

## SISTEMA DE SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOGICAS DE CONTROL BASADOS EN ALGORITMOS BORROSOS PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

**Farfán Roberto, Hoyos Daniel**

INENCO (Instituto de Energías No Convencionales) Av. Bolivia 5152 C.P 4400

<http://www.inenco.net> 03874255578, farfanf@inenco.net

CIUNSa (Consejo de investigación UNSa) Av. Bolivia 5152 C.P 4400 <http://www.unsa.edu.ar>

**RESUMEN:** En el presente trabajo se elabora un algoritmo de control para un regulador de carga de un sistemas fotovoltaico, se simula el mismo utilizando modelos de radiación solar, panel fotovoltaico y baterías, para ajustar sus características y optimizar el manejo de la energía dentro del sistema que se esta controlando. Posteriormente se prueba el mismo sobre una PC que simula ser un controlador que maneja un circuito electrónico de potencia que controla el flujo de la energía dentro de un sistema fotovoltaico real con paneles fotovoltaicos, baterías y cargas para verificar y ajustar la lógica desarrollada. La misma debe ser lo suficientemente simple como para ser utilizada en un microcontrolador y eso justifica su simulación y prueba con una PC.

**Palabras claves:** Fotovoltaico, reguladores, baterías, lógica borrosa.

### INTRODUCCIÓN

El trabajo de un regulador de carga consiste en tener un estricto control de la corriente que absorbe la batería con el fin de que en ningún momento quede sobrecargada peligrosamente, optimizar la energía captada por los paneles fotovoltaicos y finalmente cuidar que la profundidad de descarga de la batería no sea excesiva para alargar su vida útil [Lorenzo,2006]. Por lo tanto se puede observar que las decisiones que el regulador de carga toma, influye de manera directa en la eficiencia del sistema fotovoltaico y que de él depende el correcto manejo de la energía dentro del sistema [Ciemat 2000].

El correcto manejo de la energía dentro del sistema depende de distintas variables físicas, como la corriente que pueden entregar los paneles fotovoltaicos, la temperatura, la corriente que el circuito de carga puede necesitar y la cantidad de energía almacenada en las baterías. Debido a que la toma de una decisión del regulador depende de estas variables y todas estas son alineales, es muy dificultoso obtener un modelo de control, por lo tanto los algoritmos basados en lógica borrosa le permiten al regulador manejar la energía dentro del sistema en función de estas variables. Las variables dan información del estado actual del sistema fotovoltaico, siendo ingresadas por medio de conversores análogo digitales y se utiliza esta información como una entrada para el algoritmo de control [Escolano 2003].

La lógica borrosa fue desarrollada a principio de los años 60 por Lotfi A. Zadeh, profesor de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de California. Su primera publicación se realizó en 1965, pero en 1973 presenta la teoría básica de los controladores borrosos. Luego otros investigadores comenzaron a aplicar la lógica borrosa a distintos sistemas, desde Mamdani que aplicó lógica borrosa a un sistema de control de vapor en 1980, hasta nuestros días distintas empresas como NASA, Boeing, Ford, Bell desarrollan sistemas de control borroso para las distintas aplicaciones. El siguiente gráfico nos muestra como se realiza la conexión entre el regulador de carga y los elementos del sistema fotovoltaico.

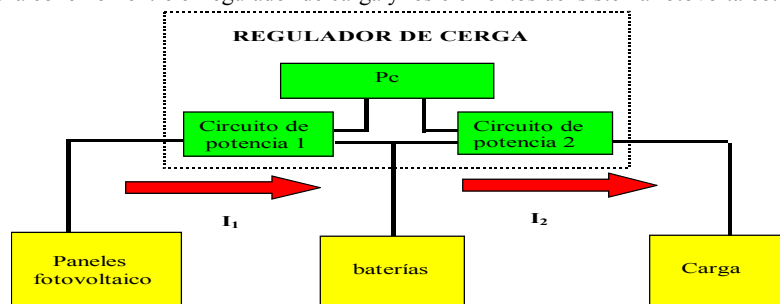


Fig.1: Conexión entre los elementos del sistema fotovoltaico.

