



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

Tarjeta de Control de carga para un Sistema Eólico

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero Electrónico

Autores

Fabián Patricio Guapisaca Caivinagua

Edwin Rodrigo Mejía Caiza

Director

Francisco Eugenio Vásquez Calero

Cuenca - Ecuador

2012

DEDICATORIA

A Dios por ser parte importante en mi vida, a mis Padres: Luis Guapisaca, Nelly Caivinagua, por su amor cariño, sacrificio y confianza que han depositado en mí durante todos estos años. Porque sin su apoyo este trabajo no sería posible.

GRACIAS

A mis hermanos: Luis, Adriana, Diego, por estar conmigo siempre en las buenas y en las malas y ser parte de mi motivación para seguir adelante, con cariño y amor para ustedes

A mis abuelos, Teófilo Caivinagua, Rosa Inga, a mi enamorada, por estar siempre pendiente de mí y ser quienes han alentado mi superación cada día.

Fabián G.

Esta tesis la dedico a Dios, a mi madre Luz Caiza, a mi padre Rodrigo Mejía, quienes con el mayor esfuerzo apoyaron mis estudio, dándome en todo momento el apoyo moral y económico, especialmente a mi mamá que estuvo en todo momento conmigo, apoyándome en las traspasos, preocupaciones, alegrías y todos los inconvenientes que tenía en mis estudios, gracias a ella hoy puedo cumplir una meta muy importante en mi vida, a mi padre quien con un gran sacrificio buscó un mejor estilo de vida y viajó a otro país para darnos lo necesario y así tener la oportunidad de estudiar, y ser mejores seres humanos como él dice, gracias papá por ti hoy puedo concluir mis estudios universitarios. También agradezco a mis hermanos Milton y Katherine quienes siempre me apoyaron, fueron el motor que me impulsó a mejorar y a no dejar de estudiar.

Gracias a toda mi familia, simplemente me queda decir que Dios les pague y que Dios los bendiga.

Edwin M.

AGRADECIMEINTOS

Deseamos expresar nuestros agradecimientos a todas las personas que con su colaboración han hecho posible la realización de la presente tesis:

Al Ing. Francisco Eugenio Vásquez Calero, por su inestimable labor de dirección y revisión.

A la Universidad del Azuay por los conocimientos y valores adquiridos en su campus y por las facilidades proporcionadas para utilizar sus instalaciones.

Al Ing. Leonel Pérez Rodríguez Director de Escuela de la Facultad de Ingeniería Electrónica, por compartir sus conocimientos y la ayuda prestada durante la realización de esta tesis.

Al Ing. Eduardo Sempertegüi Cañizares, por formar parte del jurado de esta tesis.

A nuestros amigos, por su apoyo. Finalmente queremos expresar nuestro agradecimiento muy especial a nuestras familias, por su comprensión sin límite y animo constante.

Fabián G.

Edwin M.

Samuel
060712

TARJETA DE CONTROL DE CARGA PARA UN SISTEMA EOLICO

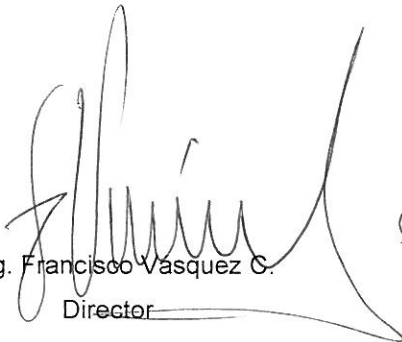
RESUMEN

Esta tesis presenta el diseño e implementación de una Tarjeta de Control para un Sistema de Generación Eólico basada en un microcontrolador PIC16F877A.


El diseño de la tarjeta electrónica está dividido en los siguientes bloques principales: Sistema de Control de carga y descarga orientada a garantizar la vida útil de las baterías; Protección del Generador Eólico en condición de "embalamiento" y conexión automática a un sistema de consumo de energía alternativo.

Como resultado de la investigación, se logró implementar un prototipo funcional de la Tarjeta de Control de Carga para un Sistema Eólico para ser instalado al Laboratorio de Energías Alternativas, y la que pudiera ser utilizada en Sistemas Eólicos de baja potencia ubicados en lugares alejados donde no exista redes eléctricas.


Palabras Claves: Microcontrolador, PIC16F877A, Sistema Eólico, Embalamiento, Baterías, Energías Alternativas.



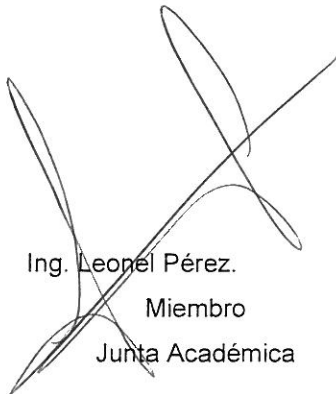
Ing. Francisco Vasquez C.
Director



Edwin Mejía C.
Estudiante



Fabian Guapisaca C.
Estudiante



Ing. Leonel Pérez.
Miembro
Junta Académica



Ing. Fredy Pesantez.
Miembro
Junta Académica



Ing. Hernán Maldonado
Miembro
Junta Académica

Summary
060712

CHARGING CONTROL CARD TO BE USED IN A EOLIC SYSTEM

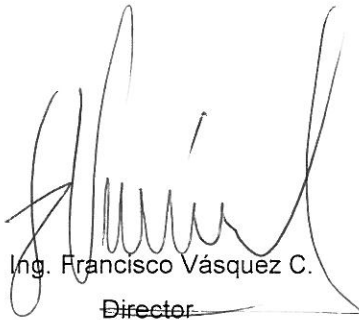
ABSTRACT

This thesis presents the design and implementation of an Eolic Generation System Control Card based in a microcontroller PIC16F877A.

The electronic card design is divided into the following main blocks: load and unload Control System oriented to guarantee the useful life of batteries; Eolic Generator "overrunning" condition protection and automatic connection to an alternative energy consummation system.

As a result of this research, it was possible to achieve a Load Control Card functional prototype for a Eolic System to be installed at alternative Energies Laboratory, and which could be used in any low power Eolic System located in far places where there aren't electrical networks.

Key words: Microcontroller, PIC16F877A, Eolic System, Overrunning, Batteries, Alternative Energies.



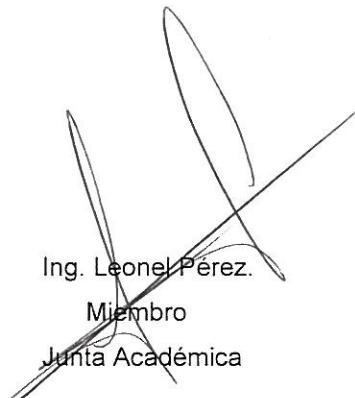
Ing. Francisco Vásquez C.
Director




Edwin Mejía C.
Estudiante



Fabian Guapisaca C.
Estudiante



Ing. Leonel Pérez.
Miembro
Junta Académica



Ing. Fredy Pesantez.
Miembro
Junta Académica



Ing. Hernán Maldonado
Miembro
Junta Académica

INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen	v
Abstract	v
Índice de Contenidos	vi
Índice de Tablas	x
Índice de Figuras	xi

INTRODUCCIÓN	1
---------------------------	----------

CAPITULO I: PRINCIPIOS SOBRE ENERGIA EÓLICA

1.1 Energía Renovables	2
1.2 Energía Eólica	3
1.2.1 Energía obtenida del viento	3
1.2.2 Limite de Betz.....	7
1.2.3 La Fuerza de Coriolis	7
1.2.3.1 Tipos de vientos	8
1.2.3.1.1 El viento Sinóptico	9
1.2.3.1.2 Brisas.....	10
1.2.3.1.3 Vientos Catabáticos y Anabáticos.....	11
1.2.4 El Aerogenerador	13
1.2.5 Aplicaciones de los aerogeneradores de baja potencia	13
1.2.5.1 Instalaciones aisladas de la red eléctrica	13
1.2.5.2 Instalaciones conectadas a la red eléctrica	15
1.3 Componentes de un aerogenerador	15
1.3.1 Torre.....	15
1.3.2 Rotor	16
1.3.3 Las palas	16
1.3.4 Góndola.....	17
1.3.5 La veleta.....	17
1.4 Aerogenerador “400 WATT 12V modelo AIR-X”	17
1.4.1 Instrucciones de Seguridad	18
1.4.2 Riesgos Mecánicos	18
1.4.3 Riesgos Eléctricos	18
1.4.4 Funcionamiento.....	19

1.4.5 Componentes	20
1.5 Subsistema De Acumulación (Baterías).....	20
1.5.1 Introducción.....	20
1.5.2 La Historia de la batería.....	21
1.5.3 Estructura básica.....	22
1.5.4 Parámetros eléctricos.....	22
1.5.5 Tipos de baterías para aplicaciones con Energías Renovables	25
1.5.5.1 Baterías Pb-ácido convencionales	25
1.5.5.2 Baterías Pb-ácido libres de mantenimiento (SLI).....	25
1.5.5.3 Baterías tubulares	26
1.5.5.4 Baterías con electrolito tipo GEL	27
1.5.5.5 Baterías GEL-VRLA	27
1.5.5.6 Baterías AGM.....	27
1.5.5.7 Baterías Níquel-Cadmio (Ni-Cd).....	28
1.5.6 Diferencias entre baterías para aplicaciones con Energías Renovables y las baterías para vehículos	30
1.5.7 Requisitos ambientales.....	31
1.6 Microcontrolador PIC	32
1.6.1 Arquitectura interna del PIC.....	33
1.6.2 Integrado de la serie 16F87XA	35
1.6.2.1 Tipos de Puerto.....	36
1.7 MPLAB-IDE	36
1.7.1 Introducción a la programación en ensamblador	36
1.7.1.1 Escritura del código fuente.....	37
1.7.1.2 Campo de etiquetas	38
1.7.1.3 Campo de instrucciones.....	38
1.7.1.4 Campo de datos.....	38
1.7.1.5 Campo de comentarios	39
1.7.1.6 Convenciones en la escritura del código fuente	39

CAPITULO II: INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DEL HARDWARE

2.1 Misión	41
2.2 Funcionamiento de la turbina “aerogenerador”	42
2.2.1 Circuito abierto	42
2.2.2 Circuito cerrado	42
2.3 Circuito de Alimentación	43

2.3.1 Circuitos de la fuente +5vdd	43
2.4 Microcontrolador PIC 16F877A	43
2.4.1 Puerto A	44
2.4.1.1 AN0/Ra0	44
2.4.1.2 Ra1	45
2.4.1.3 Ra4	46
2.4.1.4 Ra5	46
2.4.2 Puerto B	46
2.4.2.1 Rb0	47
2.4.2.2 Rb1	48
2.4.2.3 Rb2	48
2.4.2.4 Rb3	49
2.4.2.5 Rb4	49
2.4.2.6 Rb5	50
2.4.2.7 Rb6 y Rb7	50
2.4.3 Puerto D	51
2.4.3.1 Rd0-----Rd7	51
2.5 LCD	52
2.6 Circuitos para pines con funciones especiales.....	52
2.6.1 Circuito oscilador	52
2.6.2 Circuito de <i>reset</i> externo.....	53
2.7 Circuito final	54
2.8 PCB	55

CAPITULO III: DISEÑO DEL FIRMWARE PARA EL CONTROL DEL HARDWARE

3.1 Configuración del PIC 16F87XX en lenguaje ensamblador MPLAB.....	56
3.1.1 Cabeza del programa	56
3.1.2 Declaración de símbolos y variables.....	56
3.1.3 Directiva ORG	57
3.1.4 Estructura de letreros a visualizar en el LCD	58
3.2 Configuración del programa principal.....	59
3.2.1 Configuración de puertos.....	59
3.2.1.1 Puerto A	59
3.2.1.2 Puerto B	60
3.2.1.3 Puerto D.....	60
3.2.2 Configuración de registros	61

3.2.2.1 Registro ADCON0, ADCON1	61
3.3 Firmware de la tarjeta de control de carga y descargas de baterías para un sistema eólico	62
3.3.1 Inicio del Firmware	62
3.3.2 Subrutina “Carga_bat”	63
3.3.3 Funcionamiento del sistema alternativo	64
3.4 Subrutinas	66
3.4.1 Subrutina de demora especifica	66
3.4.2 Subrutina Conversor A/D	67
3.4.3 Subrutina para convertir los datos de hexadecimal a decimal.....	67
3.4.4 Carteles	68

CAPITULO IV: PRUEBA Y RESULTADOS

4.1 Instalación de la turbina AIR-X 400W 12V	70
4.2 Conexión del aerogenerador a las baterías de gel	71
4.3 Primera prueba Software en el kit de entrenamiento de la UDA.....	71
4.4 Prueba de los elementos electrónicos en Tarjeta Universal	72
4.5 Primera tarjeta de control en PCB.....	72
4.6 Tarjeta de control en PCB incluido el sistema de control alternativo	73
4.7 Pruebas y resultados de la placa en funcionamiento	74

CONCLUSIONES	79
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	80
------------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	81
---------------------------	----

ANEXOS	84
---------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.6.2 Funciones especiales.....	35
Tabla 2.4.1.1 Datos para el cálculo del partidor de tensión.....	45
Tabla 2.5 Pines del LCD y qué función cumplen c/u	52
Tabla 2.6.1 Tabla de valores para frecuencia de oscilación.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2.1 Esquema de tubo de corriente que encierra un rotor	5
Figura 1.2.3 Fuerza de Coriolis.....	8
Figura 1.2.3.1.A Vientos Sinópticos	9
Figura 1.2.3.1.B Esquema general de un viento particular tierra-mar y viceversa (Brisas).....	9
Figura 1.2.3.1.C Vientos particulares y locales	10
Figura 1.2.3.1.3 Viento Catabático.....	11
Figura 1.2.3.1.3A Efecto Föhn	12
Figura 1.2.3.1.3B Influencia de obstáculos topográficos sobre la velocidad del viento.....	12
Figura 1.3.3 Comportamiento de la fuerza del viento sobre la pala del aerogenerador	16
Figura 1.4.4 Componentes del Aerogenerador Air X 400W	20
Figura 1.5.1 Parte interna de la batería.....	20
Figura 1.5.3 Estructura de la batería.....	22
Figura 1.5.4 Voltaje de corte (máximo y mínimo) de un vaso.....	24
Figura 1.6.1.1 Arquitectura Von Neumann.....	34
Figura 1.6.1.2 Arquitectura Harvard.....	34
Figura 1.6.2 Diagrama de pines del Microcontrolador Microchip de la serie 16F87XX	35
Figura 1.7.1 Organigrama de la secuencia a seguir para el grabado del Microcontrolador.....	37
Figura 1.7.1.1 Ejemplo de listado de programa.....	40
Figura 2.2.1 Cables sueltos	42
Figura 2.2.2 Circuito cerrado, carga de baterías	42
Figura 2.3.1 Fuente de alimentación.....	43
Figura 2.4.1 Ubicación del Puerto A en el PIC 16F877X.....	44
Figura 2.4.1.1 Partidor de tensión.....	45
Figura 2.4.1.2 Cálculo del partidor de tensión.....	45
Figura 2.4.1.4 Circuito controlador del Ánodo Cátodo RS, del LCD	46
Figura 2.4.2 Puerto B del PIC16F877X.....	47
Figura 2.4.2.1 Circuito que activa y desactiva la alimentación de la placa	47
Figura 2.4.2.2 Circuito que conecta la batería auxiliar con la placa.....	48
Figura 2.4.2.3 Circuito que conecta el voltaje generado por la turbina con las baterías	48

Figura 2.4.2.4 Circuito que conecta el inversor a las baterías	49
Figura 2.4.2.5 Circuito que conecta el sistema alternativo	49
Figura 2.4.2.6 Circuito señalizador de la carga de las baterías	50
Figura 2.4.2.7 Circuito que genera “0” y “1” para RB6 y	50
Figura 2.4.3 Puerto D PIC 16F877X	51
Figura 2.4.3.1 Puerto D del PIC, Bus de datos para el LCD.....	51
Figura 2.6.1 Circuito oscilador a cristal	53
Figura 2.6.2 Circuito reset externo para el PIC 16F877A.....	54
Figura 2.7 Diagrama completo del circuito.....	54
Figura 2.8 PCB	55
Figura 3.1.1 Cabeza del programa	56
Figura 3.1.2 Declaración de constantes.....	57
Figura 3.1.3 Directiva ORG.....	58
Figura 3.1.4.1 Estructura del letrero código ASCII	58
Figura 3.1.4.2 Estructura del letrero código decimal	59
Figura 3.2.1.1 Configuración del Puerto A	59
Figura 3.2.1.2A Configuración Puerto B salidas digitales RBO-RB5	60
Figura 3.2.1.2B Configuración Puerto B entradas digitales RB6-RB7	60
Figura 3.2.1.3 Configuración Puerto D como salida de bus de datos.....	61
Figura 3.2.2.1 Segmento de configuración del ADCON0 y ADCON1	62
Figura 3.3.1 Instrucciones dirigidas a bits y registros.....	62
Figura 3.3.1.2 Subrutina “ini-lcd”	63
Figura 3.3.1.3 Bloque de programa que acciona el relé 2	63
Figura 3.3.1.4 Bloque de programa que llama a las subrutinas.....	63
Figura 3.3.2.1A Subrutinas “carga_bat”	64
Figura 3.3.2.1B Bloque del programa “carga_eólico”,”sis_alter”	64
Figura 3.3.3 Bloque de subrutinas de Sistema alternativo	65
Figura 3.3.3.1 Subrutina paro	65
Figura 3.4 Subrutina demora general.....	66
Figura 3.4.1 Subrutina demora específica	66
Figura 3.4.2 Fragmento que realiza la conversión	67
Figura 3.4.3.1 Fragmento que convoca a otros sub programas	67
Figura 3.4.3.2 Fragmentos que convierte los dígitos decimales.....	68
Figura 3.4.4 Subrutina para escribir carteles.....	68
Figura 3.4.5 Bloque donde se escribe el cartel	69
Figura 4.1 Indicador que la turbina está funcionando correctamente	70
Figura 4.1.2 Batería de automóvil conectada a la turbinas.....	71

Figura 4.2.1 Baterías de Gel de 6V conectadas en serie	71
Figura 4.3.1 Imagen del Kit de entrenamiento y Projetboar	72
Figura 4.4 Tarjeta de control (Prueba)	72
Figura 4.5 Tarjeta de control de carga de baterías.....	73
Figura 4.6 Tarje de control de carga final.....	73
Figura 4.6.1 Tarjeta de control de carga desmontado el LCD	74
Figura 4.7.1 Primeras pruebas en la vía Cuenca Loja	74
Figura 4.7.2 Primeras pruebas con la tarjeta	75
Figura 4.7.3 Pruebas en la Provincia del Azuay sector el Cebollar	75
Figura 4.7.4 Encendido de la tarjeta	76
Figura 4.7.5 Carteles de presentación visualizados en el LCD	76
Figura 4.7.6 Carga de baterías	77
Figura 4.7.7 Cartel que indica la carga de las baterías	77
Figura 4.7.8 Cartel que indica el voltaje de la batería sin carga	77
Figura 4.7.9 LEDS que indican el funcionamiento de los relés.....	78

Guapisaca Caivinagua Fabián Patricio

Mejía Caiza Edwin Rodrigo

Trabajo de graduación

Ing. Francisco Eugenio Vásquez Calero

Julio 2012

TARJETA DE CONTROL DE CARGA PARA UN SISTEMA EÓLICO

INTRODUCCION

El sistema energético se encuentra en un punto crítico ya que el consumo masivo de combustibles fósiles, que son la principal fuente de energía, es el mayor responsable de las emisiones que están comenzando a provocar cambios climáticos severos, de continuar por este camino, es muy probable que se superen los límites que la naturaleza puede soportar.

La fabricación de la “tarjeta de control de carga y descarga de un sistema eólico” permite optimizar la vida útil de las baterías que almacenan la energía suministrada por un generador eólico.

A través de la experiencia de fabricar esta tarjeta se obtiene resultados que permiten adquirir una gran cantidad de conocimientos y verificar que se llega al objetivo de este trabajo.

CAPITULO I

PRINCIPIOS SOBRE ENERGIA EOLICA

1.1 Energía Renovables

En la física, a la capacidad potencial que tienen los cuerpos para producir trabajo o calor que se manifiesta mediante un cambio se le denomina energía; el esfuerzo de una persona que pedalea una bicicleta, o el movimiento continuo del agua en un río, son ejemplos claros de la definición antes mencionada.

Desde los principios de la humanidad, ésta ha utilizado las formas de energía a su alcance para la obtención de calor o para realizar un trabajo; en un principio con su propia fuerza o la de los animales domésticos, luego la energía del viento y del agua, seguido de la explotación de los combustibles fósiles como carbón, gas natural, petróleo y la energía nuclear.

De entre las distintas fuentes de energía, las renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana o se reproducen en un periodo igual al de una generación de seres humanos, aunque para fuentes como la biomasa fuese así siempre y cuando se respeten los ciclos naturales, estas no producen impacto ambiental significativo.

La totalidad de las energías renovables se derivan directa o indirectamente del sol, por ejemplo su calor provoca en el planeta las diferencias de presión que dan origen a los vientos, ordena el ciclo de agua, causa la evaporación que predispone a la formación de las nubes y por lo tanto a la lluvia, también procede la energía hidráulica. Las plantas necesitan del sol para la fotosíntesis, vivir y crecer, todo esto es la biomasa. Por último el sol se aprovecha directamente en forma de energía térmica como fotovoltaica.

Las Energías Renovables son la clave de un modelo energético sostenible con el que se puede cubrir necesidades, sin afectar el medio ambiente.

1.2 Energía Eólica

EL VIENTO, MOTOR DE LA ENERGÍA EÓLICA

Como la mayoría de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol, éste es el responsable de que se produzca el viento, el recurso energético utilizado por esta fuente de energía. Pero, ¿cuál es el origen del viento?, la respuesta está en que la atmósfera de la tierra absorbe la radiación solar de forma irregular debido a diversos factores (diferencias entre la superficie marina y la continental, elevación del suelo, alternancia del día y la noche, nubosidad, etc.) y esa irregularidad hace que haya masas de aire con diferentes temperaturas y en consecuencia, presiones; a su vez, las diferentes presiones provocan que el aire tienda a desplazarse desde las zonas de alta presión hacia las de baja presión, generando el movimiento del aire, es decir el viento.

