y luego dividir por el tiempo transcurrido entre el primer y último flanco detectado. Para esto se utilizó la estructura “CASE” de la Figura 9.

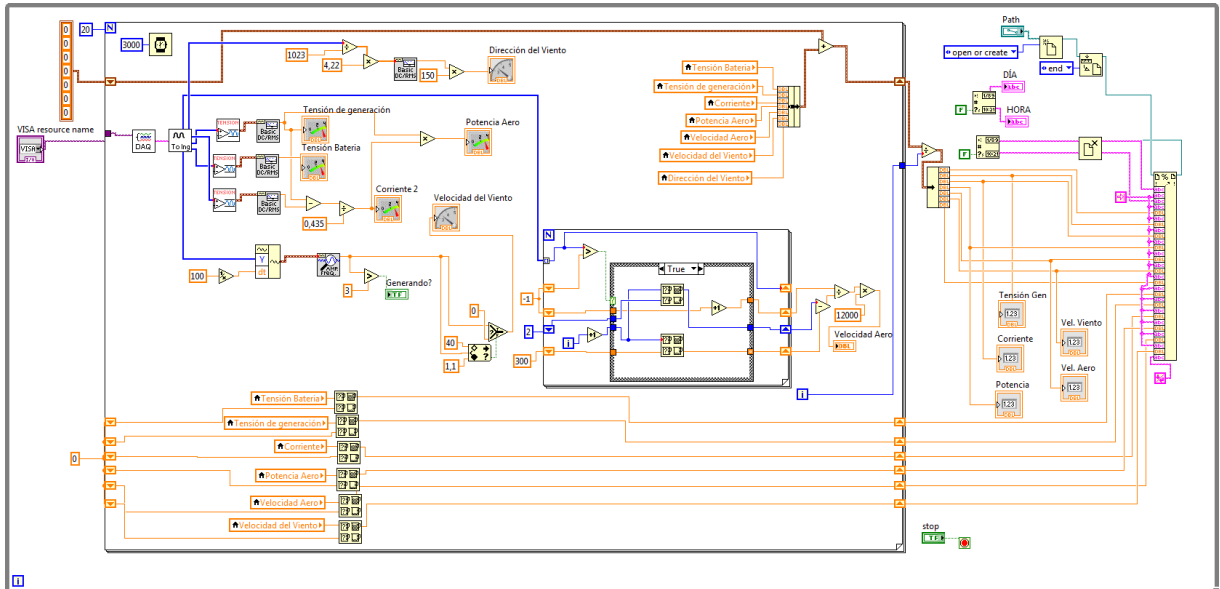


Figura 9: Vista del diagrama de bloques del instrumento virtual.

Para cumplir con los objetivos de evaluación de pequeños generadores eólicos, el dispositivo cuenta con características de datalogger. Para lograr esto el programa trabaja en una estructura “FOR” que se ejecuta cada 3 segundos. Alcanzadas 20 iteraciones (1 minuto), realiza un promedio de las mediciones realizadas y actualiza un archivo de texto en donde quedan registradas fecha, hora, y las variables sensadas. También se registran los valores máximos para cada minuto.

## RESULTADOS

Construido el sistema de adquisición propuesto se realizó una prueba de campo utilizando un pequeño generador eólico montado en la Facultad de Ingeniería. La Figura 10 muestra una vista del archivo de texto generado durante la prueba mencionada.