La lógica borrosa permite tratar información imprecisa en términos de conjuntos borrosos o difusos [Escalano 2003]. En el diseño de este regulador borroso, se decidió definir tres conjuntos borrosos: Temperatura, Tensión y Corriente. De manera que el regulador debe ingresar: temperatura ambiente, tensión de la batería, corriente que entrega el panel a la batería y

corriente que pide la carga. Esta información del sistema fotovoltaico ingresa al núcleo de inferencia borrosa, como lo indica la figura 2, la misma es primeramente borrosificada o fuzzyficada. El borrosificador nos permite establecer una relación entre un valor real con un conjunto borroso[Molina 1997]. En el regulador los valores reales son la medida de la corriente, la temperatura y la tensión, y a cada uno de estos se le asigna un valor borroso dado por las funciones denominadas de pertenencia.

A estos valores ya borrosificados son evaluados mediante un conjunto de reglas borrosas. Las reglas borrosas combina los conjuntos borrosos de entrada y les asocia un conjunto borroso de salida [Molina 1997]. Las reglas borrosas expresan el conocimiento que se dispone del sistema que se desea controlar, en nuestro regulador, estas reglas responden a los modelos de baterías al ser el elemento mas complejo de controlar dentro del sistema.

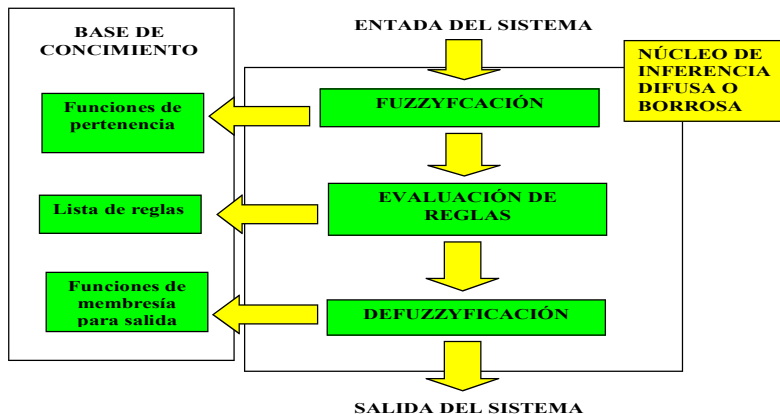


Fig. 2 Diagrama de bloque de un Sistema de lógica borrosa.

Los valores que salen de la evaluación de las reglas, se deben ser desborrosificados o defuzzificados para obtener una salida en función de la información tomada del sistema fotovoltaico. Esto se realiza por medio de una función de membresía que transforma la información de los conjuntos borrosos dada por la evaluación de las reglas, en un valor no borroso. Este valor no borroso de salida es un número que indica la regulación de energía que deben realizar los dos circuitos de potencia que conectan los módulos a las baterías y las baterías a la carga.

### CONJUNTOS BORROSOS

En los conjuntos clásicos un elemento está incluido completamente en el o no lo está y esta situación puede describirse asignando un uno a todos los elementos incluidos en el conjunto o un cero a los no incluidos. La función que asigna este valor a los elementos se la denominamos función de inclusión o de pertenencia. Generalmente los conjuntos borrosos tiene límites difusos, de manera que los elementos tienen un grado de inclusión a los distintos conjuntos, que es un valor dado por una función de pertenencia que asigna valores entre cero y uno. Para el regulador estos elementos son los valores de tensión, temperatura y corriente que se tomaron del sistema fotovoltaico utilizando un conversor AD y en las simulaciones, se tomaron los datos de los archivos generados por los distintos modelos de los elementos del sistema fotovoltaico. En lógica borrosa, se define el dominio de los elementos de entrada que llamaremos  $U$  y se lo denomina universo de discurso. En el regulador este universo de discurso, es todo el rango de variación de las magnitudes físicas. Para el conjunto difuso denominado tensión de la batería, se tomó un universo de discurso de 9V a 18V.

Se puede tener un conjunto borroso  $F$  incluido en  $U$  caracterizado por una función de pertenencia  $\mu_f$  que toma valores en el rango  $[0,1]$ . Los elementos del universo de discurso representados por un valor  $u$ , tendrán un grado de pertenencia del conjunto borroso  $F$  dado por la función  $\mu_f(u)$ . Las funciones de pertenencia que convencionalmente se utilizan son las de tipo trapezoidal, singleton, triangular, S, exponencial y tipo  $\Pi$ . A las funciones de pertenencia se asignan variables lingüísticas que son las etiquetas de los conjuntos borrosos. En la figura 3 se muestra la definición del conjunto borroso tensión, mediante cuatro subconjuntos borrosos y se le asignó a cada uno de estos las siguientes variables lingüísticas: tensión baja, tensión media baja, tensión media alta y tensión alta. Se puede observar que a los cuatro subconjuntos borrosos se los caracterizó por cuatro funciones de pertenencia del tipo triangular.