La atmósfera se divide verticalmente en capas horizontales, según una división basada principalmente en la temperatura, el fenómeno de interés, el viento en la superficie se produce en la capa más baja de la atmósfera, la troposfera, que tiene un espesor de unos 8 kilómetros en los polos y unos 16 en la línea ecuatorial.

La causa del movimiento del aire es el desarrollo de gradientes horizontales de presión dentro de la atmósfera, los cuales son consecuencia de la radiación solar recibida por la tierra.

Los movimientos verticales en la atmosfera están limitados por el equilibrio existente entre la fuerza gravitatoria y el gradiente vertical de presión (equilibrio hidrostático):

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \rho g$$

Los vientos verticales tienen velocidades en magnitudes menores a las horizontales.

1.2.1 Energía obtenible del viento

La energía máxima teórica que puede ser extraída de una masa de aire en movimiento está dada por la expresión:

$$Ec = \frac{1}{2}mV^2$$

donde:

Ec = energía cinética [joule/s]

m = flujo de aire [kg/s]

V = velocidad del viento [m/s]

Al suponer un área de captación A (o área barrida por las palas) perpendicular a la dirección del viento, el flujo de aire circulante que la atraviesa será:

$$m = \delta \cdot A \cdot V$$

Siendo:

δ = densidad del aire [kg/m³]

A = área de captación [m²]

La energía teórica máxima por unidad de tiempo y de área ($A=1$) que podremos extraer de una masa de aire en movimiento, será entonces:

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot V^3$$

A esta energía se la denomina potencia meteorológica y se la expresa en W/m², utilizando el esquema de tubo de corriente que encierra el rotor Figura 1.2.1, y se extiende aguas arriba y aguas abajo de la corriente hasta regiones alejadas en las que las variables fluidas alcanzan valores constantes.

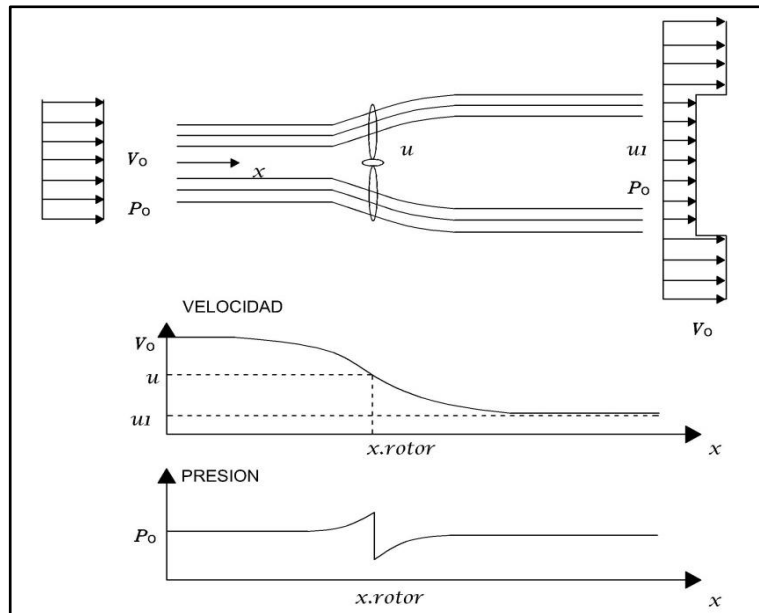


Figura 1.2.1: Esquema de tubo de corriente que encierra un rotor

Fuente: Kreibach, Analysis of a Grid Tied Induction Generator Wind Turbine, 2009, Pág.2; documento electrónico Internet (en línea) < <http://es.scribd.com/doc/46368564/Analysis-of-a-Grid-Tied-Induction-Generator-Wind-Turbine> >

Para el análisis del problema se hace las siguientes hipótesis:

- Movimiento estacionario.
- Perfiles de velocidad uniformes.
- Rotor aislado. Sin efectos colaterales del terreno y obstáculos.
- Tubo de corriente con simetría axial.
- Flujo incompresible.

Bajo estas hipótesis el rotor de la aeroturbina se comporta como un disco poroso de espesor infinitesimal que actúa sobre el tubo de corriente creando un salto de presiones a través de él, o también se supone que el rotor de la máquina está formado por un número infinito de palas que giran a una velocidad muy elevada sin producir gran resistencia.

Aplicando el teorema conservación de la cantidad de movimiento al volumen de control, se obtiene la fuerza sobre la aeroturbina (disco del rotor) en la dirección de la corriente:

$$F = \delta \cdot S \cdot U \cdot (V1 - V2)$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

S = superficie donde incide el viento con las palas

U = velocidad del viento en las palas.

Por otro lado, esta fuerza también viene dada por la diferencia de presiones delante y detrás del rotor multiplicada por el área (aplicando Bernoulli):

$$F = S \cdot (p^+ - p^-) = \frac{1}{2} \cdot S \cdot \delta \cdot (V1^2 - V2^2)$$

Igualando ambas expresiones se deduce la velocidad en el plano del rotor:

$$U = \frac{(V1 + V2)}{2}$$

La potencia mecánica que se extrae del aire, es el resultado de la energía cinética que éste pierde a su paso por la aeroturbina:

$$P_m = \delta \cdot S \cdot U \cdot \left(\frac{V1^2}{2} - \frac{V2^2}{2} \right)$$

Definiendo el coeficiente de velocidad inducida axial, a , como:

$$U = V1 \cdot (1 - a)$$

Se obtiene:

$$V2 = V1 \cdot (1 - a)$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot S \cdot V1^2 \cdot 4a \cdot (1 - a)$$

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot S \cdot V1^3 \cdot 4a \cdot (1 - a)^2$$

1.2.2 Limite de Betz

Para calcular cuando tendremos máxima potencia mecánica, derivamos e igualamos a cero:

$$\frac{dP_m}{da} = 2 \cdot \delta \cdot S \cdot V^3 \cdot (1 - 4a + 3a^2) = 0$$

La máxima potencia ocurre cuando $a = 1/3$, por tanto:

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot S \cdot V^3 \cdot \frac{16}{27}$$

Este valor, es el máximo valor de la potencia contenida en el tupo de corriente de aire que es capaz de extraer el rotor de una aeroturbina.

Una turbina eólica puede convertir en energía mecánica como máximo un 59,26 % de la energía cinética del viento que incide sobre ella.

$$CP_{max} = \frac{\text{Potencia maxima de la aeroturbina}}{\text{potencia maxima del viento}} = \frac{16}{27} = 0,5926 \approx 59,26\%$$

1.2.3 La Fuerza de Coriolis

Debido a la rotación del globo terrestre, cualquier movimiento en el hemisferio norte es desviado hacia la derecha, si se mira desde una posición en el suelo (en el hemisferio sur es desviado hacia la izquierda) Figura 1.2.3, esta aparente fuerza de curvatura es conocida como fuerza de Coriolis (debido al matemático francés Gustave Gaspard Coriolis 1792- 1843).

La fuerza de Coriolis es un fenómeno visible. Las cuencas de los ríos están excavadas más profundamente en una cara que en la otra (depende en qué hemisferio nos encontremos: en el hemisferio norte las partículas sueltas son desviadas hacia la derecha).

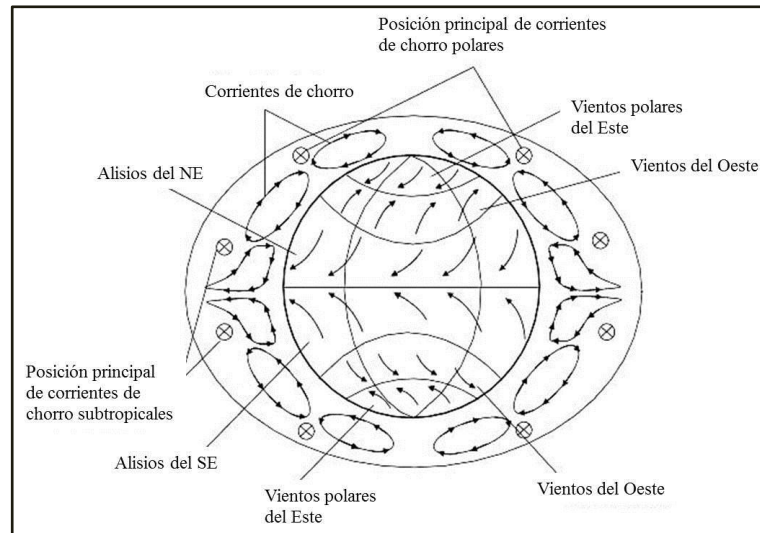


Figura 1.2.3: Fuerza de Coriolis

Fuente: Asociación Empresarial Eólica, Taller sobre Energía Eólica, 2009, Pág.14; documento electrónico Internet (en línea) < http://www.tech4cdm.com/userfiles/Sesion2_eol_per_Tecnologia.pdf >

En el hemisferio norte el viento tiende a girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj (visto desde arriba) cuando se acerca a un área de bajas presiones, en el hemisferio sur el viento gira en el sentido de las agujas del reloj alrededor de áreas de bajas presiones.

1.2.3.1 Tipos de vientos

El conocimiento de los vientos generales no es suficiente para una correcta utilización y ubicación de máquinas accionadas por el viento, por cuanto existen factores que modifican el régimen general, que deben ser conocidos y tenidos en cuenta a la hora de realizar un proyecto.

Existe un axioma (Bjerknes) que indica el movimiento o sentido de giro del viento, “Cuando el gradiente de presión y el gradiente de temperatura tienen distinta dirección, se produce una circulación de aire de sentido el camino más corto desde el gradiente de presión al de temperatura”.

En general, los desplazamientos verticales del aire son pequeños en relación a los desplazamientos horizontales, por lo que se puede considerar que la dirección del desplazamiento del viento es sensiblemente horizontal, se determina y refiere mediante el ángulo que conforma respecto a una dirección fija, que es la del Norte geográfico; tanto los vientos generales, como los sinópticos, Figura1.2.3.1.A, están

ligados a la circulación atmosférica, mantienen las mismas características sobre grandes extensiones de terreno.¹

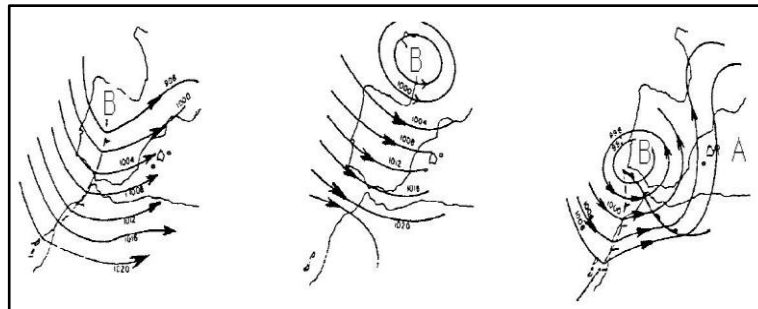


Figura 1.2.3.1.A: Vientos sinópticos

Fuente: Sotelo, www.energiasargentinas.com.ar, documento electrónico Internet (en línea) <
<http://www.energiasargentinas.com.ar/circulacion%20del%20aire%20.htm>>

1.2.3.1.1 El viento Sinóptico.- Sopla prácticamente en la horizontal, lo que permite esquematizar su movimiento por un vector orientado en el sentido hacia el cual sopla y cuyo origen está situado en el lugar de observación; los vientos regionales están regidos también por desplazamientos a la escala sinóptica de las masas de aire, (que es más fina y precisa que la circulación general de Hadley).

Sus características vienen determinadas en función de situaciones meteorológicas dadas y muy precisas, como son la configuración isobárica y posición de los frentes, teniendo en cuenta también para cualquier lugar, tanto las condiciones geográficas regionales, como las locales, Figura 1.2.3.1.B

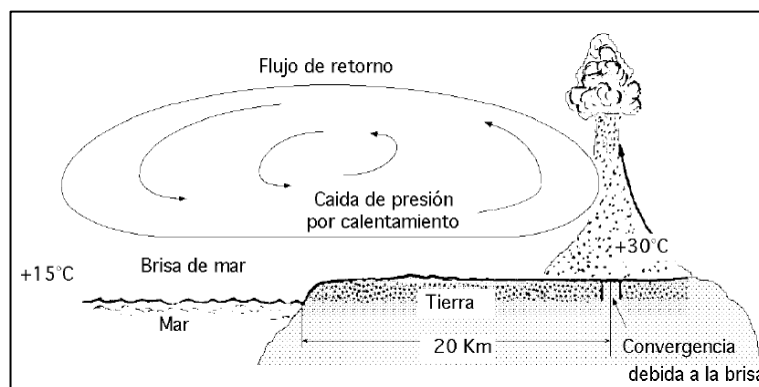


Figura 1.2.3.1.B: Esquema general de un viento particular tierra-mar y viceversa (Brisas)

Fuente: Sotelo, www.energiasargentinas.com.ar, documento electrónico Internet (en línea) <
<http://www.energiasargentinas.com.ar/tipos%20de%20vientos.htm> >

¹ **Fuente:** www.energiasargentinas.com.ar,
<http://www.energiasargentinas.com.ar/circulacion%20del%20aire%20.htm>

La dirección del viento a nivel del suelo, medida generalmente a algunos metros sobre el mismo, está fuertemente influenciada por la situación topográfica del lugar considerado.

La frecuencia de las direcciones no es siempre una característica general en consonancia con la situación isobárica media, como puede ser la posición respectiva media de los anticiclones y de las depresiones en el transcurso de los años; los vientos particulares y locales son la prueba.²

1.2.3.1.2 Brisas.- Una aplicación del axioma anterior es la justificación del movimiento del aire tierra-mar en las costas, o tierra-agua en los lagos durante el día y la noche, Fig.1.2.3.1.B; en las faldas de las montañas el aire se calienta durante el día y se va hacia las alturas, mientras que en la noche el aire frío, más pesado, baja hacia los valles, Figura 1.2.3.1.C.

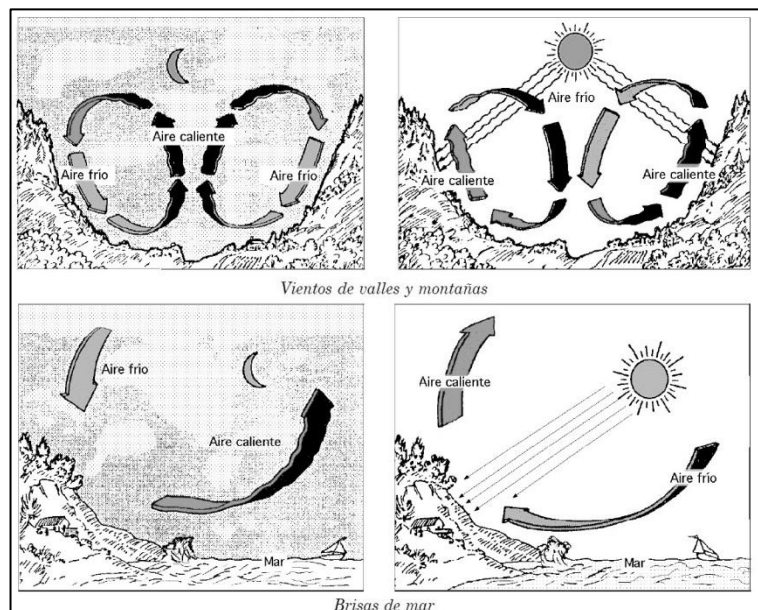


Figura 1.2.3.1.C: Vientos particulares y locales

Fuente: Asociación Empresarial Eólica, Taller sobre Energía Eólica, 2009, Pág.18; documento electrónico Internet (en línea) <http://www.tech4cdm.com/userfiles/Sesion2_eol_per_Tecnologia.pdf>

Los movimientos característicos del aire (tierra-mar) en las costas o (tierra-agua) en los lagos durante el día y la noche dan lugar a las brisas, el viento diurno o brisa marina, se debe a un descenso hacia la tierra del gradiente de presión barométrica, como consecuencia del calentamiento diurno de la capa inferior del aire que está en

² **Fuente:** www.energiasargentinas.com.ar, <http://www.energiasargentinas.com.ar/tipos%20de%20vientos.htm>

contacto con la tierra; como la superficie del mar adyacente no se calienta con tanta intensidad, permanece relativamente más fría; en respuesta al gradiente de presión local, el aire se dirige hacia la tierra a baja altura, la brisa marina es relativamente fría y proporciona un agradable alivio en una estrecha franja de la zona costera en las calurosas tardes del verano, por la noche se invierte el gradiente de temperatura debido al más rápido enfriamiento de la superficie del terreno; el gradiente de presión es ahora de la tierra hacia el mar, motivando un flujo de aire hacia el océano (la brisa terrestre). Las condiciones locales influyen considerablemente en el potencial eólico de una zona y puede suceder que dos lugares muy próximos tengan una gran diferencia de condiciones eólicas, los valles y las zonas entre dos montañas afectan enormemente al citado potencial al aumentar considerablemente la acción del viento, que varía notablemente con la altura, esta variación es consecuencia de la capa límite que se produce en el contacto de los fluidos viscosos con las superficies (aire y tierra).³

1.2.3.1.3 Vientos Catabáticos y Anabáticos.- El viento Catabático, Figura 1.2.3.1.3, es el producido por el descenso de aire fresco desde regiones elevadas a otras más bajas, en forma de brisas, a través de laderas y valles.

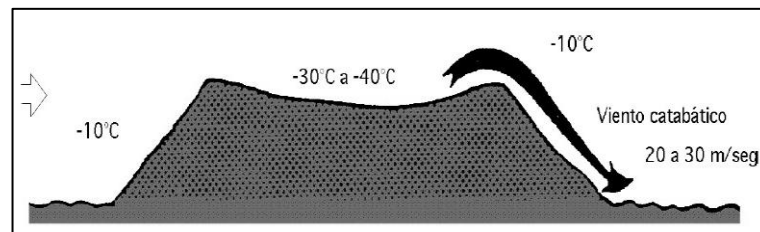


Figura 1.2.3.1.3: Viento Catabático

Fuente: Sotelo, www.energiasargentinas.com.ar, documento electrónico Internet (en línea) <
<http://www.energiasargentinas.com.ar/tipos%20de%20vientos.htm> >

Este tipo de viento presenta poca relación con las isobaras, puesto que viene regido principalmente por la dirección de los valles a través de los cuales desciende, el viento anabático es el que presenta una componente vertical ascendente, siendo el término opuesto a catabático.

Föhn.- Es un viento fuerte, seco y cálido, que se produce en ocasiones en la ladera de sotavento (contraria a la que sopla el viento) de los sistemas montañosos, Figura

³ **Fuente:** www.energiasargentinas.com.ar,
<http://www.energiasargentinas.com.ar/tipos%20de%20vientos.htm>

1.2.3.1.3A; un Föhn fuerte se presenta precedido por un sistema de bajas presiones que avanza ocasionando fuertes vientos en la troposfera media y alta.

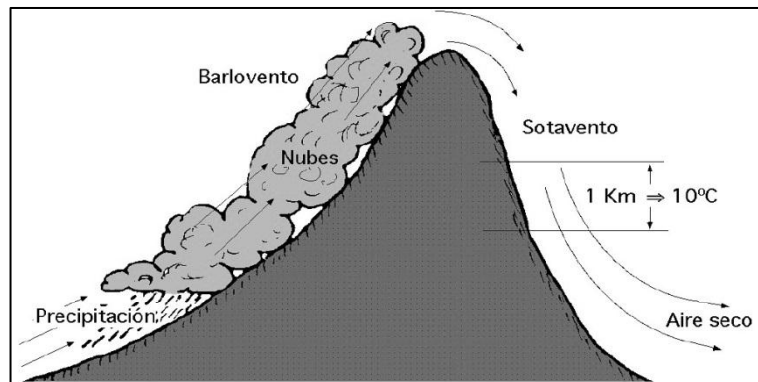


Figura 1.2.3.1.3A: Efecto Föhn

Fuente: Sotelo, www.energiasargentinas.com.ar, documento electrónico Internet (en línea) < <http://www.energiasargentinas.com.ar/tipos%20de%20vientos.htm> >

Cuando este sistema se acerca a una montaña, el aire sube por la ladera de barlovento, enfriándose por debajo de la temperatura de condensación, formando nubes que se mantienen adosadas a las cimas de las montañas, que provocan precipitaciones, por lo que el contenido de humedad del aire baja y así el aire que desciende por sotavento es seco, calentándose en el descenso a razón de 10°C por km. También influye grandemente en la velocidad del viento la forma del relieve de la superficie de la tierra por donde discurre la corriente. Superficies de pendientes suaves y desnudas de obstáculos son los mejores lugares de potencial eólico, puesto que se van juntando las líneas de corriente del fluido y hacen que su velocidad aumente, Figura 1.2.3.1.3B.⁴

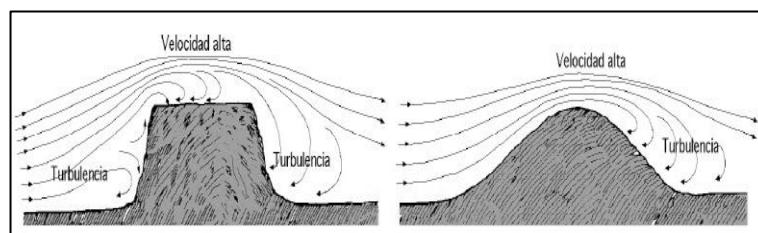


Figura 1.2.3.1.3B: Influencia de obstáculos topográficos sobre la velocidad del viento

Fuente: Sotelo, www.energiasargentinas.com.ar, documento electrónico Internet (en línea) < <http://www.energiasargentinas.com.ar/tipos%20de%20vientos.htm> >

⁴ **Fuente:** www.energiasargentinas.com.ar, < <http://www.energiasargentinas.com.ar/tipos%20de%20vientos.htm> >

1.2.4 El Aerogenerador

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores.

Se colocan sobre una columna o torre debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto al suelo, además se procura situarlos lejos de obstáculos (árboles, edificios, etc.) que creen turbulencias en el aire y en lugares donde el viento sopla con una intensidad parecida todo el tiempo, a fin de optimizar su rendimiento.

1.2.5 Aplicaciones de los aerogeneradores de baja potencia

Existen dos aplicaciones generales para utilizar la energía eléctrica generada a partir de aerogeneradores de baja potencia: instalaciones aisladas e instalaciones conectadas a la red eléctrica.