FECHA	HORA	Tension gen	Tension bat	Corriente	Potencia	Veloc aero	Veloc viento
13/07/2012	12:45 p.m.	15,536298	14,660033	1,596041	23,980036	584,496120	7,728718
13/07/2012	12:46 p.m.	16,350436	14,827629	3,061275	47,837135	730,089651	10,601843
13/07/2012	12:47 p.m.	15,806001	14,679568	2,003865	30,299760	625,453312	8,562069
13/07/2012	12:50 p.m.	15,377912	14,567659	1,206745	18,722122	547,354672	6,540041
13/07/2012	12:51 p.m.	15,753609	14,681611	2,032610	30,023325	641,671487	8,474374
13/07/2012	12:52 p.m.	15,468284	14,595555	1,317774	20,443135	559,230540	6,948684
13/07/2012	12:53 p.m.	15,434229	14,596725	1,240638	19,642847	547,923524	6,874089
13/07/2012	12:54 p.m.	15,815291	14,698632	2,045759	30,180315	638,420378	8,641091
13/07/2012	12:55 p.m.	16,389532	14,815919	3,160121	48,231116	741,109947	10,634266
13/07/2012	12:56 p.m.	15,784652	14,653002	1,995203	30,888239	616,356734	8,496525
13/07/2012	12:57 p.m.	15,220333	14,5310709	0,851033	14,603125	506,862567	6,142929
13/07/2012	12:58 p.m.	15,839894	14,665089	2,195377	32,826896	634,944922	8,879228
13/07/2012	12:59 p.m.	15,395954	14,552668	1,223467	19,427570	545,471242	7,238110
13/07/2012	01:00 p.m.	15,613265	14,608018	1,693179	26,047716	603,604195	7,566176
13/07/2012	01:01 p.m.	16,218146	14,759009	2,955991	45,789974	707,270025	10,144271
13/07/2012	01:02 p.m.	16,137494	14,736598	2,697161	42,233968	697,713440	9,229842
13/07/2012	01:03 p.m.	16,048131	14,529289	2,522865	39,727747	669,220185	9,737078
13/07/2012	01:04 p.m.	15,439674	14,546713	1,475487	23,090479	572,112889	7,597572
13/07/2012	01:05 p.m.	15,138229	14,476789	0,874610	14,809562	510,754154	5,958229
13/07/2012	01:06 p.m.	15,455243	14,580054	1,535960	23,579106	582,046596	7,702946
13/07/2012	01:07 p.m.	15,927173	14,682620	2,390350	37,295780	651,266701	9,131046
13/07/2012	01:08 p.m.	16,159059	14,727443	2,858017	43,489500	709,089103	9,982629
13/07/2012	01:09 p.m.	15,391369	14,529289	1,234763	19,976092	548,063048	7,019945
13/07/2012	01:10 p.m.	15,965126	14,670775	2,448714	38,352235	657,471977	8,964424
13/07/2012	01:11 p.m.	16,396146	14,750647	3,203058	51,062915	728,281597	10,443394
13/07/2012	01:12 p.m.	16,011173	14,678331	2,718445	45,951433	681,980089	10,077706
13/07/2012	01:13 p.m.	15,945673	14,628709	2,496609	40,449272	664,800204	9,291011
13/07/2012	01:14 p.m.	15,431151	14,524772	1,543188	24,636402	584,249370	7,450375
13/07/2012	01:15 p.m.	16,182115	14,703593	3,092453	49,386017	727,112975	10,637004
13/07/2012	01:16 p.m.	15,706729	14,585190	2,149293	33,700634	642,570561	8,831216
13/07/2012	01:17 p.m.	15,786171	14,610371	2,386138	37,120114	652,443637	9,393687
13/07/2012	01:18 p.m.	16,058657	14,656659	2,823720	43,864883	726,364279	10,266821
13/07/2012	01:19 p.m.	15,999893	14,640580	2,749245	43,773116	712,282152	10,110776

Figura 10: Vista de la base de datos generada.

Con los datos extraídos del archivo de texto generado se grafica la curva de potencia medida para el aerogenerador probado (Figura 11). Se puede observar que la potencia máxima de la máquina evaluada está en torno a los 70W y se da para los 19 m/s de velocidad de viento. También se observa que cuando la velocidad de viento aumenta por encima de los 19 m/s la potencia generada disminuye. Por otro lado también se ve que el aerogenerador necesita un mínimo de unos 3 m/s de velocidad de viento para generar una tensión suficiente que cargue la batería de 12V.