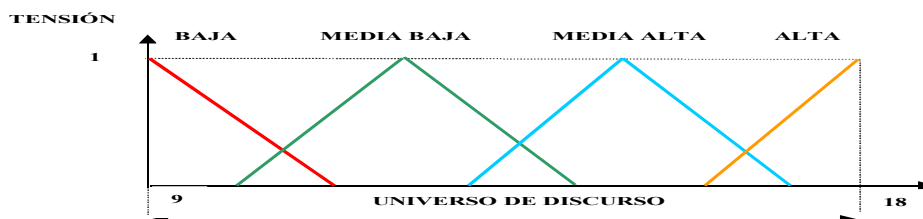


Fig. 3 Esquema del conjunto borroso para la variable Tensión de carga de la batería.

El conjunto borroso corriente está formado por cinco subconjuntos denominados: corriente baja, corriente media baja, corriente media, corriente media alta y corriente alta. Cada conjunto borroso está caracterizado por una función de



$$y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \mu(x)}{\sum_{i=1}^n \mu(x)} \quad (2)$$

En esta ecuación se pueden observar dos sumatorias en  $i$  que indica el número de reglas que se ejecutan de acuerdo a las entradas del sistema. El valor que se le asigna a  $\mu$  es el menor valor de las funciones de pertenencia que activan una regla. En el ejemplo anterior, teníamos tres entradas y se ejecutaba la siguiente regla:

**SI la TENSIÓN es media alta y la TEMPERATURA es media baja y la CORRIENTE es alta ENTONCES la CARGA es baja.**

Al valor de tensión ingresado se le asigna un grado de inclusión al conjunto borroso mediante la función de pertenencia que tiene la etiqueta tensión media alta y el valor que se le asigna es  $\mu_{tma}=0,75$ . Al valor de la temperatura ingresado se le asigna el grado de inclusión en el conjunto mediante la función de pertenencia que lleva la etiqueta de temperatura media baja y la función le asigna el valor  $\mu_{tpma}=0,91$ . Al valor de corriente ingresado se le asigna el grado de inclusión en el conjunto mediante la función de pertenencia que lleva la etiqueta corriente alta y la función le asigna el valor  $\mu_{ca}=0,83$ . Estos tres conjuntos se los relaciona mediante la función intersección, ya que la regla se ejecuta si se cumplen los tres sucesos a la vez. La ecuación 1 indica que la función intersección se queda con el menor de los valores de las funciones de pertenencia, que en el ejemplo es **0,75**. El valor de  $y_i$  representa el centro del conjunto borroso que se ejecuto. En el ejemplo se ejecuta el conjunto borroso CARGA baja que tiene su centro en 5. La salida del sistema borroso se la calcula de la siguiente forma:

$$y = (5 * 0.75) / 0.75 = 5$$

Este cálculo es sencillo, pero debe tenerse en cuenta que las entradas del sistema pueden llegar a ejecutar más de una regla a la vez, complicando el cálculo de esta función.

## DISEÑO DE LA LÓGICA BORROSA

La lógica borrosa del regulador se la diseñó primeramente mediante un software denominado Xfuzzy 3.0, que es un entorno de desarrollo de sistemas borrosos y combina un conjunto de herramientas que facilitan las distintas etapas del proceso de diseño de los sistemas borrosos, desde su descripción inicial hasta la implementación final. De esta forma podemos definir la base de conocimiento de un regulador, los conjuntos borrosos, las funciones de pertenencia, el conjunto de reglas y definir el tipo de función para desborrosificar.

## SIMULACIÓN DEL REGULADOR BORROSO Y EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Una vez que se diseñó de la lógica borrosa del controlador por medio del Xfuzzy 3.0, ésta se la incorpora a un programa realizado en C como lógica del regulador. En este programa también se definieron los distintos modelos de los elementos que componen un sistema fotovoltaico y se los simula junto con la lógica borrosa del regulador. Este programa corre en un sistema operativo Linux, en el que se van a realizar un gran número de procesos, entre ellos correr el programa realizado en C que genera información de los distintos modelos y a la vez realiza una conexión con el programa gnuplot para graficar esta información. Gnuplot es un programa que nos permite realizar gráficos tanto en 2D como 3D a partir de la definición de funciones o de datos en archivos.