1.2.5.1 Instalaciones aisladas de la red eléctrica

Las pequeñas turbinas eólicas pueden ser fuente económica de electricidad para sitios aislados, la aplicación más común de sistemas aislados es la electrificación de viviendas rurales, para la cual existen diferentes configuraciones.

- a) **Sistemas individuales:** Generalmente, cuentan con un pequeño aerogenerador, una o más baterías para almacenar la energía generada y un regulador que controla la carga y descarga de las baterías, dependiendo de la aplicación, pueden incluir un inversor para transformar la electricidad de corriente continua, a alterna.

Los aerogeneradores de baja potencia se pueden utilizar sin conectar a la red eléctrica en diferentes aplicaciones, generalmente se utilizan para cargar baterías, suministrando tanto corriente alterna como continua, pueden ser usados para mover directamente bombas eléctricas sin emplear baterías, los pequeños aerogeneradores pueden ser usados también para calefacción en viviendas, etc.

Además de los usos anteriormente mencionados, miles de microturbinas son utilizadas en barcos, una de las primeras aplicaciones fue la alimentación de instalaciones remotas de telecomunicaciones, éstas eran habitualmente emplazadas en las cimas de montañas difíciles de acceder, donde el suministro de combustible era difícil y caro.

- b) **Sistemas centralizados:** Un sistema centralizado satisface la demanda energética de una comunidad con electricidad producida, almacenada y transformada la cual se distribuye por líneas eléctricas a cada uno de los sitios donde se requiere de energía; generalmente, este tipo de sistema cuenta con más de una fuente de generación, para lograr mayor confiabilidad del sistema.

- c) **Sistemas híbridos:** como se comentó anteriormente, las turbinas eólicas brindan una solución para la electrificación rural en muchos lugares, pero a veces la fluctuación del viento hace que no se pueda obtener una producción de electricidad de manera constante. Por esta razón, frecuentemente se usa una turbina eólica en combinación con otra fuente de generación; por ejemplo, paneles fotovoltaicos, este tipo de sistema se denomina “sistema híbrido” y una de las mayores ventajas que presentan con respecto a un sistema individual, es que dan mayor seguridad para la generación de energía eléctrica.
 - **Sistema eólico fotovoltaico:** La energía eólica y la fotovoltaica son complementarias, juntas no solo mejora la fiabilidad de los sistemas aislados sino que también los hace más rentables que cuando operan individualmente, estas instalaciones están constituidas por un aerogenerador de pequeñas dimensiones que a través de un rectificador/regulador de carga, suministra energía producida a las baterías, en paralelo se encuentra un sistema de paneles fotovoltaicos, uno o varios, que mediante su regulador de carga se conecta también a las baterías, las dimensiones de cada uno de los equipos (aerogenerador y paneles) dependerán de las características climatológicas así como de las características de la carga.
 - **Sistema eólico-diesel:** En este tipo de instalación, el grupo diesel, interconectado a través de su sistema de control, permite una gran

flexibilidad en su régimen de funcionamiento, el grupo diesel trabaja a plena carga cuando el viento está en calma o en régimen variable apoyando la producción del aerogenerador por existir variación de la velocidad del viento, cuando el viento mantiene un régimen de velocidad suficientemente alto, el grupo diesel está parado y la producción eléctrica es suministrada solamente por el aerogenerador o mantiene su funcionamiento en condiciones de regulación mientras dura el viento fuerte.

1.2.5.2 Instalaciones conectadas a la red eléctrica

Si dentro del sector eléctrico permite la oportunidad de suministrar energía a la red se puede conectar pequeños sistemas eólicos, esto es aplicable de los casos que exista una red en las proximidades del centro de consumo, en este caso, la energía requerida por el usuario sería suministrada por el sistema eólico y por la red eléctrica, si el aerogenerador produce energía en exceso, se entrega el excedente a la red eléctrica y si se produce menos energía de la requerida se toma de la red, el almacenamiento de la electricidad en baterías es opcional, pero su inclusión exige dispositivos rectificadores de corriente alterna para la carga de las baterías e inversores de corriente continua.

1.3 Componentes de un aerogenerador

La inmensa mayoría de los aerogeneradores modernos son tripalas (3 palas) y de eje horizontal, se ha demostrado científicamente que este número de palas es el idóneo ya que cuanto mayor es el número de palas, el rendimiento es menor porque cada pala “choca” con las turbulencias dejadas por la pala anterior, lo que frena su movimiento.

1.3.1 Torre

Soporta la góndola y el rotor, puede ser tubular o de celosía (estas últimas, aunque más baratas, están en desuso ya que las tubulares son mucho más seguras). El grosor y la altura de la torre varían en función de las características de la turbina.

1.3.2 Rotor

Es el conjunto formado por las palas y el eje al que van unidas, a través de una pieza llamada buje, las palas capturan el viento de manera perpendicular a su dirección, gracias a un sistema que coloca automáticamente el rotor en esa posición, y transmiten su potencia hacia el buje que está conectado, a su vez, mediante otro eje al multiplicador, incluido dentro de la góndola; esto para grandes generadores de CA.

1.3.3 Las palas

Se parecen mucho a las alas de un avión (de hecho, los diseñadores usan a menudo perfiles clásicos de alas de avión como sección transversal de la parte más exterior de la pala); sin embargo, los perfiles gruesos de la parte más interior de la pala suelen estar específicamente diseñados para turbinas eólicas, la mayoría están fabricadas con poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio

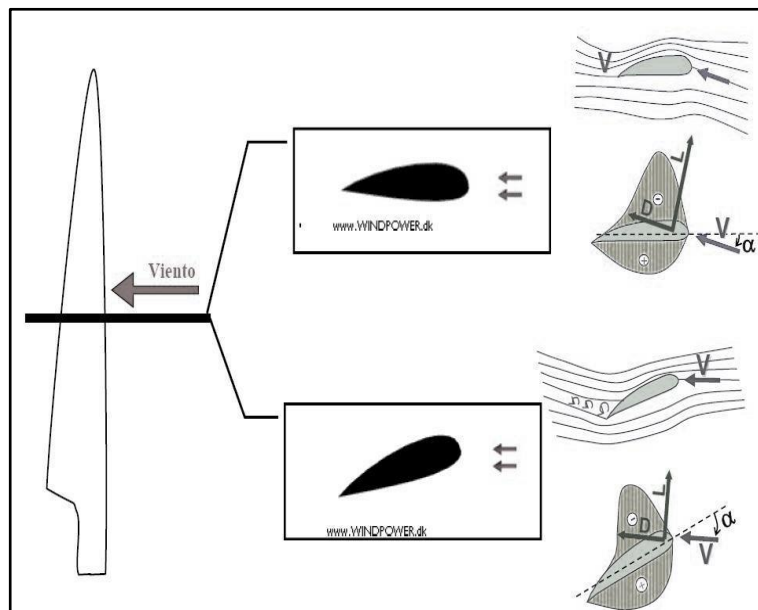


Figura 1.3.3: Comportamiento de la fuerza del viento sobre la pala del aerogenerador

Fuente: Endesa, Principios de la Energía Eólica, 2007, Pág.38; documento electrónico Internet (en línea) <
[http://www.escolaendesa.com/pdf/2_PRINCIPIOS%20DE%20LA%20ENERGIA%20E%C3%93LICA.](http://www.escolaendesa.com/pdf/2_PRINCIPIOS%20DE%20LA%20ENERGIA%20E%C3%93LICA.pdf)

[pdf](#) >

1.3.4 Góndola

Contiene entre otros componentes; el generador eléctrico, el multiplicador y los sistemas hidráulicos de control, orientación y freno, el multiplicador funciona de manera similar a la caja de cambios de un auto, multiplicando unas 60 veces, mediante un sistema de engranajes, la velocidad del eje del rotor, así se consigue comunicar al eje del alternador una velocidad de 1.500 revoluciones por minuto, lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico, cuyo cometido es convertir la energía mecánica del giro de su eje en energía eléctrica.

1.3.5 La veleta

Ubicada en la parte posterior de la góndola, mide la dirección y la velocidad del viento en cada instante y manda ordenes a los Sistemas de Control que accionan el aparato para que el rotor y las aspas se sitúen en la posición óptima contra el viento, esto en la turbinas de eje horizontal.

La góndola incluye además, un sistema de “cambio de paso”, que hace girar la posición de las palas de manera que recojan el viento de forma óptima en cada momento, este sistema también se utiliza para frenar el rotor cuando es necesario. En cuanto a la electricidad producida en el generador, ésta baja por unos cables a un convertidor, donde es transformada y enviada a la red eléctrica de forma óptima, sin fluctuaciones.

1.4 Aerogenerador “400 WATT 12V modelo AIR-X”

El AIR-X es la última generación de turbinas de viento de la serie “Air”, de “Southwest wind power”.

Tiene incorporado un alternador cuyas bobinas son fabricadas con mayor cantidad de espiras e hilo de menor sección que modelos anteriores, para ofrecer una menor resistencia interna, el resultado de lo anterior mencionado causa una temperatura más baja de funcionamiento ampliando la fiabilidad, el imán permanente del rotor es de una gran potencia, puede notarse cuando hacemos girar las palas con la mano, esto es normal y se vence cuando las palas empiezan a girar.

Las palas rotoras utilizan un perfil altamente eficiente, que son producidas mediante un proceso de modelado por inyección, que produce palas de una excepcional consistencia, el resultado es un funcionamiento más silencioso y mínima vibración.

1.4.1 Instrucciones de Seguridad

El AIR-X ha sido diseñado de forma segura, sin embargo existen peligros inherentes a cualquier equipo eléctrico o mecánico.

La seguridad debe ser la primera preocupación cuando se planee la disposición y funcionamiento de la turbina, siempre se debe tener conciencia de los peligros eléctricos, mecánicos así como el peligro que supone la rotación de las palas.

1.4.2 Riesgos Mecánicos

La rotación de las palas presenta el peligro mecánico más serio, las palas del AIR-X están hechas con un termoplástico muy fuerte, en ángulo las palas pueden alcanzar una velocidad superior a 440 km/h a esta velocidad, el ángulo de las palas es casi invisible y puede causar daños serios; bajo ninguna circunstancia se debe instalar la turbina donde una persona pueda tener contacto con el movimiento giratorio de las palas.

1.4.3 Riesgos Eléctricos

El calentamiento de los sistemas de cableado es con frecuencia el resultado de un conductor de sección no apropiado según la distancia que se requiere hasta las baterías o una mala conexión, es importante por tanto consultar la tabla de parámetros (longitudes y diámetros) que viene adjunto al equipo.

Las baterías pueden transmitir una enorme cantidad de corriente, un corte del cable de baterías constituirá un peligro de incendio, para evitar este peligro es aconsejable un fusible adecuado o un interruptor de paro conectado en las líneas de la batería.

1.4.4 Funcionamiento

La energía disponible con escalas de vientos es la velocidad del viento elevada al cubo, esto quiere decir que cada vez que se dobla la velocidad del viento se percibe ocho veces más energía, el diseño del AIR-X hace que se pueda obtener un aprovechamiento total de energía que proporciona el viento, la eficiencia de las otras turbinas de viento es normalmente lineal y no aprovecha la capacidad de la velocidad del viento.

El AIR-X usa un alternador de imanes permanentes de tres fases, los componentes electrónicos rectifican internamente la corriente (DC), el rotor está hecho de 12 imanes arqueados de Boro y Neodimio, el más potente material magnético que existe, el alternador ha sido diseñado simultáneamente con los nuevos elementos electrónicos de control para proporcionar una eficiente generación de energía a través del rango operativo.

Las palas de rotación son muy fuertes; sin embargo si estas entran en contacto con un objeto sólido pueden romperse, por lo tanto la turbina debe ser colocada en un lugar despejado y seguro.

En el caso de inspecciones a la turbina y se tenga una aproximación a las palas, se desconectara los cables principales de corriente y se juntara los cables de salida principal con el objeto de parar la velocidad de las palas.

Se debe tener en cuenta que para turbinas nuevas se debe contar con un rodaje inicial de 60 a 100 horas de funcionamiento con velocidades de viento normal aproximadamente de 8-9 metros por segundo, antes de que estas puedan funcionar con la máxima eficiencia, durante este periodo el funcionamiento podría parecer lento.

1.4.5 Componentes

El AIR-X contiene las partes que se muestran en la Figura 1.4.4

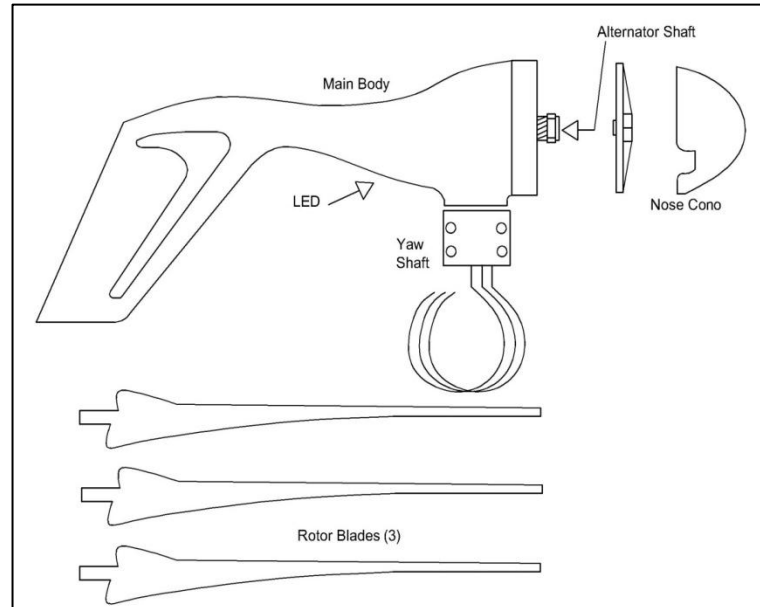


Figura 1.4.4: Componentes del Aerogenerador AIR-X 400W

Fuente: SOUTHWEST WINDPOWER INC, Owner's Manual, 2002, Pág.8

1.5 SUBSISTEMA DE ACUMULACIÓN (BATERIAS)

1.5.1 Introducción

El acumulador o batería es un dispositivo electroquímico que almacena energía eléctrica en forma de enlaces químicos.

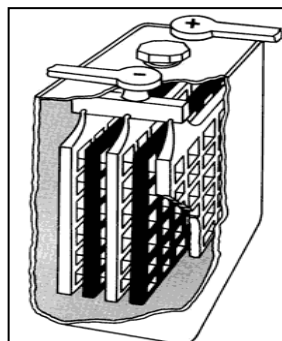


Figura 1.5.1: Parte interna de la batería

Fuente: Vázquez, Sistemas de Acumulación de Energía Eléctrica, 2011, Pág.11

1.5.2 La Historia de la Batería

Los orígenes de lo que actualmente se llama una batería se remontan probablemente al año 2000 AC ya que restos arqueológicos que hacen pensar los egipcios descubrieron la pila, incluso que pudieron utilizarla para dorar estatuas de plata con electrodeposiciones de oro, aunque las primeras pruebas de baterías fueron encontradas por arqueólogos en excavaciones en Bagdad, Irak, desde entonces, la batería ha tenido muchas mejoras significativas y diferentes avances que han contribuido para la mejora en la actualidad.

En 1748, Benjamín Franklin fue el primero en usar la palabra "la batería" para describir un condensador simple que consiste en vasos de vidrio cargados.

El siguiente gran descubrimiento fue hecho alrededor de 1780 por Luigi Galvani, el observó que cuando se conectaban pedazos de hierro y bronce que fueron aplicados a la pierna de una rana, esto le causó un movimiento nervioso; dicho experimento preparó el terreno para la investigación adicional en la electricidad "voltaica".

En 1800, Alessandro Volta inventó la primera "batería de célula mojada" que produjo una corriente confiable, investigó los efectos de metales distintos cuando se exponían al agua salada, esta pila de metales fue llamada "la pila Voltaica."

John Daniel hizo una mejora significativa a la célula voltaica en 1836, esta nueva célula, llamada la célula de Daniel, consistió en cobre, vasos de zinc y sulfatos de zinc y cobre, era más segura que la célula de Volta, y fue usada para hacer funcionar telégrafos y timbres.

En los años 1860, Raymond Gastón Plante inventó la primera batería de plomo que podría ser recargada muchas veces, él sumergió dos vasos de plomo sólidos delgados separados por hojas de goma en una solución ácida sulfúrica diluida.

Lamentablemente, su versión tenía un tiempo de durabilidad muy corto en bodega y no era muy poderosa.

Desde entonces muchas otras mejoras han sido hechas a la tecnología de baterías de plomo así como otros tipos de baterías: como alcalinas, níquel, las células de mercurio, células de combustible y células solares.

1.5.3 Estructura Básica

Un acumulador Figura 1.5.3, está constituido por uno o varios vasos interconectados, cada vaso se conforma por una lámina de plomo y otra de dióxido de plomo, sumergidos en un electrolito resultante de la mezcla de ácido sulfúrico.

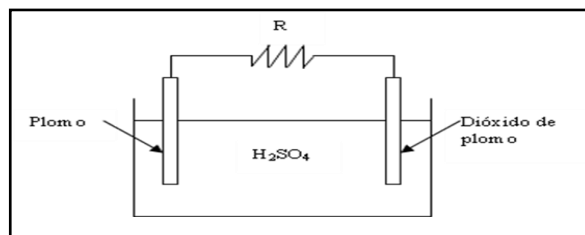
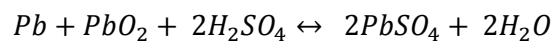


Figura 1.5.3: Estructura de la batería

Fuente: Vázquez, Sistemas de Acumulación de Energía Eléctrica, 2011, Pág.11

En el cual se produce la siguiente reacción química



1.5.4 Parámetros Eléctricos

Capacidad de almacenamiento de energía

- Cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa del acumulador plenamente cargado
- Se mide en Ah para un determinado tiempo de descarga.

Ejemplo: Capacidad a 100horas = 200Ah

$$C_{100} = 200Ah$$

Régimen de carga/descarga

- Corriente aplicada a la batería para restablecer/extraer la capacidad disponible. Normalizado respecto a la capacidad.
- Ejemplo: régimen de descarga de 10 h. en una batería de 200Ah es:

$$\frac{(200Ah)}{10h} = 20A(\text{régimen } C_{10})$$

Corrientes de Descarga

La industria ha estandarizado la prueba que determina el valor de la máxima corriente de descarga, esto permite comparar distintos modelos de baterías.

El valor de la corriente máxima es aquel que permite una descarga continua de 20 horas de duración, al cabo de la cual la energía en reserva representa el 20% de la máxima con la que comenzó.

Corrientes en exceso de C/20, si no son debidas a transitorios en la carga de corta duración, generan una disipación de calor ($I^2 \times r_i$, siendo r_i la resistencia interna de la batería) que daña a la batería en forma permanente. En particular, la batería del ejemplo no puede entregar 200A, durante una hora, en forma continua, ya que, para preservar la vida útil del equipo, el proceso químico no puede ser acelerado por sobre un máximo.

Profundidad de descarga (PdD)

- Amperios-hora extraídos de una batería plenamente cargada
- Se da en tanto por ciento
- Ejemplo: en una batería de 200Ah, extraemos 120Ah, la profundidad de descarga es:

$$\frac{120Ah}{200Ah} 100 = 60\%$$

Cuando se efectúa la prueba para determinar el valor en Ah de una batería solar la PdD debe alcanzar un mínimo de 80%.

Capacidad de Acumulación:

La cantidad de energía que puede ser acumulada por una batería está dada por el producto del voltaje nominal por el número de Ah, este producto se mide en Wh o KWh, dependiendo de su valor. Por lo tanto:

$$Wh = \text{Voltaje nominal} \times Ah$$

En el ejemplo, la capacidad de acumulación, a un voltaje de 12 Vcc, sería:

$$Wh = 12 \times 200 = 240Wh$$

Voltaje de Corte:

Voltaje para el que se finaliza la descarga de la batería, es función del régimen de descarga y del tipo y modelo de batería, en la Figura 1.5.4 se muestra el voltaje de corte (máximo y mínimo) de un vaso, durante un tiempo dado (12 horas).

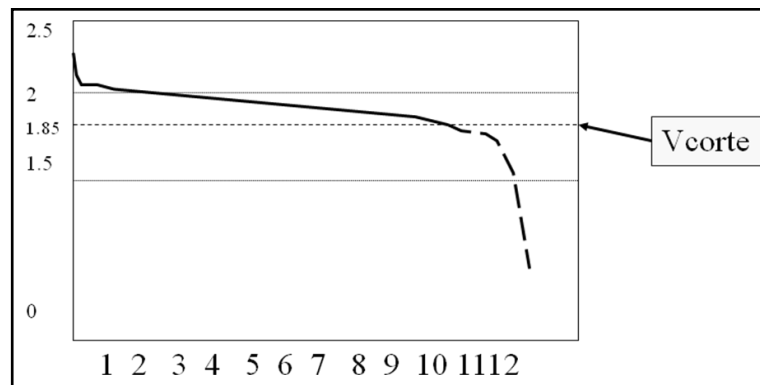


Figura 1.5.4: Voltaje de corte (máximo y mínimo) de un vaso

Fuente: Vázquez, Sistemas de Acumulación de Energía Eléctrica, 2011, Pág.11

Estado de Carga:

Capacidad disponible expresada en tanto por ciento de la capacidad nominal.

Ciclo:

Secuencia de carga/descarga para una profundidad y régimen de descarga determinados.

Ciclos de Vida:

Número de ciclos que una batería puede soportar funcionando de manera correcta, sin daño permanente ni afección a su vida útil.

Vida Útil:

Periodo durante el cual es capaz de operar para determinadas condiciones manteniendo la capacidad y el rendimiento.

En la práctica, la vida útil de una batería solar suele verse acortada debido a un uso indebido (por ejemplo, sulfatación prematura en sus bornes).

Rendimiento:

El rendimiento de una batería puede expresarse de dos formas:

- FARÁDICO (Ah): Relación entre carga extraída (en Ah) y carga total (Ah) requerida para establecer el estado inicial de carga.
- ENERGÉTICO (Wh): Igual que el anterior, pero en Wh.

1.5.5 Tipos de Baterías para Aplicaciones con Energías Renovables

A partir de su aparición en 1859, las baterías han evolucionando, con lo que se ha desarrollado diferentes tecnologías que comprenden; uso de nuevos materiales, modelos, disposición de los elementos, que buscan mejorar rendimientos energéticos, vida útil, disminuir el mantenimiento, mejorar la seguridad, bajar costos, etc.