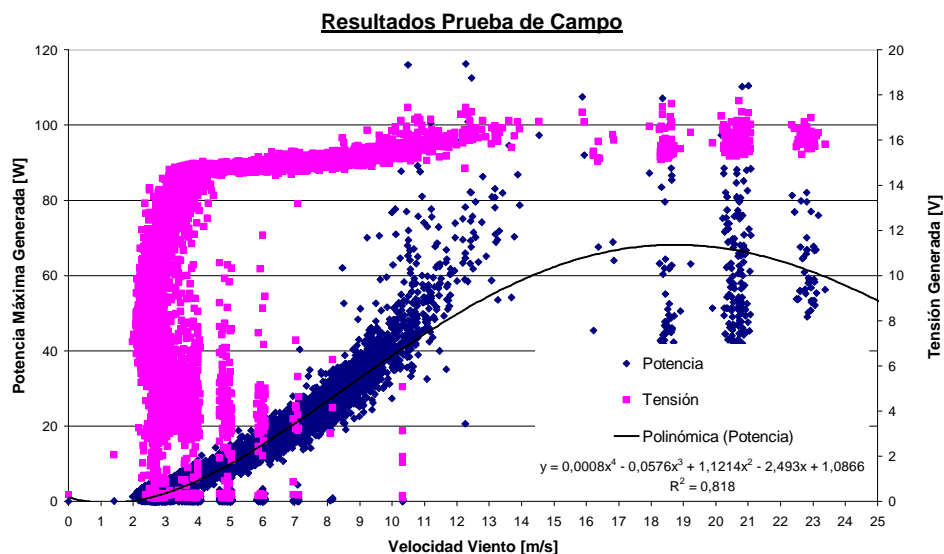


Figura 11: Curva de potencia relevada.

## CONCLUSIONES

Las pruebas realizadas en campo resultaron satisfactorias. El error en las mediciones es comparable con la exactitud de los instrumentos de campo, sumado a esto, el diseño es simple, económico, y permite cumplir con los objetivos planteados inicialmente, obteniéndose con éxito la curva de funcionamiento de una pequeña máquina y sirviendo además de estación relevadora del recurso eólico.

El prototipo construido permitió capitalizar experiencia resultando útil para el avance de los dos proyectos en ejecución que se mencionan en la introducción de este trabajo, ya que el primero utilizará parte de los datos meteorológicos recolectados por el equipo que aquí se propone y adaptará el programa de la DAQ para sensar otras variables de interés, mientras que el segundo puso a prueba el diseño y obtuvo conclusiones tendientes a mejorar el proyecto específico. Entre ellas se puede mencionar la necesidad de incorporar una memoria SD, comunicación inalámbrica y un reloj propio como el DS1307.

## REFERENCIAS

- Domine, Niro (2011) Sistema de Iluminación Autónomo alimentado por Energías Renovables. Tesis Final de Grado, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica, UNMDP.
- J. Simonetta (2012) Instrumentación Virtual aplicada al Análisis de Calidad de Energía Eléctrica. Diseño y desarrollo de un Analizador de Redes. Beca de Investigación de Estudiante Avanzado, UNMDP.
- J. Suárez (2011) Apunte de Cátedra Asignatura Instrumentación Avanzada – Dpto. Ing. Eléctrica -Electromecánica Fac. Ing. UNMDP. <http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/material2.html>
- N. R. Malik (1998). Circuitos Electrónicos. Análisis, simulación y diseño, PRENTICE HALL. Madrid. ISBN 84-89660-03-4.
- A. C. Lopez (2006). Manual de Usuario del Compilador PCW de CCS®. C Compiler for Microchip PICmicro® MCUs. Reeditado para formato PDF por Victor Dorado.
- Microchip Technology Inc. (2007). PIC18F2454/2550/4455/4550 Data Sheet.
- National Instruments (2005). LabVIEW Fundamentals. 374029A-01.
- G.W. Johnson (1997). LabVIEW Graphical Programming. McGRAW Hill.

## ABSTRACT

We present a simple and low cost system for the simultaneous measurement of wind speed and electrical power generated in small wind turbines, in order to relate these variables to obtain the performance curve of these small machines. The proposed circuit, developed by students and teachers of Electromechanical and Electrical Engineering careers, National University of Mar del Plata city, uses a PIC18F2550 microcontroller connected via USB to a personal computer, which has developed an application in LabVIEW graphical language. After assembly and field test concluded that the device meets the initial objectives, serving for teaching and research purposes, seeing that its flexibility also has potential possibilities of increasing their capabilities, with minor adjustments to measure other variables not initially contemplated.

**Keywords:** acquisition, wind turbine, renewable energy, wind instrumentation.