Los datos que se generan de las simulaciones se los utiliza como entrada para otro proceso que es el de graficar los datos. Esta conexión en C se lo puede realizar por medio de distintos métodos, pero en este trabajo se implementó tuberías (pipes). Las tuberías conectan la salida estándar de un proceso con la entrada estándar de otro y normalmente se trabaja en un solo sentido, con flujos unidireccionales de bytes. La principal ventaja que obtenemos es que podemos ir generando datos y al mismo tiempo obtener el gráfico de la información. De esta manera se observa como varían las magnitudes físicas que están involucradas en nuestra simulación en función del tiempo y como las funciones que componen la base de conocimiento influyen en la regulación de la energía del sistema simulado. Los distintos elementos que componen un sistema fotovoltaico están descriptos por distintos modelos que se pasa a describir.

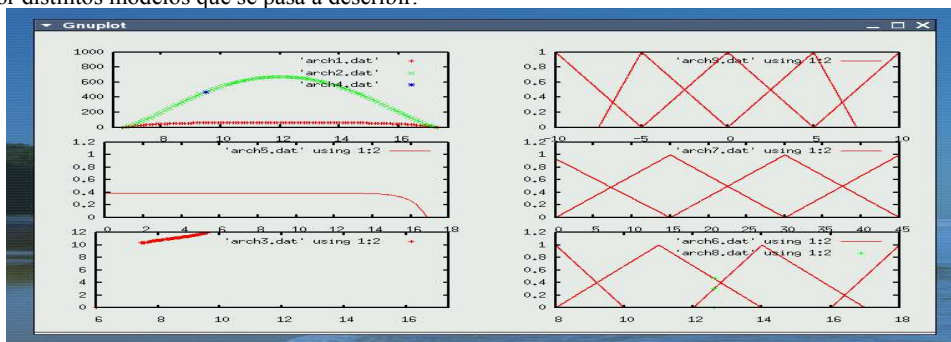


Fig. 6 Simulación de la irradiancia, carga de batería, panel y los conjuntos borrosos del regulador.

## DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE IRRADIANCIA

Las distintas simulaciones se realizaron teniendo en cuenta el recurso solar en el día, proponiendo el método de Hottel [Duffie, 1980] para estimar la irradiancia solar en días claros (sin nubosidad). El modelo nos permite calcular la transmitancia atmosférica  $\tau_b$  para radiación directa normal, la cual podemos calcularla con la siguiente ecuación;

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp(-k/\cos\theta_z) \quad (3)$$

En función de esta obtenemos la radiación directa y difusa que llega a los paneles.

## MODELO DE CELDA Y MODELO DE PANEL

El panel solar constituye la principal fuente de energía del sistema fotovoltaico, y es el resultado de asociar un conjunto de células fotovoltaicas en serie y en paralelo. La descripción eléctrica de la célula responde a la siguiente ecuación;

$$I = I_1 - I_0 \left[ \exp \left( \frac{V + I R_s}{n V_t} \right) - 1 \right] - \frac{V + I R_s}{R_p} \quad (4)$$

$I_1$ ; Corriente fotogenerada,  $I_0$  Corriente de saturación inversa del diodo,  $V_t = KT/e$ , voltaje térmico,  $T$ ; temperatura en grados kelvin,  $R_s$ ; resistencia serie,  $R_p$ ; resistencia paralelo,  $n$ ; factor de idealidad del diodo. La corriente fotogenerada se determina en función de las dimensiones de la célula, su área  $A$  en  $\text{cm}^2$ , la densidad de corriente de corto circuito  $J_{sc}$  en  $\text{A}/\text{cm}^2$ , la temperatura de trabajo  $T$  en  $^\circ\text{C}$ , el factor de temperatura  $\alpha J_{sc}$  en  $\text{A}/^\circ\text{C cm}^2$  y la irradiancia  $G$  en  $\text{W}/\text{m}^2$  calculada por el modelo de irradiancia de Hottel para días claros. El valor de  $I_1$  lo determinamos con la siguiente ecuación:

$$I_1 = A (J_{sc} G/1000 + \alpha J_{sc} (T - 27)) \quad (5)$$

La corriente de saturación inversa la calculamos en función del voltaje térmico  $V_t$ , la energía del gap  $E_g$  en eV, la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  en voltios y la temperatura  $T_k$  en kelvins.  $\alpha_{gap}$  y  $\beta_{gap}$  son coeficientes de temperatura y  $E_{g0}$  la energía del gap a  $0^\circ\text{C}$ .