En algunos de los nuevos modelos es posible encontrar una nueva terminología que introducen los fabricantes de estos nuevos modelos, es así que aparece como la unidad de energía de vida, *LEU* en inglés (*Life Energy Unit*), el número de *LEUs* dado para una determinada unidad, representa el número de KWh que ésta será capaz de entregar durante su vida útil.

1.5.5.1 Baterías Pb-ácido convencionales

Son las más económicas y difundidas, requieren mantenimiento permanente, se debe vigilar el nivel de electrolito el mismo que debe ser nivelado periódicamente con agua destilada, su vida útil es limitada.

1.5.5.2 Baterías Pb-ácido libres de mantenimiento (SLI)

Son similares a las baterías convencionales Pb-ácido, que disponen de una malla de condensación para el vapor de agua que se produce en los procesos de carga y descarga, por lo tanto no requieren que se le adjunte agua destilada para corregir el nivel de electrolito.

Las baterías *SLI* de “bajo mantenimiento”, a veces comercializadas bajo el nombre de “baterías libres de mantenimiento”, a menudo utilizan aleaciones de plomo y calcio en las rejillas, el calcio aumenta el voltaje al que comienza a producirse el gaseo, pero reduce la cohesión del material activo de las placas, en consecuencia,

el calcio reduce el consumo de agua, pero también reduce la resistencia al ciclado de la batería, estas baterías son particularmente vulnerables a los daños por descargas profundas.

Su funcionamiento es similar a las baterías convencionales Pb-ácido, algunas disponen de una malla de condensación para el vapor de agua que se produce en los procesos de carga y descarga, por lo tanto no requieren que se le adjunte agua destilada para corregir el nivel de electrolito, además están sujetas a deterioro por grandes variaciones de temperatura, por esta razón muchos diseñadores de sistemas fotovoltaicos recomiendan fuertemente no utilizarlas en aplicaciones fotovoltaicas en países cálidos; sin embargo, la característica “libre de mantenimiento” resulta muy atractiva para algunos, y estas baterías se han utilizado extensamente en algunos países, como por ejemplo Brasil.

1.5.5.3 Baterías tubulares

Su principio de funcionamiento es similar al de las baterías convencionales Pb-ácido, pero en estas baterías los electrodos se reducen a hojas metálicas, las que son enrolladas formando un cilindro el separador de muy poco espesor, tiene depresiones donde se coloca el electrolito, el que tiene una estructura pastosa. Los cilindros así formados constituyen las celdas en esta nueva batería.

El diseño del separador y el alto grado de compactación entre electrodos ayudan a crear una estructura mecánica monolítica, la que se ve reforzada por el diseño de la caja, la que sigue las curvaturas de los cilindros internos.

El costo de estas baterías es mayor que el de una batería de Pb-ácido con electrolito líquido de muy buena calidad (30 al 50% mayor).

Las baterías de mejor calidad para uso fotovoltaico están hechas con placas tubulares y rejillas con bajo contenido de Sb-Se, con estas baterías se pueden alcanzar vidas útiles superiores a 8 años, con frecuencias de mantenimiento entre 1 y 2 veces al año, una desventaja particular de las baterías tubulares en sistemas fotovoltaicos domésticos es que no aceptan fácilmente regímenes de carga muy bajos, además son caras y están poco disponibles en los mercados actuales de los países en desarrollo.

1.5.5.4 Baterías con electrolito tipo GEL

Si los gases generados en la batería de Pb-ácido pueden ser parcialmente o totalmente recombinados, la caja de la batería puede ser hermética, esta solución es la usada en las baterías con electrolito gelatinoso o tipo gel (*gel cellbatteries*, en inglés), el grado de recombinación depende de la actividad química en el electrolito (valor de la corriente).

1.5.5.5 Baterías GEL-VRLA

Para situaciones de emergencia, como un cortocircuito externo, estas baterías poseen una válvula de seguridad, y de allí que también se las conozcan por la abreviatura inglesa VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) o Pb-ácido regulada por válvula.

1.5.5.6 Baterías AGM

Los vendedores de baterías herméticas ofrecen un sólo tipo de construcción, el que se conoce por las sigla inglesa AGM (*Aggregated Glass Mat*), la mejor traducción sería electrolito contenido en un conglomerado con paño absorbente (*mat*) cristalizado, el paño es el separador de placas, que está hecho de una estructura fibrosa fina de silicio y boro, la que tiene una apariencia cristalizada o de fibra de vidrio (*fiberglass*), el electrolito que ha sido reducido a una densa estructura gelatinosa, pasa a formar parte del conglomerado.

Las baterías de este tipo usan también un electrolito de ácido y agua, pero la solución tiene un grado de saturación menor que la del electrolito líquido.

Ventajas de las baterías AGM

- Toleran más abuso que otras baterías del tipo hermética, ya que el grado de recombinación de los gases de carga es algo superior al 99 %.
- Tienen una auto-descarga que no excede el 3% por mes (a 25°C).
- Pueden ser recargadas al 100%, aún si han perdido completamente su carga.

- Nunca despararrarán el electrolito (aún si se rompiere la caja), convirtiéndose en la solución ideal para instalaciones en donde el movimiento constituye un problema (boyas, embarcaciones o aviones).
- Resultan muy seguras cuando son instaladas dentro del hogar.
- No dejan escapar grandes cantidades de gases al ser cargadas (menos del 4% del total), siendo ideales en aviones o en instalaciones fotovoltaicas donde el banco de baterías debe ubicarse en un lugar habitable.
- Como no requieren mantenimiento (agregado de agua), se las usa en instalaciones donde la supervisión no es frecuente o nula, como repetidores telefónicos en la montaña. Esta característica puede ser útil cuando el usuario de un sistema FV no quiere o puede mantener el banco de batería. Muchos sistemas FVs integrales (sistemas listos para ser usados) incluyen este tipo de batería.
- Resisten mejor las bajas temperaturas ambientes.
- No necesitan ecualización.

Desventajas de las baterías AGM

- El costo es dos a tres veces superior al de una batería Pb-ácido con electrolito líquido.
- La corriente y el voltaje de carga son más bajos que para la de electrolito líquido (mayor tiempo de carga)
- No pueden ser almacenadas sin mantenimiento por periodos largos de tiempo, debido a su autodescarga, pueden producirse descargas profundas que repercuten en su vida útil.

1.5.5.7 Baterías Níquel-Cadmio (Ni-Cd)

Las baterías de Ni-Cd se caracterizan por ser de ciclo profundo, a pesar de su gran calidad no han podido suplantar a las baterías Pb-ácido, debido a su alto costo inicial (6 a 8 veces), a pesar que el costo operacional (costo a largo plazo) es mucho menor (5 veces) al de una batería del tipo Pb-ácido de igual capacidad.

Las baterías solares de Ni-Cd se fabrican con un procedimiento completamente diferente del usado para las versiones pequeñas, evitando el efecto "memoria" de dichas baterías (baterías para computadoras portátiles y celulares).

Las baterías solares de Ni-Cd usan un diseño llamado “placas con bolsillos” (*pocketplate*, en inglés), las placas son de acero inoxidable con depresiones (bolsillos) donde se coloca el material activo. El electrolito de estas baterías es una solución de agua e hidróxido de potasio, el que requiere una fina capa de aceite en la superficie superior para evitar su oxidación por el oxígeno del ambiente.

Ventajas de las baterías de Ni-Cd

- Toleran más abuso que su equivalente de Pb-ácido, ya que soportan sin dañarse cargas y descargas excesivas, y pueden trabajar con bajo estado de carga sin deteriorarse.
- Toleran una mayor PdD (cerca del 100%).
- Tienen una mayor eficiencia con bajas y altas temperaturas y soportan, sin problemas, una alta combinación de temperatura y humedad ambiente, esta última característica las convierte en la solución ideal para climas tropicales.
- No tienen problemas de sulfatación de las placas o congelación del electrolito.
- La autodescarga inicialmente elevada, disminuye con el tiempo permitiendo largos períodos de almacenamiento con una retención considerable de la carga inicial.
- La vida útil es de más de dos veces la de una batería solar de Pb-ácido de igual capacidad; los fabricantes de más experiencia con este tipo de baterías, las garantizan por 20 años.

Desventajas de las baterías de Ni-Cd

- La característica de descarga es la mayor desventaja, ya que el voltaje de salida permanece prácticamente constante (extremadamente baja resistencia interna) hasta que, súbitamente su capacidad de almacenaje se ve agotada, en ese momento el voltaje de salida cae en forma vertiginosa, no permitiendo al usuario tener un “aviso previo”.
- La evaluación del Estado de Carga requiere medir el voltaje de salida con un voltímetro que tenga la suficiente resolución y precisión para que la lectura contenga dos decimales significativos, ya que la diferencia en voltaje entre una celda cargada u otra descargada es muy pequeña (1,4V cargada; 1,1V descargada).

- El electrolito de una batería de Ni-Cd tiene un rol pasivo, sólo actúa como transportador de cargas, y por lo tanto no hay variación alguna en su densidad entre una celda cargada o descargada, no es posible usar un densímetro para determinar el Estado de Carga
- El bajo voltaje por celda obliga a la incorporación de un mayor número de celdas/batería para obtener voltajes cercanos a los 12V.

1.5.6 Diferencias entre Baterías para Aplicaciones con Energías Renovables y las Baterías para Vehículos

Existen varios casos reportados respecto a que una vez que una batería de un SFD (servicio de disposición final) se avería o ha concluido su vida, es remplazada por baterías convencionales usadas en vehículos, esta solución puede resultar ventajosa al inicio, particularmente por costo y disponibilidad de la alternativa, pero se convierte en un verdadero problema para el buen funcionamiento del SFD, por las siguientes razones:

- Las baterías de un sistema FV doméstico para uso nocturno deben entregar una corriente cercana o igual a su máximo, durante varias horas, sin poder ser recargadas.
- La batería en un automotor debe entregar, en menos de 30 segundos, una corriente transitoria cuyo valor pico alcanza 1.000 A (por unos 3 segundos), pero tiene asegurada una recarga inmediata, que continúa mientras el motor funcione.

Vemos entonces que el régimen de las cargas es completamente distinto, por lo tanto, los parámetros eléctricos que son importantes en una batería solar, como la capacidad (Ah) y la PdD, no tienen importancia en una batería automotriz.

La calidad de una batería solar está determinada por la capacidad de acumulación (Ah x V) y entrega (PdD) de energía durante largos períodos de actividad.

La calidad de una batería automotriz está relacionada con los valores de corriente que puede entregar durante el arranque, a temperaturas bajas.

Baterías solares de 250 Ah son frecuentemente usadas en sistemas FVs de bajo consumo para uso doméstico, mientras que la batería automotriz de mejor calidad sólo alcanza los 60 Ah.

Distintos requerimientos se traducen en distintas técnicas de construcción para las placas que forman las celdas, las de una batería solar tienen una mayor cantidad de material activo por unidad de volumen, para alargar la vida útil de las mismas.

En las baterías para automotor lo que importa es obtener una baja densidad de corriente (A/cm²) para minimizar la caída de voltaje por celda cuando circula la corriente de arranque, por ello usan placas de plomo esponjoso, el que ofrece la mayor superficie de conducción para un volumen dado, volumen de carga.

Esta diferencia de diseño hace que una batería solar de 6V (3 celdas), con volumen muy similar a la de 12 V para un automotor (6 celdas), pese más de 28 Kgs (62 lbs); el incremento del material activo explica, asimismo, el mayor costo asociado con las baterías solares.

Es evidente que una batería solar y otra de automotor son versiones totalmente diferentes, el análisis llevado a cabo refuerza el concepto dado en el capítulo anterior, donde se indicó que cada tipo de batería satisface las necesidades de una carga específica, si se usa para el banco de reserva baterías de automotores, su duración será extremadamente corta, viéndose obligado a cambiarlas frecuentemente, y comprometiendo el grado de confiabilidad del sistema.

1.5.7 Requisitos ambientales

Los SFD, por su naturaleza, generan impactos ambientales no relevantes tanto en su etapa de instalación como en su operación, sin embargo se deberá tener presente que, una vez cumplida su vida útil, varios de los dispositivos que conforman un SFD deben tener un manejo especial.

Las baterías utilizadas en los SFD contienen ácido sulfúrico y agua destilada que actúan como electrolito, el manejo o instalación inadecuados de la batería podría producir el derrame o evaporación de dicho electrolito así como la sulfatación (sulfato de calcio) a nivel de los bornes de la batería, existe el riesgo de quemaduras de la piel y ropa al contacto con dichos elementos, por lo que la

instalación y operación de la batería debe hacérsela por personal capacitado, así mismo la disposición final de la batería, una vez cumplida su vida útil, debe hacérsela en sitios especiales debido a que en su interior contiene plomo, que es un metal pesado y tóxico.

Por otro lado, las luminarias o lámparas recomendadas en los SFD son fluorescentes (tubulares o compactas), con una rendimiento lumínico muy superior a sus contrapartes incandescentes, sin embargo las luminarias fluorescentes contienen en su interior trazas de mercurio, que es un metal pesado de alta toxicidad, por lo que la sustitución de las luminarias se la debe hacer con cuidado, evitando al máximo romper las mismas, cambiándolas por otras nuevas y/o disponiendo las defectuosas en sitios específicamente destinados para ello.

1.6 Microcontrolador PIC

Un microcontrolador “ μc ” es un circuito programable que contiene todos los componentes de un computador, está presente en casi todos los equipos electrónicos en la actualidad, normalmente un microcontrolador dispone de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para Contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Algunas casas fabricantes de microcontroladores son:

Microchip
ATMEL
Motorola
Texas Instruments
Siemens

Los detalles más importantes del PIC son los siguientes:

- Sencillez de manejo: Tienen un juego de instrucciones reducido
- Buena información, fácil de conseguir y económica.
- Precio: Su costo es comparativamente inferior al de sus competidores.
- Poseen una elevada velocidad de funcionamiento. Buen promedio de parámetros: velocidad, consumo, tamaño, alimentación, código compacto, etc.
- Herramientas de desarrollo fáciles y baratas. Muchas herramientas software se pueden recoger libremente a través de Internet desde Microchip
- Existe una gran variedad de herramientas hardware que permiten grabar, depurar, borrar y comprobar el comportamiento de los PIC.
- Diseño rápido.
- La gran variedad de modelos de PIC permite elegir el que mejor responde a los requerimientos de la aplicación.

1.6.1 Arquitectura interna del PIC

Existen dos arquitecturas conocidas; la clásica de Von Neumann y la arquitectura Harvard como se detalla continuación:

- **Arquitectura Von Neumann Figura 1.6.1.1.-** Dispone de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta, a dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).⁵

⁵ **Fuente:** Ero - Pic, documento electrónico Internet (en línea) <
http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic03.html >

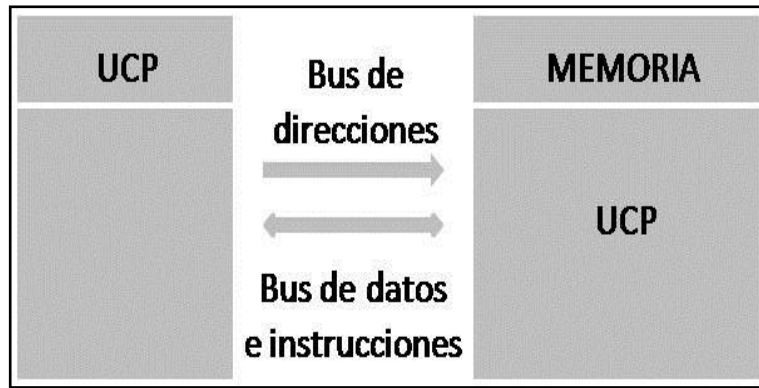


Figura 1.6.1.1: Arquitectura Von Neumann

Fuente: Ero - Pic, documento electrónico Internet (en línea) <
http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic03.html >

- **Arquitectura Harvard** Figura 1.6.1.2.- Dispone de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones, y otra que contiene sólo datos, ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias, ésta es la estructura para los PIC's.⁶

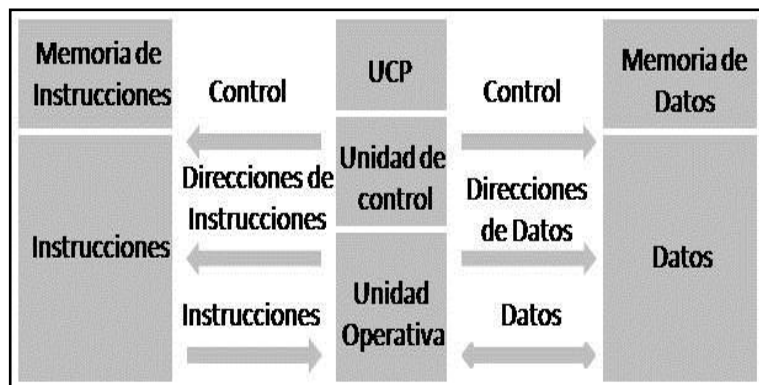


Figura 1.6.1.2: Arquitectura Harvard

Fuente: Ero - Pic, documento electrónico Internet (en línea) <
http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic03.html >

⁶ Fuente: Ero-Pic, documento electrónico Internet (en línea) <
http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic03.html >

1.6.2 Integrado de la serie 16F87XA

En la Figura 1.6.2 se visualiza el diagrama de Pines, de la familia media de Microcontroladores Microchip de la serie 16F87XX.

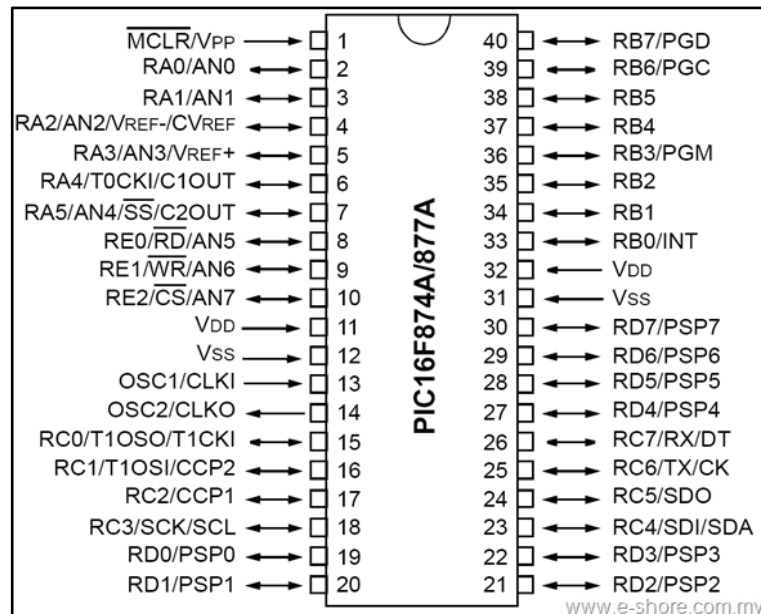


Figura 1.6.2: Diagrama de Pines del Microcontrolador Microchip de la serie 16F87XX

Fuente: MICROCHIP, PIC16F87XA Data Sheet, 2003, Pág.3; documento electrónico Internet (en línea) < <http://www.e-shore.com.my/homepage/attachments/article/102/PIC16F87XA.pdf> >

En el PIC 16F87XX la mayoría de líneas de Puerto E/S son de propósito general, excepto los detallados en la siguiente tabla 1.6.2

NOMBRE DEL PIN	NUMERO DEL PIN	FUNCION
(*) MCLR	1	Pin para generar un RESET externo
OSC 1	13	Pin para conexión del oscilador externo
OSC 1	14	Pin para conexión del oscilador externo
VSS	12 ó 31	Pin de referencia. Generalmente conectado a tierra
VDD	11 ó 32	Pin de Alimentación. Generalmente conectado a +5V

Tabla 1.6.2: Funciones especiales.

Fuente: Pérez, Microcontroladores I, 2005, Pág.4

1.6.2.1 Tipos de Puerto

Puerto A: Es un puerto de E/S de 6 pines (ra0.....ra5) cuyas líneas pueden ser configuradas como entradas salidas digitales o entradas analógicas, excepto el pin ra4 que es la entrada digital del conteo del timer0 cuando este es programado como contador de eventos externos.

Puerto B: Es un puerto de E/S digital de 8 bits, con “pull up” interno programable mediante software.

Puerto C: Es un puerto de E/S digital de 8 bits que multiplexa algunas funciones para sus líneas:

- Rc2 puede ser un pin de E/S digital o la salida de una onda PWM, generada a partir de un recurso de Hardware denominado modulo CCP.
- Rc6 y Rc7 pueden ser pines E/S digitales o los pines de comunicación para el USART; Tx y Rx respectivamente.

Puerto D: Es un puerto E/S digital de 8 bits que multiplexa funciones con el periférico denominado Puerto Paralelo Esclavo (PSP).

Puerto E: Es un puerto de E/S de tres pines (re0, re1 y re2) cuyas líneas pueden ser configuradas como entradas salidas digitales o entradas analógicas

1.7 MPLAB-IDE

El MPLAB IDE (“Integrated Development Environment”) es una Plataforma de Desarrollo Integrada bajo Windows, con múltiples prestaciones, que permite editar programas para PIC en lenguaje ensamblador (“assembler”) o en C.

1.7.1 Introducción a la programación en ensamblador

Desde que se concibe un programa hasta que se graba en la memoria del microcontrolador, suceden una serie de operaciones que se muestran en la Figura 1.7.1.

El primer paso de un diseño basado en microcontrolador consiste en escribir el código fuente del programa en el lenguaje seleccionado, posteriormente si el

lenguaje usado ha sido el ensamblador, se convierte a código ejecutable mediante el uso de un programa de ensamblador como el de la empresa Microchip, que se llama MPASM.

La depuración y simulación se realizará mediante el simulador software MPSIM (entorno DOS) o el MPLAB (entorno Windows).