$$I_0 = J_{sc} A T_k^3 \exp(E_g/V_t) / \left( \exp(V_{oc}/nV_t) - 1 \right) \exp(E_g'/V_t') \quad (6)$$

$$V_t' = V_t / T_k = 300 \quad (7)$$

$$E_g = E_{g0} - \alpha_{gap} T_k^2 / (\beta_{gap} + T_k) \quad (8)$$

$$T_k = T + 273 \quad (9)$$

Los puntos pertenecientes a la curva de la celda fotovoltaica se los determinó mediante un algoritmo que utiliza métodos de aproximaciones sucesivas, encontrando los puntos pertenecientes a la curva de la celda cada vez que alguna de las variables cambie en el tiempo, como por ejemplo la radiación.

El panel fotovoltaico está compuesto por un grupo de celdas en serie y paralelo, como las descrita en el modelo. En el panel se considera  $N_s$  como números de células agrupada en serie y  $N_p$  números de ramas. En el modelo de panel se considera que todas las celdas son idénticas, están iluminadas de la misma forma, trabajan a la misma temperatura y la caída de tensión en los conductores que las interconectan son despreciables para poder realizar un calculo sencillo de la corriente y la tensión del conjunto mediante el siguiente cálculo:

$$V = N_s V_c \quad V_c = \text{Voltaje de celda} \quad I = N_p I_c \quad I_c = \text{Corriente neta celda.} \quad (10)$$

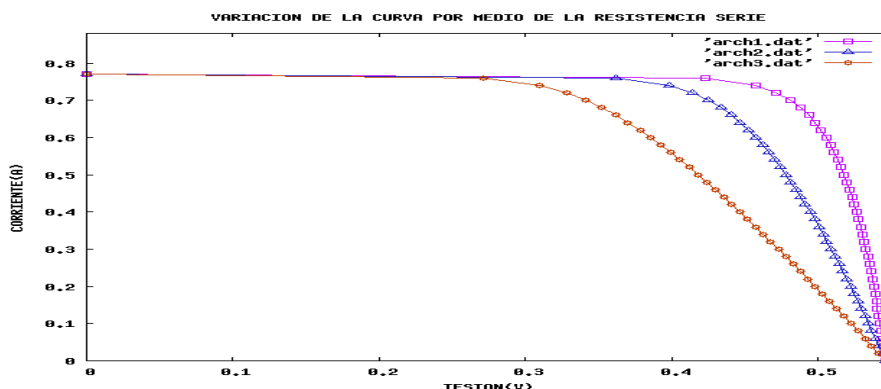


Fig. 7 Variación de la curva de una celdas fotovoltaicas por medio de la resistencia SERIE.

## DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE BATERÍA

Para describir el comportamiento electroquímico de la batería se utilizó con el modelo de Copetti. Este modelo describe la batería como una secuencia de estados permanentes, tomando corrientes y temperaturas constantes, no teniendo en cuenta el comportamiento dinámico que las baterías tienen dentro de un sistema fotovoltaico. A este modelo se le agrega el concepto

de estado de energía LOE para incorporar a la simulación los estados transitorios que el modelo no tiene en cuenta y que es necesario para los sistemas fotovoltaicos.

En el momento que la batería aporta energía al sistema se produce una descarga en la misma y esta situación se la describe con la ecuación normalizada de descarga que está dada por:

$$V_d = (2.085 - 0.12(1 - \text{SOC})) - I/C10(4/(1+11.3)+0.27/\text{SOC}1.2+0.02) (1-0.007\Delta T) \quad (11)$$