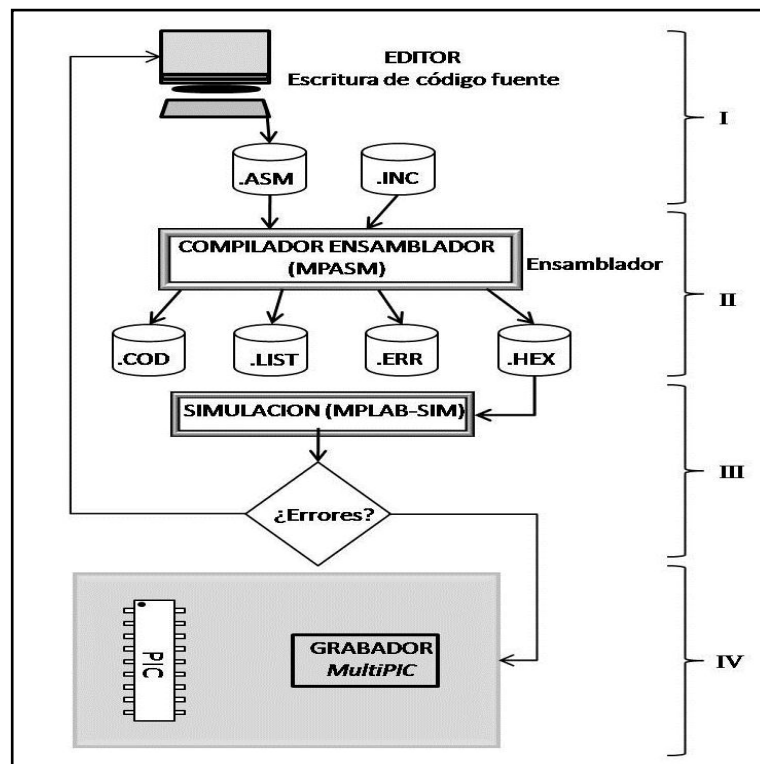


Figura 1.7.1: Organigrama de la secuencia a seguir para el grabado del microcontrolador.

Fuente: Ingeniería de Sistemas y Automática, Practica de Microntroladores PIC, Pág.3; ; documento electrónico Internet (en línea) < http://es.scribd.com/eduardo_gurrola/d/47705316-MPLAP-IDE >

1.7.1.1 Escritura del código fuente

El código fuente del lenguaje ensamblador está estructurado en columnas, cualquier texto que comience en la primera columna se considerará una etiqueta y será parte del campo de etiquetas.

Las siguientes tres columnas Figura 1.7.1.1 contienen el campo de instrucciones, el campo de datos y el campo de comentarios, los comentarios deben empezar con punto y coma (;) y pueden ir también en la primera columna.⁷

⁷ **Fuente:** < http://es.scribd.com/eduardo_gurrola/d/47705316-MPLAP-IDE >

1.7.1.2 Campo de etiquetas

Las etiquetas son nombres de subrutinas o secciones de código fuente, dando nombres a partes del programa, se posibilita que las instrucciones puedan saltar o hacer referencia a esas partes sin necesidad de recordar las direcciones físicas donde están ubicadas.

El ensamblador MPASM permite etiquetas de hasta 32 caracteres, una etiqueta puede ir seguida de dos puntos (:), espacios, tabuladores o RETURN.

Deben empezar por un carácter alfanumérico o de subrayado (_) y pueden contener cualquier combinación de caracteres alfanuméricos.⁸

1.7.1.3 Campo de instrucciones

La segunda columna corresponde al campo de instrucciones, puede ser una instrucción del microcontrolador o una instrucción para el ensamblador, llamada directiva.

1.7.1.4 Campo de datos

Contiene datos u *operandos* para las instrucciones, en los PICs, los datos pueden ser un registro, un bit de un registro, una etiqueta o un número constante (llamado literal).

Algunas instrucciones no llevan datos, si una instrucción necesita múltiples datos, deben separarse por comas (,).

La especificación de la base en la que se expresan los datos u *operandos* es opcional: d'65', b'01000001', 0x41, o'101' y 'A' son el mismo dato, el sufijo d o D se emplea para expresar un valor en decimal, el sufijo b o B expresa un valor en binario, para expresar un valor en hexadecimal se emplea el sufijo 0x ó 0X.

Un número en base octal se representa mediante el sufijo o ó O, finalmente un valor se puede expresar mediante un *carácter* ASCII y se encierra entre comillas simples como 'A'.⁹

⁸ Fuente: < http://es.scribd.com/eduardo_gurrola/d/47705316-MPLAP-IDE >

1.7.1.5 Campo de comentarios

El último campo es el del comentario, siempre que haya un punto y coma (;) como primer carácter, puede colocarse en cualquier lugar del código fuente.

Los comentarios en ensamblador son muy importantes, deben describir las tareas que realizan las instrucciones y/o subrutinas; sin comentarios, es muy difícil descifrar, algunos días después, el código fuente que uno ha creado.

El listado que se presenta a continuación en la Figura 1.7.1.1 presenta el aspecto del código fuente, con los campos de etiquetas, instrucciones, datos y comentarios recuadrados para su clara distinción.

1.7.1.6 Convenciones en la escritura del código fuente

Para hacer la tarea del programador más grata, se usan algunas convenciones; con ellas, se facilita la revisión y comprensión de un programa.

Algunas de las convenciones más utilizadas son:

- Los ficheros de código fuente llevarán la extensión *.ASM o *.SRC
- Los ficheros de listado llevarán la extensión *.LST
- Los ficheros de código objeto llevarán la extensión *.OBJ
- Los ficheros ejecutables llevarán la extensión *.HEX
- Los ficheros de errores de ensamblado llevarán la extensión *.ERR
- Los nemónicos escritos en mayúsculas hacen que el código escrito sea más visible.
- Comentarios explicando cada línea de código.
- El espacio entre caracteres se escribe “_”. RB0_ES_1 es más fácil de leer que RB0ES1.

⁹ Fuente: < http://es.scribd.com/eduardo_gurrola/d/47705316-MPLAP-IDE >

	List	p=16F84	;Tipo de procesador
	include	"P16F84.INC"	;Definiciones de registros internos
Resultado	equ	0x10	;Define la posición del resultado
	org	0x00	;Vector de Reset
	goto	Inicio	
Inicio	org	0x05	;Salva el vector de interrupción
	movlw	0x07	;Carga ler. sumando en W
	addlw	0x06	;Suma el 2º sumando
	movwf	Resultado	;Almacena el resultado
Stop	nop		;Poner breakpoint de parada
	nop		
	end		;Fin del programa fuente

ETIQUETAS INSTRUCCIONES DATOS COMENTARIOS

Figura 1.7.1.1: Ejemplo de listado de programa

Fuente: Fuente: Ingeniería de Sistemas y Automática, Practica de Microrcontroladores PIC, Pág.3; documento electrónico Internet (en línea) < http://es.scribd.com/eduardo_gurrola/d/47705316-MPLAP-

IDE >

CAPITULO II

INTRODUCCION AL DISEÑO DEL HARDWARE

Un buen diseño de un aerogenerador puede tener un funcionamiento incorrecto o llegar a destruirse si no se desarrolla un sistema adecuado de control.

El sistema de control será diferente en función del tamaño del aerogenerador, para pequeñas maquinas, el control será simple y normalmente pasivo, por el contrario para grandes maquinas y de alta potencia, el sistema de control será más complicado debido a los múltiples parámetros a medir y el aumento de precisión requerido.

Para el presente proyecto, se ha tomado en cuenta las características de un dispositivo que permite controlar: el voltaje generado por el aerogenerador 400w 12V, carga y descarga de las baterías, y conexión de a un sistema alternativo (resistencia disipadora de calor “niquelina”) en caso de voltajes que sobrepasan el ideal para la carga de batería, como también el control del embalamiento.

2.1 Misión

El “hardware” se entiende por el conjunto de circuitos electrónicos que soportan el trabajo de una aplicación basada en micro controlador.

El objetivo principal es el de; proteger y optimizar la vida útil de las baterías de almacenamiento de un sistema eólico de mediana potencia, esto se realiza manteniendo un rango de voltaje estándar para la carga de las baterías, el cual no sea menor a 11.7V (descarga crítica), y no sea mayor a 13.9V (sobrecarga). Así también el aislamiento del generador eólico, de las baterías, en caso de que las palas del aerogenerador no esté en movimiento.

Otra de las finalidades es aprovechar el voltaje excesivo de carga para alimentar un sistema alternativo (resistencia disipadora de calor “niquelina”), el cual permitirá el aprovechamiento del trabajo del aerogenerador eólico de 400w 12V, como también el control de embalamiento para proteger la vida útil del aerogenerador.

2.2 Funcionamiento de la turbina “aerogenerador”

2.2.1 Circuito abierto

La turbina genera de 0 a 6.5 voltios cuando las palas o aspas esta en movimiento y los cables de la turbina no están conectados a las baterías, como se muestra en la Figura 2.1, debido a los efectos de inducción de pequeños imanes permanentes en su rotor.

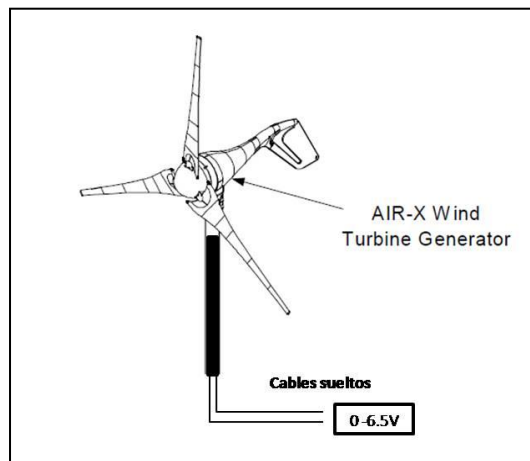


Figura 2.2.1: Cables sueltos.

2.2.2 Circuito cerrado

La turbina genera de 12 a 16.5 voltios cuando las palas esta en funcionamiento, cables conectados a las baterías como se muestra en la Figura 2.2

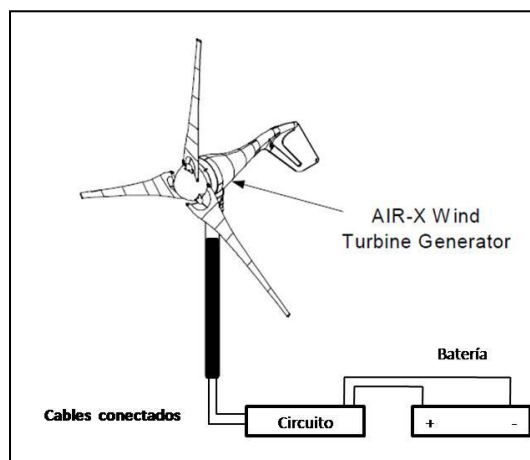


Figura 2.2.2: Circuito cerrado, carga de baterías.

2.3 Circuito de Alimentación

2.3.1 Circuitos de la fuente +5vdd

La turbina AIR-X 400W 12V, genera un voltaje en circuito abierto de 0 a 6,5 Vcc, este sirve como fuente de alimentación para la Placa de Control de Carga y Descarga de baterías.

Debido a que el hardware de control contiene elementos que funcionan a 5 Vdd, el voltaje de salida de la turbina en circuito abierto entra en un circuito regulador de voltaje, creado con un 78L05 como se muestra en la Figura 2.3.1

A su vez para reducir la corriente generada por la turbina en el ingreso de la fuente se conecta una resistencia cerámica de 1 Ω -2W de esta forma se protege a los componentes de la Tarjeta de Control ya que el PIC funciona con una corriente hasta de 400 mA.

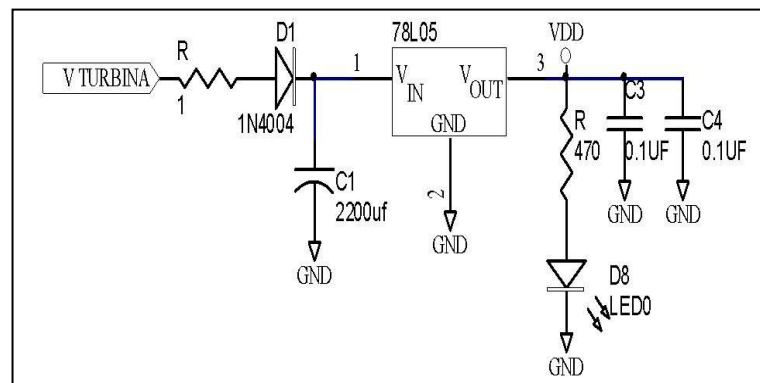


Figura 2.3.1: Fuente de alimentación.

2.4 Microcontrolador PIC 16F877A

Las características del microcontrolador “ μ c” 16F877A permiten que este sea el dispositivo principal de la tarjeta de control.

A continuación se detalla el trabajo que realiza cada una de sus partes.

2.4.1 Puerto A

Para la adquisición de los datos del aerogenerador se realiza por medio del Puerto A del μ c, dicho puerto se configura como entradas Analógicas (AN0, AN1, AN2, AN3).

Las variables a medir por el mencionado puerto son:

- Voltaje inicial de las baterías.
- Voltaje que suministra la turbina a las baterías (voltaje de carga)

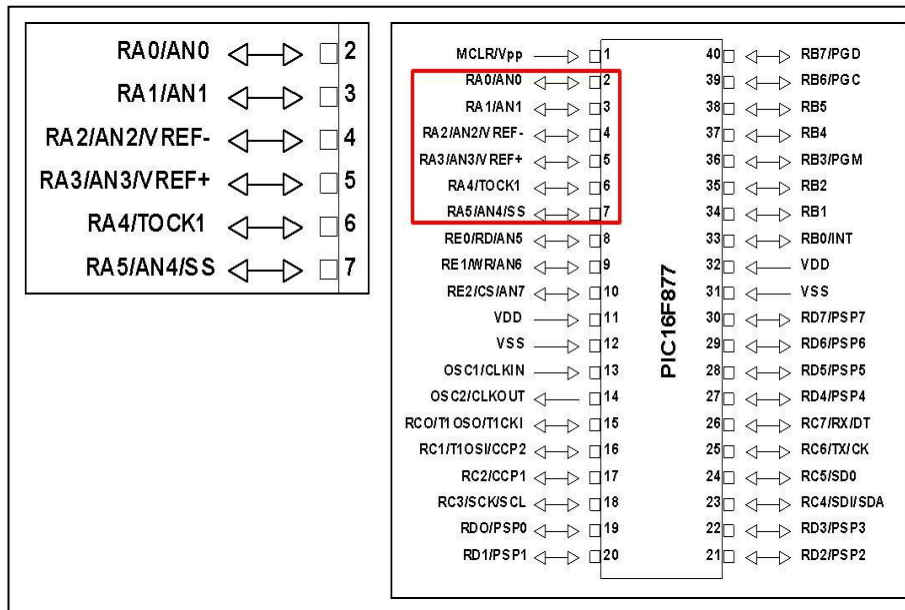


Figura 2.4.1: Ubicación del Puerto A en el PIC 16F877X.

Fuente: MICROCHIP, PIC16F87XA Data Sheet, 2003, Pág.3; documento electrónico Internet (en línea) < <http://www.e-shore.com.my/homepage/attachments/article/102/PIC16F87XA.pdf> >

2.4.1.1 AN0/Ra0

Es el que recibe los datos del voltaje de carga de las baterías, este varía desde 0 a 16.5V.

Debido a que el μ c tiene la posibilidad de manejar un voltaje de referencia superior e inferior en el conversor A/D, por medio de un partidor de tensión Figura 2.4.1.1 se regula el voltaje que genera la turbina para la carga de las baterías Figura 2.4.1.2, en Vdd (+5V) y Vss (Gnd), que son los voltajes que trabaja el PIC.

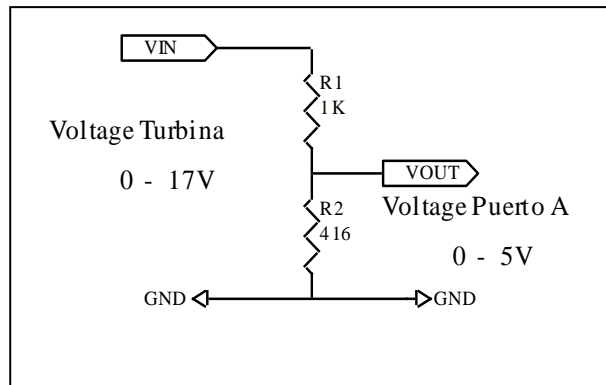


Figura 2.4.1.1: Partidor de tensión.

DATOS	VALOR
VIN	17V
VOUT	5V
R1	1K
R2	¿?

Tabla 2.4.1.1: Datos para el cálculo del partidor de tensión.

$$VOUT = VIN * \frac{R?}{R1 + R?}$$

$$R? = \frac{VOUT * R1}{VIN - VOUT}$$

$$R? = \frac{5 * 1000}{17 - 5}$$

$$R? = 416.6$$

Figura 2.4.1.2: Cálculo del Partidor de tensión.

2.4.1.2 Ra1

Esta entrada es la encargada de adquirir el dato del voltaje de las baterías, cuando se desconecta de la turbina como de la tarjeta de control, este es el que controla el nivel de carga de las baterías dentro del rango establecido (11.5 a 13.4V) para que éstas tengan una mejor vida útil, y en caso de sobrepasar el nivel máximo de carga (13.5V) proceda a funcionar el sistema alternativo.

2.4.1.3 Ra4

El pin es el encargado de controlar el pin RS del LCD Figura 2.4.1.4

2.4.1.4 Ra5

El pin 7 controla un transistor que es el encargado de cerrar el circuito a tierra y de esa forma conectar el cátodo del LCD a tierra como se muestra en la Figura 2.4.1.4

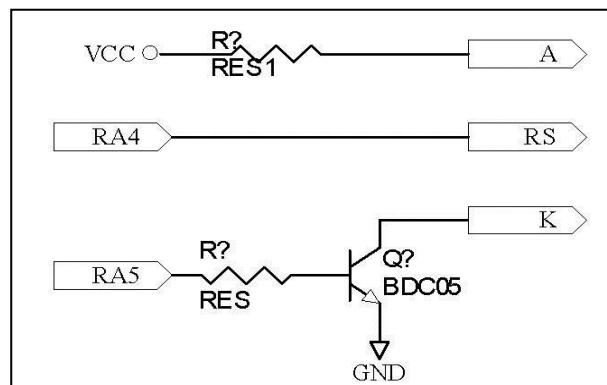


Figura 2.4.1.4: Circuito controlador del Ánodo Cátodo RS, del LCD.

2.4.2 Puerto B

Es un puerto de entrada/salida de 8 bits, con “pull up” interno programable por Software.

Este sirve para el control de las acciones que realiza la tarjeta como:

- Conexión de batería auxiliar para la tarjeta de control
- Conexión y desconexión del aerogenerador de las baterías
- Conexión y desconexión del inversor
- Conexión del aerogenerador al sistema alternativo

El puerto B consta de 8 pines como se muestra en la Figura 2.4.2

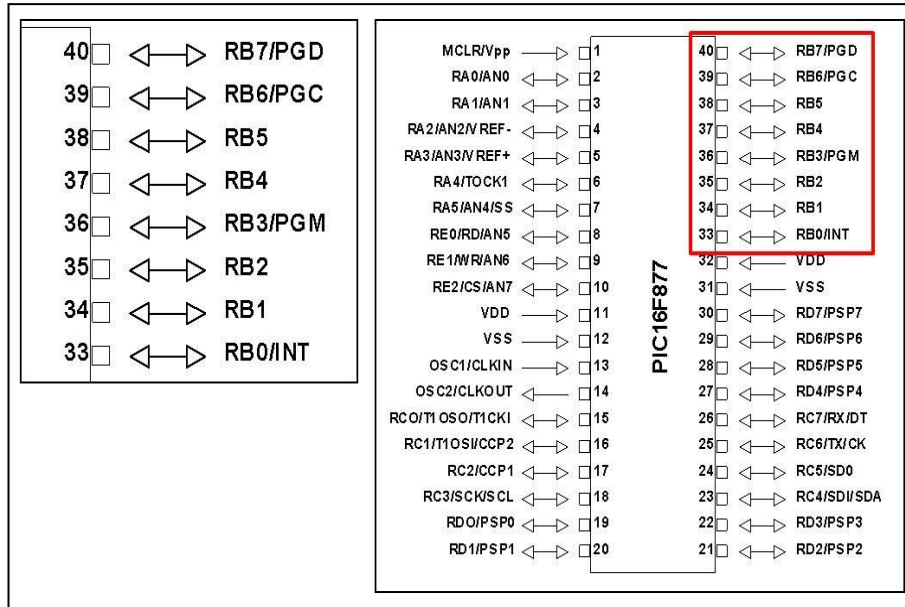


Figura 2.4.2: Puerto B del PIC16F87XA.

Fuente: MICROCHIP, PIC16F87XA Data Sheet, 2003, Pág.3; documento electrónico Internet (en línea) < <http://www.e-shore.com.my/homepage/attachments/article/102/PIC16F87XA.pdf> >

2.4.2.1 Rb0

En nivel cero “0” se alimenta directamente la tarjeta de control y en nivel 1 se aísla el voltaje que proviene de la turbina hasta la tarjeta de control, la señalización de esta acción se muestra cuando Ld1 se enciende una vez que este polarizado el transistor Q1.

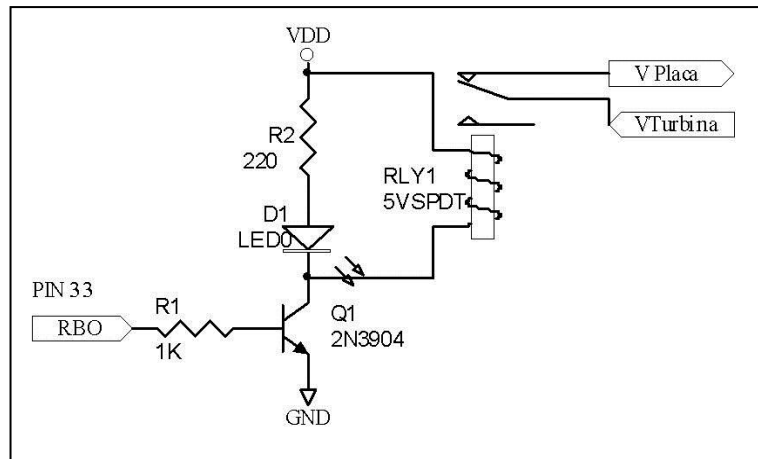


Figura 2.4.2.1: Circuito que activa y desactiva la alimentación de la placa.

2.4.2.2 Rb1

El nivel 0 aísla la batería auxiliar de la tarjeta de control, mientras que en nivel 1 se conecta la batería auxiliar a la tarjeta y también a la turbina para cargarse respectivamente, la señalización LED D2 se activa cuando se polariza el transistor Q2

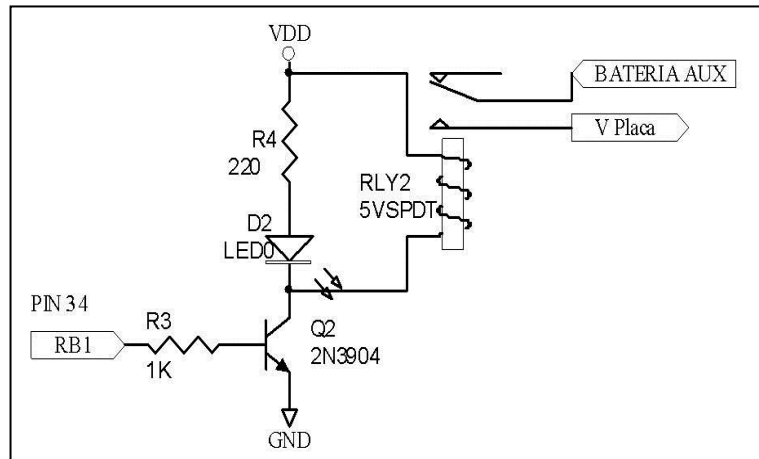


Figura 2.4.2.2: Circuito que conecta la batería auxiliar con la placa.

2.4.2.3 Rb2

En nivel 0 se aísla la batería de gel del aerogenerador, y en nivel 1 se conecta el aerogenerador para la carga de las baterías de gel, la señalización LED D3 se activa cuando se polariza el transistor Q3 para mostrar dicha acción.

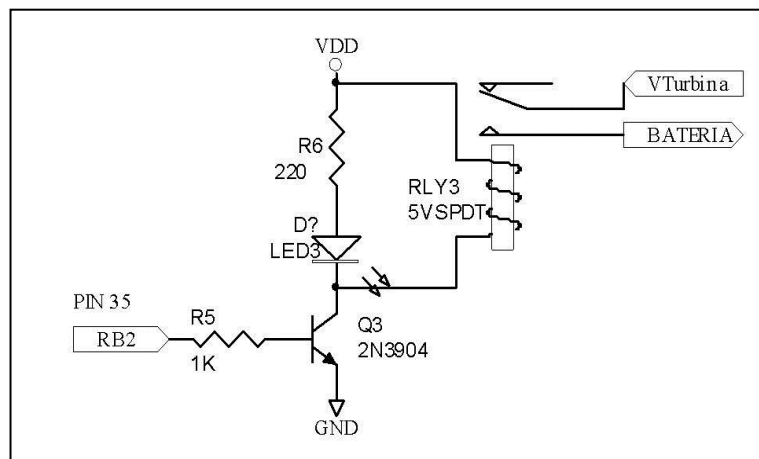


Figura 2.4.2.3: Circuito que conecta el voltaje generado por la turbina con las baterías.

2.4.2.4 Rb3

El nivel 0 aísla el inversor de las baterías, y en nivel 1 se conecta el inversor a las baterías por medio de la placa de control, dicha señalización LED D4 se activa cuando se polariza el transistor Q4.

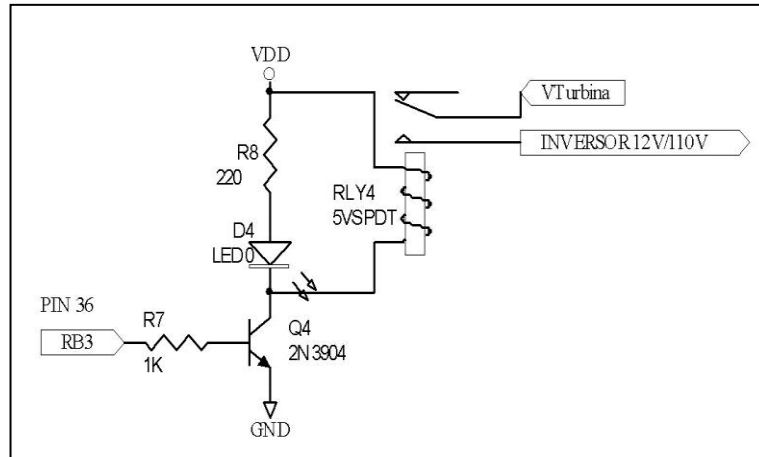


Figura 2.4.2.4: Circuito que conecta el inversor a las baterías.

2.4.2.5 Rb4

El nivel 1 activa el sistema alternativo (resistencia disipadora de calor “niquelina”), y el nivel 0 lo desconecta, dicha acción se visualiza mediante el LED 5.

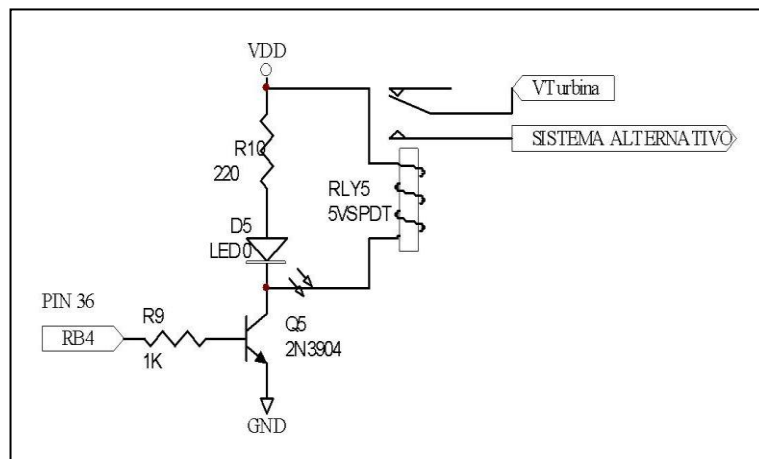


Figura 2.4.2.5: Circuito que conecta el sistema alternativo.

2.4.2.6 Rb5

El nivel 1 polariza el transistor Q6 para encender el LED 6 y nivel 0 apaga el LED 6 para de esta manera encender y apagar en el instante que se carga las baterías.

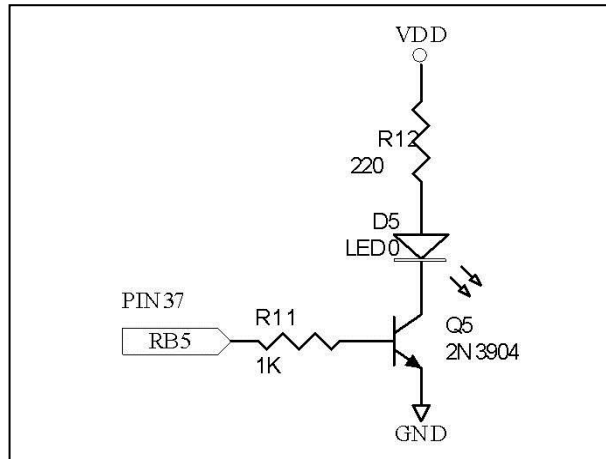


Figura 2.4.2.6: Circuito señalizador de la carga de las baterías.

2.4.2.7 Rb6 y Rb7

Son líneas de entrada digital 0 y 1 que son configuradas mediante software; los valores son generados mediante pulsantes como se ve en la Figura 2.4.2.7, para luego ser asimiladas por RB6 y RB7, y de esta forma poder controlar un rango que es establecido por software.

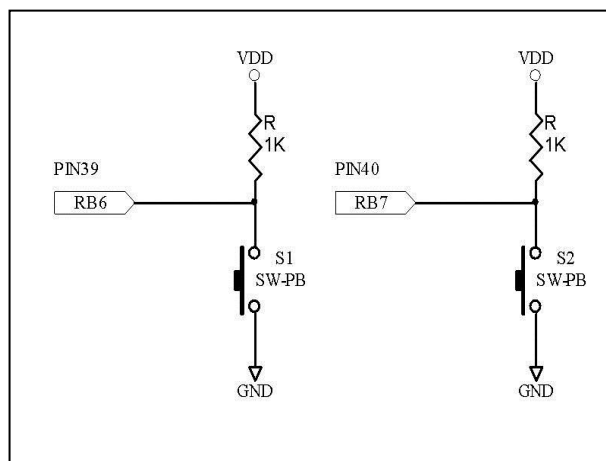


Figura 2.4.2.7: Circuito que genera "0" y "1" para RB6 y RB7.

2.4.3 Puerto D

Es un puerto de Entrada / Salida digital de 8 bits (Rd0 a Rd7) como se muestra en la Figura 2.4.3

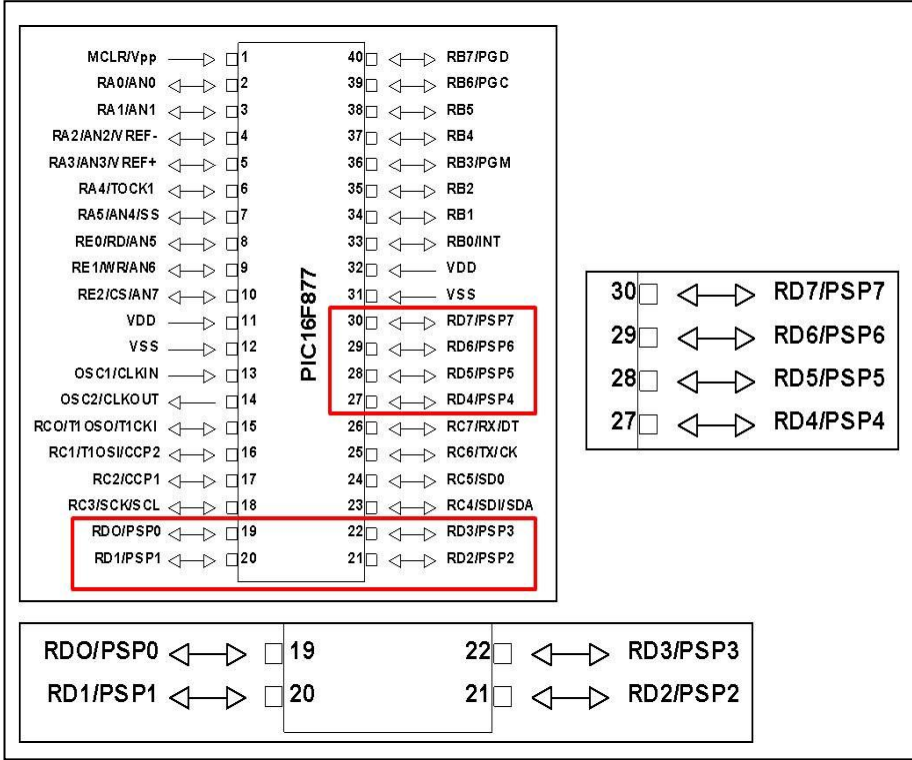


Figura 2.4.3: Puerto D PIC 16F87XA.

Fuente: MICROCHIP, PIC16F87XA Data Sheet, 2003, Pág.3; documento electrónico Internet (en línea) < <http://www.e-shore.com.my/homepage/attachments/article/102/PIC16F87XA.pdf> >

2.4.3.1 Rd0.....Rd7

Los 7 pines se configuran como bus de datos en PPS “Puerto Paralelo Esclavo” para enviar datos al LCD como se muestra en la Figura 2.3.3.1

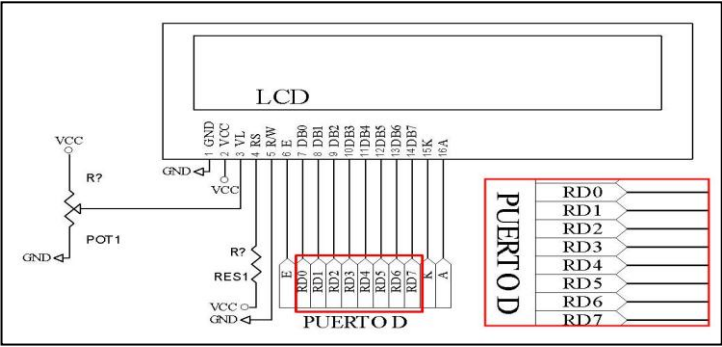


Figura 2.4.3.1: Puerto D del PIC, Bus de datos para el LCD

2.5 LCD

Cada pin tiene un funcionamiento específico y esta ilustrado en la siguiente tabla.

PIN	SIMBOLO	DESCRIPCION
1	VSS	Línea de alimentación GND
2	VDD	Alimentación de +5V
3	VL	Contraste del cristal liquido controlado por un potenciómetro.
4	RS	Selección de control/registro de datos, pin de control RA4.
5	R/W	Señal de Lectura/Escritura, "0" para escritura, "1" lectura.
6	E	Habilitación del modulo "0" desconectado, "1" conectado, pin de control RC0.
7-14	BD-BD7	Bus de datos bidireccional, controlado por el puerto D
15	K	Katodo, polarización negativa para el LED, pin de control RA5
16	A	Ánodo, conexión a VDD por medio de una resistencia.

Tabla 2.5: Pines del LCD y qué función cumplen c/u.

2.6 Circuitos para pines con funciones especiales

2.6.1 Circuito oscilador

Para lograr un circuito oscilador en los microcontroladores de la serie 87X es necesario conectar entre los pines OSC1 y OSC2 un cristal con dos condensadores conectados a tierra como se muestra en la Figura 2.6.1, para forma un oscilador de tipo HS (oscilador a cristal cuya frecuencia es mayor a 8Mhz).

Para lograr un oscilador de 20Mhz es necesario condensadores de 15-33pfy un cristal de 20Mhz (Ver tabla 2.6.1)

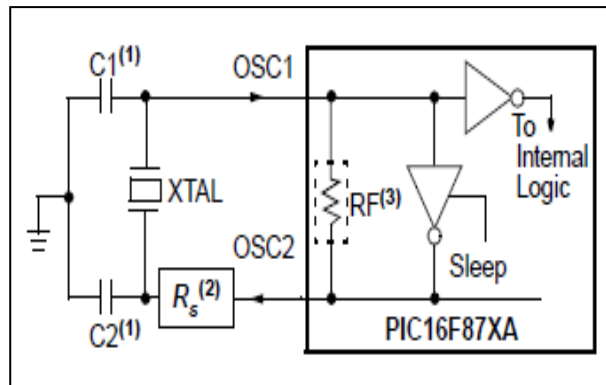


Figura 2.6.1: Circuito oscilador a cristal.

Fuente: MICROCHIP, PIC16F87XA Data Sheet, 2003, Pág.145; documento electrónico Internet (en línea) < <http://www.e-shore.com.my/homepage/attachments/article/102/PIC16F87XA.pdf> >

Osc Type	Crystal Freq.	Cap. Range C1	Cap. Range C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF

Tabla 2.6.1: Tabla de valores para frecuencia de oscilación.

Fuente: MICROCHIP, PIC16F87XA Data Sheet, 2003, Pág.146; documento electrónico Internet (en línea) < <http://www.e-shore.com.my/homepage/attachments/article/102/PIC16F87XA.pdf> >

2.6.2 Circuito de *reset* externo

Generar un *reset* a un microcontrolador significa que la ejecución del programa regresa a la primera instrucción (llamado también Vector de “*reset*”), para generar un *reset* externo es necesario llevar a cero durante un determinado tiempo el pin 1 (MCLR) del μ c. La Figura 6.2 muestra el circuito a utilizar.

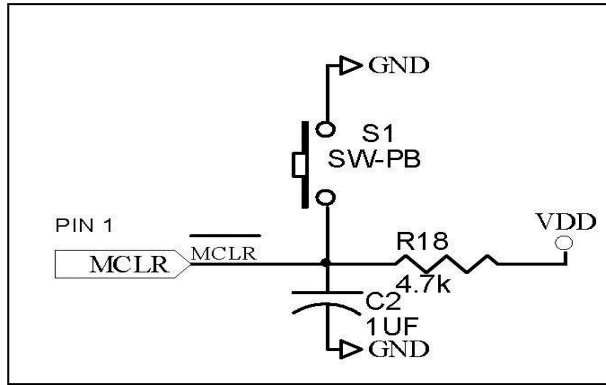


Figura 2.6.2: Circuito Reset externo para el PIC 16F877A.

2.7 Circuito final

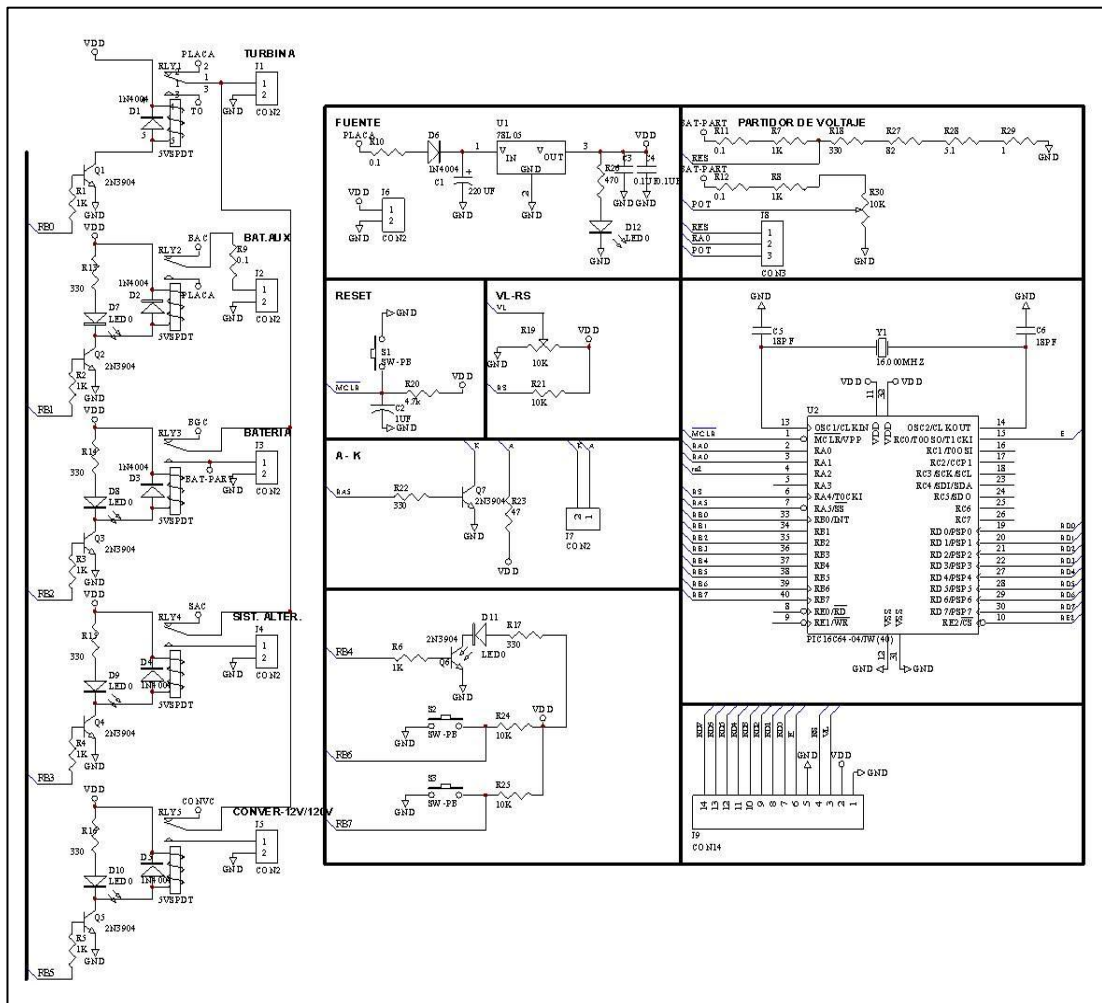


Figura 2.7: Diagrama completo del circuito.

2.8 PCB

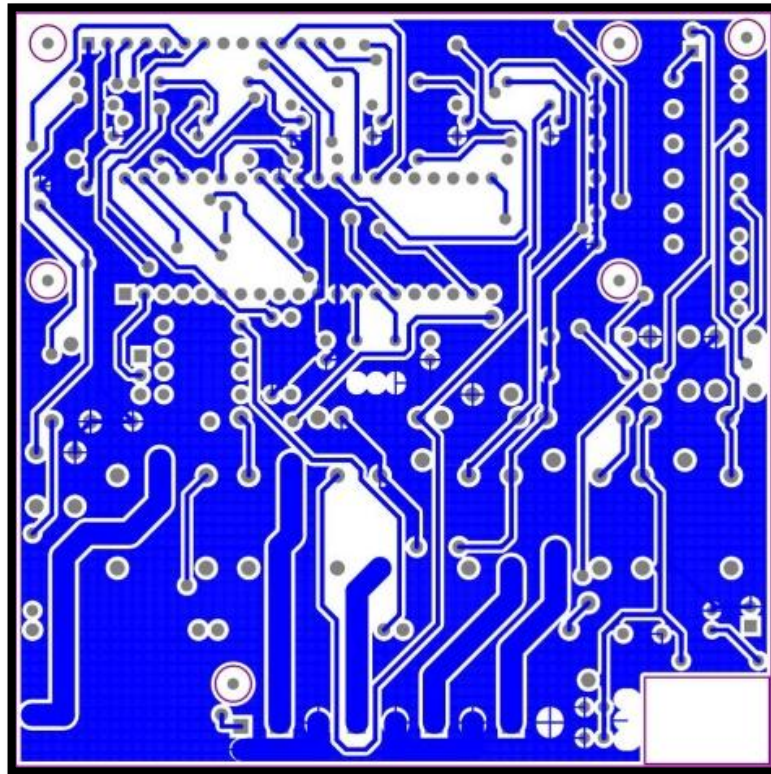


Figura 2.8: Lado A.

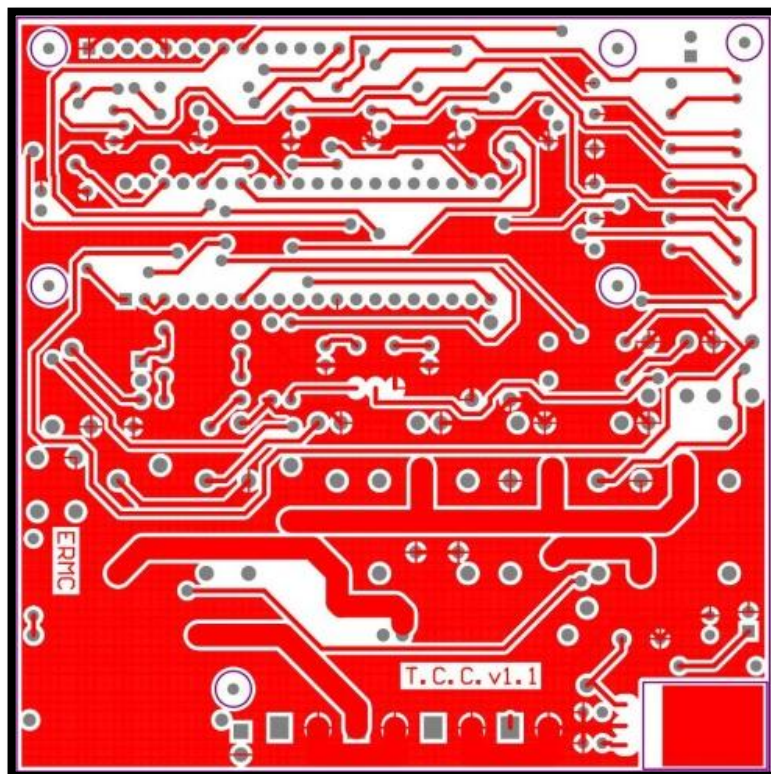


Figura 2.8: Lado B.

CAPITULO III

DISEÑO DEL FIRMWARE PARA EL CONTROL DEL HARDWARE

3.1 Configuración del PIC 16F87XX en lenguaje ensamblador MPLAB

3.1.1 Cabeza del programa

Dentro del encabezamiento de programa normalmente se define las directivas que muestra la Figura 3.1.1.

LIST.- Este comando sirve para que el compilador tenga en cuenta sobre qué procesador se está trabajando.

#INCLUDE.- Esta directiva indica que archivos deberán tomarse en cuenta a la hora de compilar el código. Normalmente se usa para incluir el archivo de PIC que el ensamblador tiene entre sus archivos, con el cual el compilador será capaz de reconocer todos los registros especiales y sus bits.

```

PROGRAMA PARA LA PRUEBA DE LA TURBINA EOLICA
  TESIS: EDWIN MEJIA
        FABIAN GUAPISACA
CONTROL DE CARGA Y DESCARGA DE UNA BATERIA
ACTIVACION DE SISTEMA ALTERNATIVO
(RESISTENCIA DESIPADORA CONTROL DE VELOCIDAD)

list P=16f877a
#include <p16f877a.inc>
errorlevel= 305
errorlevel= 302
```

Figura 3.1.1: Cabeza del programa.

3.1.2 Declaración de símbolos y variables

Mediante la directiva **equ** que viene de la palabra "equal" (igual), permite al programador "igualar" nombres personalizados a datos o direcciones, los nombres utilizados se refieren generalmente a direcciones de dispositivos, datos numéricos, direcciones de comienzo, direcciones fijas, posiciones de bits, etc, un nombre es más descriptivo que una simple dirección y la tarea de programar se hará mucho más sencilla, también se asigna un nombre a una instrucción que se repita varias veces a lo largo de un algoritmo, de manera que sea mucho más sencilla la

programación, a estos nombres que asignados mediante esta directiva se les denomina constantes, ya que el registro al que apuntan no variará durante el programa.

```

=====
;ZONA DE DECLARACIÓN DE SÍMBOLOS Y VARIABLES.
=====
;contadores para demoras.
cont1      equ    0x20      ;contadores para demora
cont2      equ    0x21
cont3      equ    0x22
;multiplicadores para demora
N          equ    0x23      ;factores de demora
M          equ    0x24
;otras variables
index      equ    0x25      ;índice de tabla de códigos 7 segmentos de 10
size       equ    0x27      ;tamaño del cartel
ch cont    equ    0x28      ;cntador de caracteres para cartel
dato       equ    0x2b
low_limit  equ    0x30
high_limit equ    0x38
eolico     equ    0x39
dato1      equ    0x3a
resistencia equ    0x3b
envalamiento equ    0x3c
dato3      equ    0x3d
cont4      equ    0x3e
bajo       equ    0x3f
contmax    equ    0x40
contcar    equ    0x41
valor9     equ    0x42
valor3     equ    0x43
dos55     equ    0x44
dato2      equ    0x45
dato4      equ    0x46
cerouno    equ    0x47
digit3     equ    0x48
dies8      equ    0x49
dato5      equ    0x4a
min        equ    0x4b
carga      equ    0x4c
carga1     equ    0x4d
carga2     equ    0x4e
conver     equ    0x4f
luz        equ    5        ;pin ra5
rs         equ    4        ;pin ra4
e          equ    0        ;pin rc0
    
```

Figura 3.1.2: Declaración de constantes.

3.1.3 Directiva ORG

Esta directiva indica al ensamblador a partir de que posición de memoria de programa se situarán las siguientes instrucciones, rutinas de comienzo, subrutinas de interrupción, y otros programas deben comenzar en locaciones de memoria fijados por la estructura del microcontrolador.

La directiva ORG hace al compilador colocar el código que le sigue en una nueva dirección de memoria (la salida del compilador no solo coloca los códigos de operación sino también las direcciones de cada instrucción del programa),

usualmente se la utiliza para: reset, programas de servicios de interrupción, programa principal, subrutinas. Figura 3.1.3

```

=====
;
; INICIO DEL CÓDIGO DEL PROGRAMA
;
;
;          org 0
;          goto inicio          ;vector de RESET.
=====

```

Figura 3.1.3: Directiva ORG.

3.1.4 Estructura de letreros a visualizar en el LCD

Se compone de varias tablas ordenadas con palabras, letras y números, que se va a mostrar en el LCD. La Figura 3.1.4.1 muestre un ejemplo de la estructura del letrero en código ascii.

```

=====
;
; tabla          addwf PCL,1
;                ;===== index = 0
;                ;===== size  = 14
;                retlw ' '
;                retlw ' '
;                retlw 'U'
;                retlw 'N'
;                retlw 'I'
;                retlw 'V'
;                retlw 'E'
;                retlw 'R'
;                retlw 'S'
;                retlw 'I'
;                retlw 'D'
;                retlw 'A'
;                retlw 'D'
;                retlw ' '
;                retlw ' '
;
=====

```

Figura 3.1.4.1: Estructura del letrero código ASCII.

La Figura 3.1.4.2 muestra la estructura de las tablas escritas en código decimal, estas se utilizan para comparar valores de un dato adquirido o establecido.

```

;=====
tabla0          addwf PCL,1
                retlw d'14'
                retlw d'29'
                retlw d'44'
                retlw d'59'
                retlw d'74'
                retlw d'89'
                retlw d'104'
                retlw d'119'
                retlw d'134'
                retlw d'149'
                retlw d'164'
                retlw d'179'
                retlw d'194'
                retlw d'209'
                retlw d'224'
                retlw d'239'
                retlw d'254'
                retlw d'255'

```

Figura 3.1.4.2: Estructura del letrero código decimal.

3.2 Configuración del programa principal

Parte en la cual se establece condiciones, en las que trabaja y se controla el PIC, configuración; de puertos (A, B, C, D) y registros.

3.2.1 Configuración de puertos

3.2.1.1 Puerto A

RA0.- Esta configurado como entrada analógica, de esta forma permite testear el valor de voltaje que proviene del aerogenerador.

RA1.- Configurado como entrada analógica, de esta forma permite testear el valor de voltaje que proviene de la batería.

RA4.- Configurado como salida digital, controla el (RS) del LCD.

RA5.- Configurado como salida digital, para activar el diodo LED del LCD.

Los detalles antes mencionados se muestra en la Figura 3.2.1.1

```

;=====
;CONFIGURACION
;=====
;CONDICIONES INICIALES DEL SISTEMA
inicio bsf      3,5          ;Cambio al banco 1 STATUS BIT5=1
        bsf      5,0          ;configuro como entrada Analogica RA0
        bsf      5,1          ;configuro como entrada Analogica RA1
        bcf      5,4          ;ra4 salida "senal"
        bcf      5,5          ;ra5 salida para backliot

```

Figura 3.2.1.1: Configuración del Puerto A.

3.2.1.2 Puerto B

Es el puerto que controla los relés activándolos y desactivándolos durante momentos específicos en el ciclo del programa, se configuran como líneas digitales de salida a través de un “0” o “1” Figura 3.2.1.2a desde RB0 hasta RB5.

```

;-----
; CONFIGURACION
;-----
; CONDICIONES INICIALES DEL SISTEMA
inicio  bsf      3,5      ;Cambio al banco 1 STATUS BIT5=1
        bsf      5,0      ;configuro como entrada Analogica RAO
        bsf      5,1      ;configuro como entrada Analogica RA1
        bcf      5,4      ;ra4 salida "señal"
        bcf      5,5      ;ra5 salida para backligt
        bcf      6,0      ;rb0 salida Digital
        bcf      6,1      ;rb1 salida Digital
        bcf      6,2      ;rb2 salida Digital
        bcf      6,3      ;rb3 salida Digital
        bcf      6,4      ;rb4 salida Digital
        bcf      6,5      ;rb5 salida Digital
        bsf      6,6      ;rb6 entrada Digital
        bsf      6,7      ;rb7 entrada Digital

```

Figura 3.2.1.2A: Configuración Puerto B salidas digitales RBO-RB5.

RB6 y RB7 se configuran como entradas digitales Figura 3.2.1.2b mediante las cuales al captar un “0” o “1” provocan un evento a controlar.

```

;-----
; CONFIGURACION
;-----
; CONDICIONES INICIALES DEL SISTEMA
inicio  bsf      3,5      ;Cambio al banco 1 STATUS BIT5=1
        bsf      5,0      ;configuro como entrada Analogica RAO
        bsf      5,1      ;configuro como entrada Analogica RA1
        bcf      5,4      ;ra4 salida "señal"
        bcf      5,5      ;ra5 salida para backligt
        bcf      6,0      ;rb0 salida Digital
        bcf      6,1      ;rb1 salida Digital
        bcf      6,2      ;rb2 salida Digital
        bcf      6,3      ;rb3 salida Digital
        bcf      6,4      ;rb4 salida Digital
        bcf      6,5      ;rb5 salida Digital
        bsf      6,6      ;rb6 entrada Digital
        bsf      6,7      ;rb7 entrada Digital

```

Figura 3.2.1.2B: Configuración Puerto B entradas digitales RB6-RB7.

3.2.1.3 Puerto D

Configurado como un bus de datos PPS “Puerto Paralelo Esclavo” Figura 3.2.1.3 por el cual se trasmite los diferentes códigos para ser visualizados en un LCD como letras y números.

```

;-----
; CONFIGURACION
;-----
; CONDICIONES INICIALES DEL SISTEMA
inicio bsf 3,5 ;Cambio al banco 1 STATUS BIT5=1
        bsf 5,0 ;configuro como entrada Analogica RA0
        bsf 5,1 ;configuro como entrada Analogica RA1
        bcf 5,4 ;ra4 salida "señal"
        bcf 5,5 ;ra5 salida para backligt
        bcf 6,0 ;rb0 salida Digital
        bcf 6,1 ;rb1 salida Digital
        bcf 6,2 ;rb2 salida Digital
        bcf 6,3 ;rb3 salida Digital
        bcf 6,4 ;rb4 salida Digital
        bcf 6,5 ;rb5 salida Digital
        bsf 6,6 ;rb6 entrada Digital
        bsf 6,7 ;rb7 entrada Digital
        clrf 8 ;PORTD como salida bus de datos

```

Figura 3.2.1.3: Configuración Puerto D como salida de bus de datos.

3.2.2 Configuración de registros

3.2.2.1 Registro ADCON0, ADCON1

Los registros ADCON0 y ADCON1 permiten controlar, configurar y poner en marcha al convertor.

Los bits 6 y 7 del registro ADCON0 sirven para ajustar la frecuencia del oscilador del convertor, que está ligada directamente con la frecuencia de oscilación del μC , los bits 3, 4 y 5 sirven para elegir el canal de conversión, el bit 2 sirve para iniciar la conversión, debe ponerse en nivel lógico alto (1) para comenzar el proceso de conversión; automáticamente este bit pasará a nivel lógico bajo (0) cuando la conversión haya finalizado, el bit 1 no se usa, el bit 0 sirve para activar el módulo de conversión. Si este bit está a nivel lógico bajo, el módulo de conversión estará deshabilitado.

El registro ADCON1 es el encargado de definir qué pin del μC se usa como entrada analógica, esto es muy útil cuando, por ejemplo, se usa un mismo terminal del μC como salida/entrada digital y en un determinado momento se quiere que ese mismo terminal lea un voltaje analógico externo, este registro también es el responsable de la selección de la "justificación" del resultado de la conversión (bit 7) y de configurar cual/es serán los terminales donde aplicaremos la tensión de referencia en caso de necesitarla.

A continuación Figura 3.2.2.1 se visualiza un segmento de programa en el que se configura los registros antes mencionados.

```

;-----
;Configuracion del ADCON1
;-----
                movlw b'00000111'      ;líneas analogicas 00000111
                movwf ADCON1
;-----
;CONFIGURACION DEL ADCON0
;-----
;Banco 0
                bcf 3,5                ;banco 0
                movlw b'10000000'      ;carga en w=10000000
                movwf ADCON0           ;fosc/32

```

Figura 3.2.2.1: Segmento de configuración del ADCON0 y ADCON1.

3.3 Firmware de la tarjeta de control de carga y descargas de baterías para un sistema eólico

3.3.1 Inicio del Firmware

Mediante las instrucciones orientadas a bits se limpia el puerto B (bcf 6,0; bcf 6,1;.....; bcf 6,5) y con instrucciones orientadas a registros (clrf ADRESH) se limpia los registros a utilizar, como se muestra en la Figura 3.3.1

Posteriormente Figura 3.3.1.2 se procede al encendido del LCD mediante la subrutina (ini_lcd) como también el encendido del “back lait” con la instrucción orientada a bits.

```

;=====
;BLOQUE DEL PROGRAMA PRINCIPAL
;=====
;-----
                bcf 3,5 ;banco 0
;-----
                bcf 6,0 ;limpio rb0
                bcf 6,1 ;limpio rb1
                bcf 6,2 ;limpio rb2
                bcf 6,3 ;limpio rb3
                bcf 6,4 ;limpio rb4
                bcf 6,5 ;limpio rb5
;-----
                clrf dato
                clrf dato1
                clrf dato2
                clrf dato3
                clrf dato4
                clrf dato5
                clrf dies8
                clrf valor9
                clrf valor3
                clrf cont4
                clrf contmax
                clrf contcar
                clrf dos55
                clrf digit3
                clrf cerouno
                clrf ADRESH

```

Figura 3.3.1: Instrucciones dirigidas a bits y registros.

```

call    ini_lcd ; inicio el LCD
bsf     5,luz   ; enciendo backlait

```

Figura 3.3.1.2: Subrutina “ini-lcd”.

La instrucción “bsf” coloca a “nivel lógico 1” al RB2 el cual activa al Rele 2 para conectar la batería con la tarjeta de control Figura 3.3.1.3.

Una vez realizado el segmento de programa descrito anteriormente accede a las subrutinas de los letreros a visualizarse en el LCD.

```

-----
bsf     6,2      ;ENCIENDO RELE 2 CONECTO LA BATERIA
call    Present ;cartel ***[TARGETA DE CONTROL DE CARGA VER 1.00]***
call    primero ;cartel ***[UNIVERSIDAD DEL AZUAY]***

```

Figura 3.3.1.3: Bloque de programa que acciona el RELE 2.

Se fija el volar mínimo del rango de voltaje de la descarga de la batería en 11.5 V (d’180’) la cual se graba dentro de la dirección de nombre “bajo”. Posteriormente se activa el conversor A/D para obtener el valor que representa al voltaje de la batería en ese instante.

Una vez con los dos valores antes mencionados procedemos a realizar la comparación mediante la subrutina “lim_min” Figura 3.3.1.4, a la vez es necesario saber el valor de voltaje que suministra el aerogenerador “vrf_carga”, para pasar a la subrutina de “carga_bat” o a la subrutina de “no_carga”.

```

movlw   d'180'      ;12.0V rango minimo de funcionamiento
movwf   bajo
call    limpia
call    volt_bateria ;CARTEL (-X-X-X-)
call    verifica_bat
call    con_volt
call    cuatroseg
call    lim_min
call    vrf_carga

```

Figura 3.3.1.4: Bloque de programa que llama a las subrutinas.

3.3.2 Subrutina Carga_bat. Figura 3.3.2.1a

Llama al letrero “baterías” el cual se visualizara en el LCD para indicar que se esta produciendo la carga de baterías, a continuación se activara el LED 4 de señalización a través de RB4.

Mediante “carga_eolico” se toma el valor de carga en ese instante para visualizarlo y luego compararlo con el valor constante establecido 13.0 V (d’202’), en la

dirección de nombre “high_limit” para proceder con la carga de baterías o pasar al sistema alternativo mediante la subrutina “sis_alter”. Figura 3.3.2.1b

```

=====
;
carga_bat      call  baterias
                bsf   6,4           ;enciendo LED4 parpadeo
                bsf   6,3           ;enciendo LED4 parpadeo
                call  elige_rango
                call  cargando ;cartel ***[CARGANDO]***
                call  carga_eolico
                call  borra           ;cartel ***[      ]***
                call  sis_alter
                bcf   6,4
                movlw d'5'
                movwf contmax
                movf  contcar,w
                subwf contmax
                btfsc 3,0
                goto  carga_bat
                goto  vrf_carga
                return
=====

```

Figura 3.3.2.1A: Subrutinas “carga_bat”.

```

=====
;
carga_eolico   call   elige_rango
                bcf   6,4
                bsf   6,2
                call  verifica_bat
                call  con_volt
                incf  contcar
                bsf   6,4
                return

;
sis_alter      call   elige_rango
                bcf   6,4
                call  dem_1s
                movlw d'202'           ;13.5v
                movwf high_limit
                movf  dato,w
                movwf resistencia
                movf  resistencia,w
                subwf high_limit
                btfsc 3,0
                goto  continue
                goto  act_resis
                return
=====

```

Figura 3.3.2.1B: Bloque del programa “carga_eólico”, “sis_alter”.

3.3.3 Funcionamiento del sistema alternativo

Cuando el software se encuentre en el control del sistema alternativo Figura 3.3.3, es necesario conocer el valor máximo de voltaje para proteger a la turbina en caso de embalamiento. Este valor 14.0V (d'209) se establece dentro da la subrutina “paro”.

3.4 Subrutinas

Es la encargada de repetir varias veces un proceso de contadores que decrecen según el número cargado en “N” y “M” para lograr un tiempo requerido, como se ve en la Figura 3.4.

```

;-----
; CONFIGURACION
;-----
; CONDICIONES INICIALES DEL SISTEMA
inicio  bsf      3,5      ;Cambio al banco 1 STATUS BIT5=1
        bsf      5,0      ;configuro como entrada Analogica RA0
        bsf      5,1      ;configuro como entrada Analogica RA1
        bcf      6,0      ;rb0 salida Digital
        bcf      6,1      ;rb1 salida Digital
        bcf      6,2      ;rb2 salida Digital
        bcf      6,3      ;rb3 salida Digital
        bcf      6,4      ;rb4 salida Digital
        bcf      6,5      ;rb5 salida Digital
        bsf      6,6      ;rb6 entrada Digital
        bsf      6,7      ;rb7 entrada Digital
        clrf     8        ;PORTD como salida bus de datos
        bcf      5,4      ;ra4 salida "señal"
        bcf      5,5      ;ra5 salida para backlight
        bcf      7,0      ;rc0 salida "pulse"
        bcf      TRISC,2 ;rc2 salida
                          ;definición de líneas digitales (puerto A y puerto E)

```

Figura 3.4: Subrutina demora general.

3.4.1 Subrutina de demora especifica

Es un fragmento de programa en el cual se carga diferentes valores a las variables “N” y “M” como se muestra en la Figura 3.4.1

```

;-----
; DEMORA DE 10 us para tiempo conversion A/D
;-----
dem_10us
        movlw   d'100'
        movwf  N
        movlw   d'8'
        movwf  M
        call   demora
        return

;-----
cuatroseg      call   dem_1s
                call   dem_1s
                call   dem_1s
                call   dem_1s
                return

```

Figura 3.4.1: Subrutina demora especifica.

3.4.2 Subrutina Conversor A/D

Este bloque de programa es el encargado de adquirir los datos mediante el puerto "A" RA0, y el que convierte la señal analógica en digital, Figura 3.3.1.3 muestra el fragmento que se encarga de realizar dicha conversión.

```

;*****Subrutina Convierte*****
;-----
convierte    bsf        ADCON0,0    ;enciendo la conversion
             call      dem_20us    ; carga el CHOLOD
             bsf        ADCON0,2    ; GO! inicia la conversion
wait         btfsc     ADCON0,2    ; para asegura la conversion
             goto      wait
             movf      ADRESH,w
             movwf     dato
             bcf        ADCON0,0    ;apago la conversion
             return

```

Figura 3.4.2: Fragmento que realiza la conversión.

3.4.3 Subrutina para convertir los datos de hexadecimal a decimal

Fragmento en el cual se convoca a otros sub programas Figura 3.4.3.1 que son los encargados de transformar mediante operaciones lógicas, los datos hexadecimales en decimales para ser transmitidos y visualizados en el LCD, como se muestra en la Figura 3.4.3.2

```

return
;-----
;*****subrutina convierte voltage baterias*****
;-----
con_volt     call      primer_digito
             call      segundo_digito
siga3       call      tercer_digito
             call      dem_is
             return
;*****

```

Figura 3.4.3.1: Fragmento que convoca a otros sub programas.


```

;PRIMER PASO
;-----
primer_digito  movlw  d'149'
                movwf  cerouno
                movf   dato,w
                movwf  dato1
                movf   cerouno,w      ; cargo 154 a w
                subwf  dato1          ; dato1=dato1-w
                btfss  3,0
                ; si es positivo
                goto   cero
                ;si es negativo
                goto   uno
                return
;-----
cero            movlw  0xCB
                call   chdir
                movlw  d'0'
                call   ascii
                movwf  8
                call   pulse
                call   dem_40us
                return
;-----
uno            movlw  0xCB
                call   chdir
                movlw  d'1'
                call   ascii
                movwf  8
                call   pulse
                call   dem_40us
                return

```

Figura 3.4.3.2: Fragmentos que convierte los dígitos decimales.

3.4.4 Carteles

Este fragmento de programa Figura 3.3.1.3 tiene como función, tomar cada uno de los valores del letrero Figura 3.4.5 y transmitirlo a través del puerto “D” hacia el LCD.

```

;-----
;          Cartel          TARJETA - CONTROL
;-----
Present    call   clrdisp
           movlw  0x80
           call   chdir
           movlw  d'61'
           movwf  index
           movlw  d'14'
           movwf  size
           call   write
;-----
;          Cartel          CARGA
;-----
           movlw  0xC1
           call   chdir
           movlw  d'33'
           movwf  index
           movlw  d'6'
           movwf  size
           call   write
           ;call  cuatroseg
           ;call  clrdisp
           ;return

```

Figura 3.4.4: Subrutina para escribir carteles.

```
===== index = 61
===== size = 14
retlw 'T'
retlw 'A'
retlw 'R'
retlw 'J'
retlw 'E'
retlw 'T'
retlw 'A'
retlw '-'
retlw 'C'
retlw 'O'
retlw 'N'
retlw 'T'
retlw 'R'
retlw 'O'
retlw 'L'
```

Figura 3.4.5: Bloque donde se escribe el cartel.

CAPITULO IV PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Instalación de la turbina AIR-X 400W 12V

Antes de conectar los cables a la batería se colocan los cables principales de salida de la turbina (positivo=rojo, negativo=negro) juntos cerca de las baterías para asegurar que el rotor no comience a girar durante la instalación.

Para turbinas nuevas se toma en cuenta que tienen que tener un rodaje inicial para que estas puedan funcionar con la máxima eficiencia.

Cuando el AIR-X se conecta por primera vez al banco de baterías, el LED de la turbina parpadea dos veces para indicar que el circuito interno funciona correctamente, una vez que las palas alcen 500 rpm, la turbina comienza a cargar y el LED se encenderá, el LED puede ser difícil de visualizar durante el día.



Figura 4.1: Indicador que la turbina está funcionando correctamente.



Figura 4.1.2: Batería de automóvil conectada a la turbinas.

4.2 Conexión del aerogenerador a las baterías de gel

Con la obtención de dos baterías de gel de 6V conectadas en serie al aerogenerador se observa que si se obtiene la carga de las mismas.



Figura 4.2.1: Baterías de Gel de 6V conectadas en serie

4.3 Primera prueba Software en el kit de entrenamiento de la UDA

Mediante de Kit de entrenamiento se realiza la prueba del software para el control de carga de baterías.

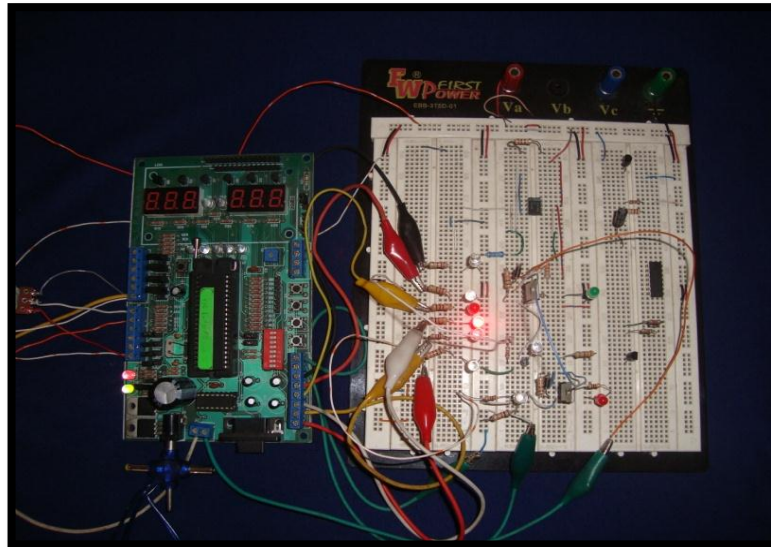


Figura 4.3.1: Imagen Del Kit de entrenamiento y Projetboar.

4.4 Prueba de los elementos electrónicos en Tarjeta Universal

Se prueba los elementos electrónicos del sistema de control montados en placa universal.

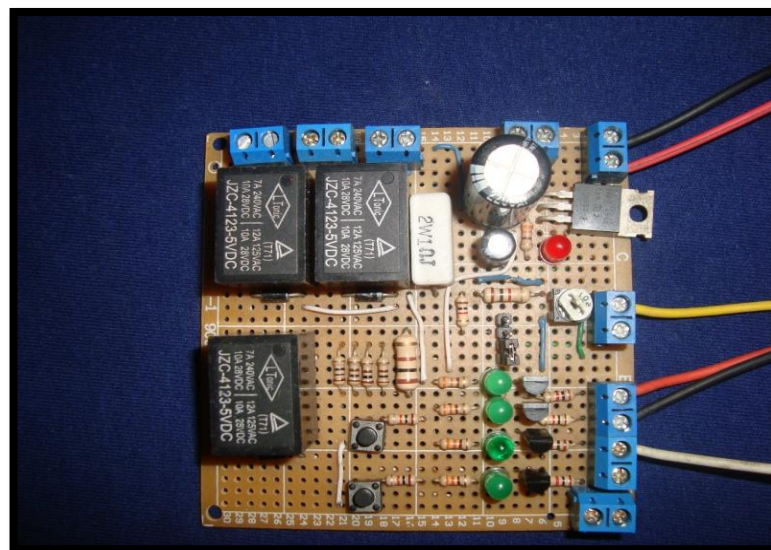


Figura 4.4: Tarjeta de Control (Prueba).

4.5 Primera tarjeta de control en PCB

Para la Optimización del espacio del PCB, El Lcd se encuentra colocado en la parte superior del PIC 16f871.

A lado derecho del PCB el circuito de control del sistema alternativo en placa universal.

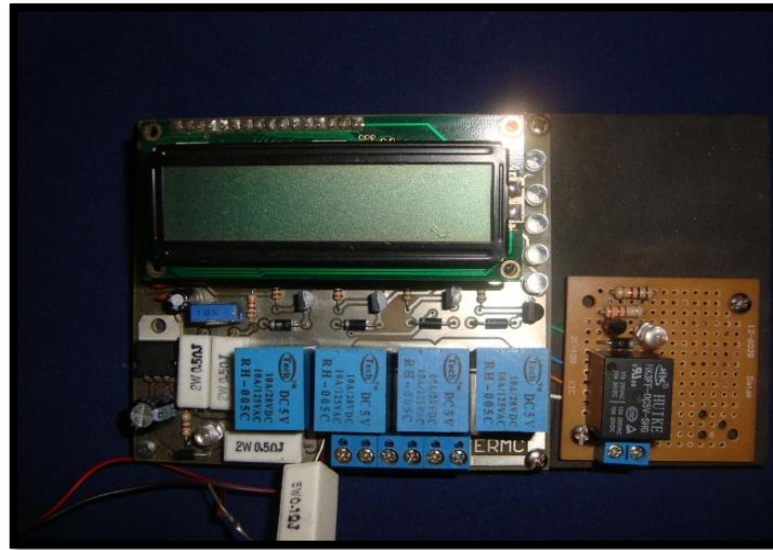


Figura 4.5: Tarjeta de control de carga de baterías.

4.6 Tarjeta de control en PCB ya incluido el sistema de control alternativo

Tarjeta de Control de carga de Baterías finalizado e incluido el control del sistema alternativo Figura 4.6 para un sistema eólico.

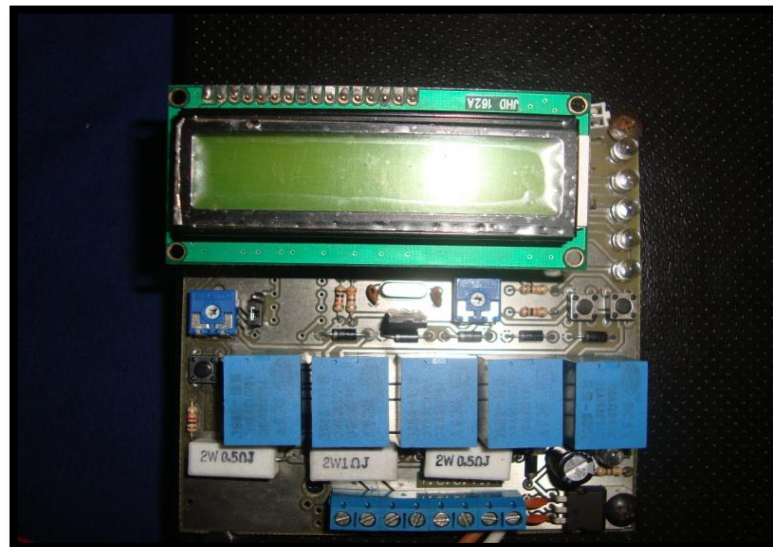


Figura 4.6: Tarje de Control de Carga final.

En la Figura 4.6.1 se muestra la placa final con el LCD desmontado y se puede observar al PIC 16F877A que es el elemento principal del hardware.



Figura 4.6.1: Tarjeta de control de carga desmontado el LCD.

4.7 Pruebas y resultados de la placa en funcionamiento

Las primeras pruebas realizadas Figura 4.7.1 se hicieron en una elevación a 20 minutos de la parroquia cumbe de la provincia del Azuay Cuenca-Ecuador.



Figura 4.7.1: Primeras pruebas en la vía Cuenca Loja.

Estas pruebas se realizaron con la tarjeta kit de entrenamiento de la UDA, el la Figura 4.7.2 se observa la tarjeta que controla la carga de la baterías.



Figura 4.7.2 Primeras pruebas con la tarjeta.

Las siguientes pruebas se realizan en la provincia del Azuay sector el Cebollar Figura 4.7.3. El mayor suceso de viento por lo general se da desde el medio día hasta el atardecer.

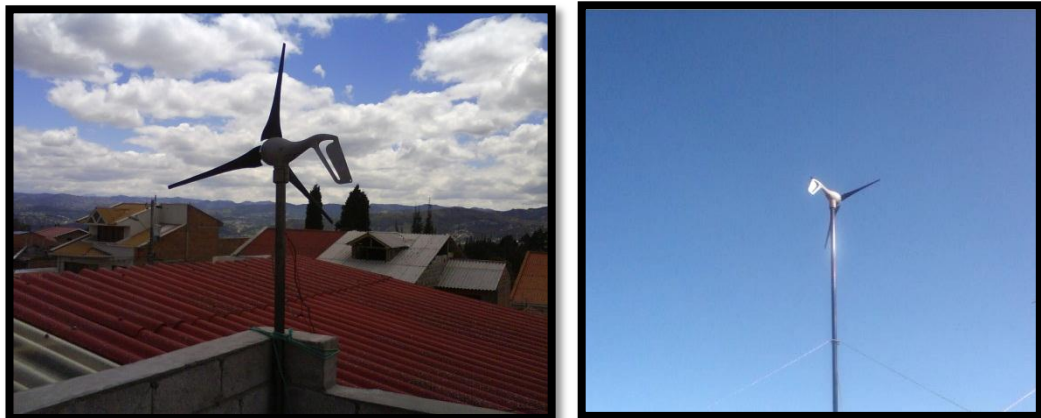


Figura 4.7.3: Pruebas en la Provincia del Azuay sector el Cebollar.

El funcionamiento inicial al conectar el circuito al aerogenerador es el de activar la fuente de alimentación a la vez que la turbina empieza a generar, la Figura 4.7.4 muestra como el LED de la tarjeta se va intensificando hasta prender el circuito.



Figura 4.7.4: Encendido de la Tarjeta.

Una vez encendido el circuito se visualiza los carteles de presentación de la misma Figura 4.7.5



Figura 4.7.5: Carteles de presentación visualizados en el LCD.

A continuación la tarjeta de control de carga pone en funcionamiento la carga de las batería, muestra un cartel donde indica que el sistema esta funcionando y que se esta efectuando la carga Figura 4.7.6

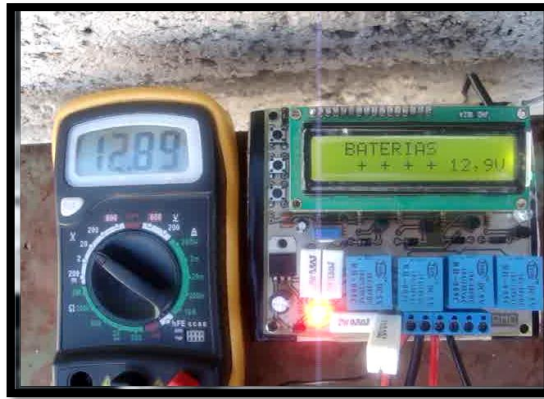


Figura 4.7.6: Carga de baterías.

Otras pruebas realizadas muestran carteles que indican la carga de las baterías
Figura 4.7.7



Figura 4.7.7: Cartel que indica la carga de las baterías.

Carteles que indican la medición del voltaje de la batería cuando está sin carga
Figura 4.7.8, que son el resultado de la adquisición de datos del PIC 16F877A y visualizados en el LCD.



Figura 4.7.8: Cartel que indica el voltaje de la batería sin carga.

La señalización de los LED indica el funcionamiento de cada relé Figura 4.7.9

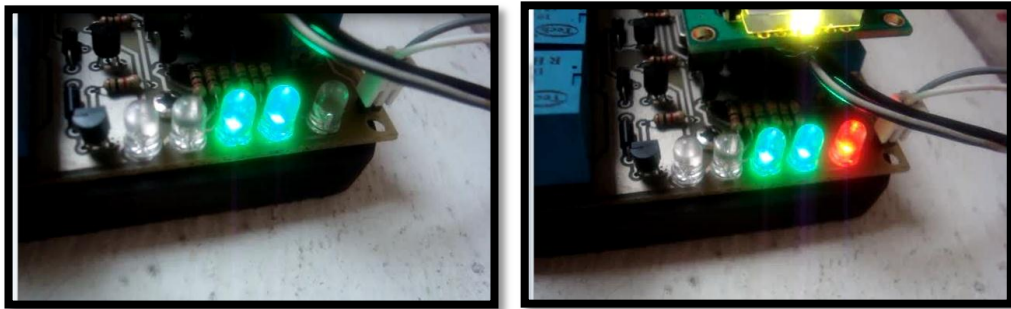


Figura 4.7.9: LED que indican el funcionamiento de los relés.

CONCLUSIONES

El sistema de control lo constituye un microprocesador que analiza y evalúa las condiciones de operación considerando voltajes y corrientes de salida del aerogenerador, detecta el rango mínimo de voltaje de carga para optimizar la vida útil de la batería, como también el valor máximo de carga para dar paso a un sistema alternativo y así se aprovecha la energía suministrada por el aerogenerador.

Hoy en día ante la necesidad de sistemas alternativos de energía renovable en el país, para lugares en donde no existe red eléctrica, es posible utilizar esta tarjeta de control, para un sistema eólico de baja potencia debido a que cumple con el objetivo de; controlar la carga y descarga de las baterías para dar un mayor tiempo de vida a las mismas.

Dentro los costos de fabricación de la tarjeta de control (ANEXO 1) podemos decir que el precio es menor a un regulador de carga exportado que esta alrededor de 220,00 dólares americanos.

La calidad de servicio es buena ya que en los valores realizados en las pruebas de funcionamiento son positivos.

Por medio de software se puede variar los rangos de control, para aplicaciones en baterías mayores a 12 V.

El sistema alternativo puede variar de una resistencia disipadora, a activar una bomba de agua para aprovechar la energía producida por el aerogenerador.

Como ventaja se puede citar que al elaborar este proyecto, se alcanza un nivel de conocimiento más profundo sobre el tema de las energías renovables

RECOMENDACIONES

Seguir con el apoyo sobre temas de energía renovables, para la elaboración de tecnología que pueda ser diseñada y fabricada en nuestra propia localidad.

La tecnología realizada puede ser utilizada para la electrificación básica rural de zonas sin conexión a la red, como alternativa el empleo de pequeños sistemas descentralizados de energía renovable dimensionados de acuerdo a la demanda particular del sistema a fin de que provea de energía eficiente a centros de salud, educativos y comunitarios y servicios de comunicación para la comunidad.

BIBLIOGRAFIA

Referencias bibliográficas:

- GONZÁLEZ, Vicente. (2007) CURSO ENERGIA EÓLICA 2007. Pág. 28-39.
- KREIBACH, Steven. (2009) *Analysis of a Grid Tied Induction Generator Wind Turbine. Wichita State* Pág.2-10.
- Mur Amada, Joaquín. (2005) Introducción al control de Aerogeneradores. Zaragoza. Pág. 3-4
- MICROCHIP. (2006) *Mplab Ide User's Guide*. USA. Pág. 40-44.
- MICROCHIP. (2003) *PIC16F87XA Data Sheet*. USA. Pág. 3.
- PEREZ Leonel. (2007) "MICRO-CONTROLADORES, TECNICAS DE PROGRAMACION", UDA. Pág. 4
- *Southwest Windpower, Inc.* (2002) *Owner's Manual*. Arizona. Pág. 8
- URKYA LUS, Iñaki y Sebastián. (2003) *Energía renovable práctica*. Navarra. Pág. 78-90.
- VAZQUEZ, Francisco. (2011) *Sistemas de Acumulación de Energía Eléctrica*. UDA. Pág.11
- MORAGUES, Jaime y RAPALLINI, Alfredo. (2003) *Energía Eólica*. Argentina. Pág. 1-14.
- Ministerio de Energía y Minas. (2004) *Manual de instalación, reparación y mantenimiento de aerogeneradores de baja potencia*. Lima. Pág. 5-20.
- UCLM. (2011) *Energía Eólica Tema 6*. España Pág. 16.

Referencias electrónicas:

- Asociación Empresarial Eólica. (2009). Taller sobre Energía Eólica. http://www.tech4cdm.com/userfiles/Sesion2_eol_per_Tecnologia.pdf
Consulta: Enero 2012
- Endesa. (2007). Principios de la Energía Eólica. http://www.escuelaendesa.com/pdf/2_PRINCIPIOS%20DE%20LA%20ENERGIA%20E%C3%93LICA.pdf Consulta: Diciembre 2011.
- FARIÑAS, Ernesto. (2006). Estudio de Aerogeneradores de pequeña potencia. <http://www.monografias.com/trabajos39/aerogeneradores/aerogeneradores2.shtml> Consulta: Agosto 2011.
- KREIBACH, Steven. (2009) *Analysis of a Grid Tied Induction Generator Wind Turbine*. <http://es.scribd.com/doc/46368564/Analysis-of-a-Grid-Tied-Induction-Generator-Wind-Turbine> Consulta: Octubre 2011.
- MICROCHIP. (2006) *Mplab Ide User's Guide*. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51519B.pdf> Consulta: Septiembre 2011.
- MICROCHIP. (2003) *PIC16F87XA Data Sheet*. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf> Consulta Octubre 2011.
- MORAGUES, Jaime y RAPALLINI, Alfredo. (2003) Energía Eólica. http://www.iae.org.ar/renovables/ren_eolica.pdf Consulta: Mayo 2011.
- Mur Amada, Joaquín. (2005). Introducción al control de Aerogeneradores. <http://www.windygrid.org/IntroControlIAEpresencial2006.pdf> Consulta Mayo 2011.

- Reynoso, William. EL DISEÑO DE MOLINOS EOLICOS Y COLECTORES SOLARES CON LA PRODUCCION DE AGUAS DESDE LA UNIVERSIDAD UNAPEC. <http://es.scribd.com/doc/64710370/4/1-2-2-TIPOS-DE-VIENTOS> Consulta: Noviembre 2011.
- *Technical Support for Skystream 3.7, AIR and Whisper Wind Turbines Manuals & Documents.* http://www.windenergy.com/index_wind.htm Consulta: Junio 2011.
- UCLM. (2011) Energía Eólica Tema 6. http://www.uclm.es/PROFESORADO/ajbarbero/FAA/EEOLICA_Febrero2012_G9.pdf Consulta: Febrero 2012.
- URKYA LUS, Iñaki y Sebastián. (2003) Energía renovable práctica. <http://es.scribd.com/doc/26436441/Energia-Renovable-y-Practica> Consulta: Junio 2011.

ANEXO

**ANÁLISIS DE COSTOS DE FABRICACIÓN DE
TARJETA DE CONTROL DE CARGA Y DESCARGA DE BATERÍAS**

TABLA TE COSTOS DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Placa PCB	U	1	27,20	27,20
2	Zocalo de 40 pines	U	1	0,27	0,27
3	Resistencia 0,5/2w	U	5	0,20	1,00
4	Resistencias Varias 1/4W	U	28	0,03	0,84
5	Pulsantes de 2 pines	U	2	0,15	0,30
6	Pulsantes de 4 pines	U	2	0,15	0,30
7	Regulador LM7805	U	1	0,45	0,45
8	Transistores 2N3904	U	6	0,09	0,54
9	Jumper	U	2	0,12	0,24
10	condensador 1uf/25V	U	2	0,09	0,18
11	condensador 220uf/25V	U	1	0,22	0,22
12	Trimer de 10K a2	U	2	0,40	0,80
13	Diodos 1N40005	U	6	0,07	0,42
14	Condensardor c. 0,1uf	U	2	0,10	0,20
15	Condensardor c. 22pf	U	2	0,10	0,20
16	Transistor BD135	U	1	0,40	0,40
17	Peineta IDCM 40 pines	U	1	0,80	0,80
18	Cristal 20Mhz	U	1	0,76	0,76
19	Bornera 2 pines	U	5	0,31	1,55
20	LED 5mm verde HL	U	1	0,20	0,20
21	LED 5mm rojo HL	U	1	0,20	0,20
22	LED 5mm azul HL	U	5	0,20	1,00
23	CON mole x 6 pines	U	2	0,67	1,34
24	Estaño Rollo	GLOB	1	1,30	1,30
25	Pasta	GLOB	1	2,00	2,00
26	PIC 16F877A	U	1	7,50	7,50
27	LCD 16X2	U	1	9,75	9,75
28	Cable UTP 5e	MTS	0,50	0,50	0,25
29	Cautin	U	1	5,20	5,20
30	Cable N° 16	MTS	1	0,35	0,35
31	Cable N° 14	MTS	1	0,50	0,50
32	Cable N° 12	MTS	2	0,75	1,50
33	Cable N° 10	MTS	2	0,90	1,80

	Total sin IVA	69,56
	IVA 12%	8,35
	Total	\$ 77,91

Costos indirectos \$ 19,48

Costo total de fabricación \$ 97,38