Donde el SOC es el estado de carga de una batería y es un indicador de la energía eléctrica almacenada en la batería. Los valores que puede tomar el SOC se encuentran entre cero y uno. El SOC debe calcularse en cada instante con la siguiente reacción:

$$\text{SOC}(t) = 1/C(t) \int_{0}^{t} \eta_c(t) I(t) dt \quad (12)$$

La Capacidad C correspondiente al régimen de trabajo se la obtendrá con la siguiente expresión;

$$C/C10 = 1.67/(1+0.67(I/I10))(1+0.005\Delta T) \quad (13)$$

Y el modelo supone que el rendimiento farádico  $\eta_c$  es función del SOC y que lo obtenemos con;

$$\eta_c = 1 - \exp(20.73 (\text{SOC} - 1)/(I/I10 + 0.55)) \quad (14)$$

Cuando el SOC es igual a uno significa que la batería no puede aceptar mas energía del sistema, ya que la energía almacenada completa la capacidad disponible. Esto no significa que necesariamente la batería se encuentre al 100% de la energía respecto a su capacidad nominal.

Cuando el SOC es igual a cero significa que la batería ya no tiene energía en su interior para proporcionar al sistema.

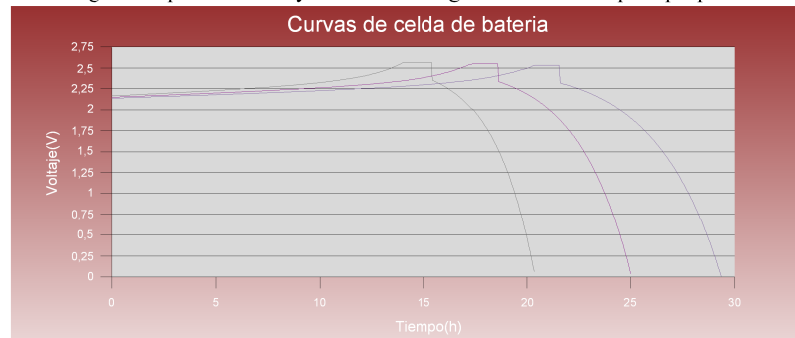


Fig. 8 Curvas de celdas de baterías en las distintas zonas de trabajo.

El nuevo indicador definido como nivel de energía o LOE proporciona una referencia de la cantidad de energía disponible en la batería respecto a las condiciones normales de trabajo y se lo define como:

$$\text{LOE} = 1/C_n \int_{0}^{t} \eta_c(t) I(t) dt \quad (15)$$

donde

$$C_n = \max(C) \quad (16)$$

El proceso de sobrecarga se encuentra relacionada con la tensión de gaseo que la calculamos con;

$$V_g = (2.24 + 1.97 \ln(1 + I/C10))(1 - 0.002\Delta T) \quad (17)$$

La tensión final de carga la calculamos mediante;

$$V_{fc} = (2.45 + 2.011 \ln(1 + I/C10))(1 - 0.002\Delta T) \quad (18)$$

Por lo tanto la tensión de la batería en lo que respecta a la sobrecarga se representa por;

$$V_b = V_g + (V_{fc} - V_g)(1 - \exp(-((\text{LOE}(t)C_n - \text{SOC}(t)C(t))/I T_{sc}))) \quad (19)$$

T<sub>sc</sub> es la constante de tiempo del proceso que se determina del modo siguiente:

$$T_{sc} = 17.3/(1 + 852(I/C10)1.67) \quad (20)$$

## COMPARACIÓN ENTRE UN REGULADOR DE CARGA CONVENCIONAL Y UNO BORROSO

Los reguladores de carga convencionales generalmente tienen en su electrónica un circuito de regulación fijo, dependiente en algunos casos solamente de la tensión de los bornes de la batería y muchas veces independiente de la temperatura que afecta al banco de baterías. Estos reguladores de carga fijan una tensión de corte aproximadamente a los 13.2 V, de manera que la

variable tensión de borne de la batería se vuelve fundamental en el regulador, independizándose de dos parámetros importantes que pueden inferir en la correcta regulación de energía dentro del sistema como la temperatura y la corriente que fluye en el sistema. En los siguientes gráficos se analizan la tensión de corte de un regulador de carga borroso y el de un regulador convencional, con una tensión de corte en los 13.2 V. Se puede observar la curva de carga de una batería de 300 Ah que se está cargando con una corriente de 1.8 A y dos rectas: la de color amarillo indica la tensión de corte de un regulador convencional a los 13.2 V y la roja indica la tensión de gaseo de la batería que es la tensión de corte que estima el regulador borroso. En el otro gráfico se observa la variación del SOC en función del tiempo de carga, correspondiendo la recta amarilla al regulador convencional y la recta roja al regulador borroso.

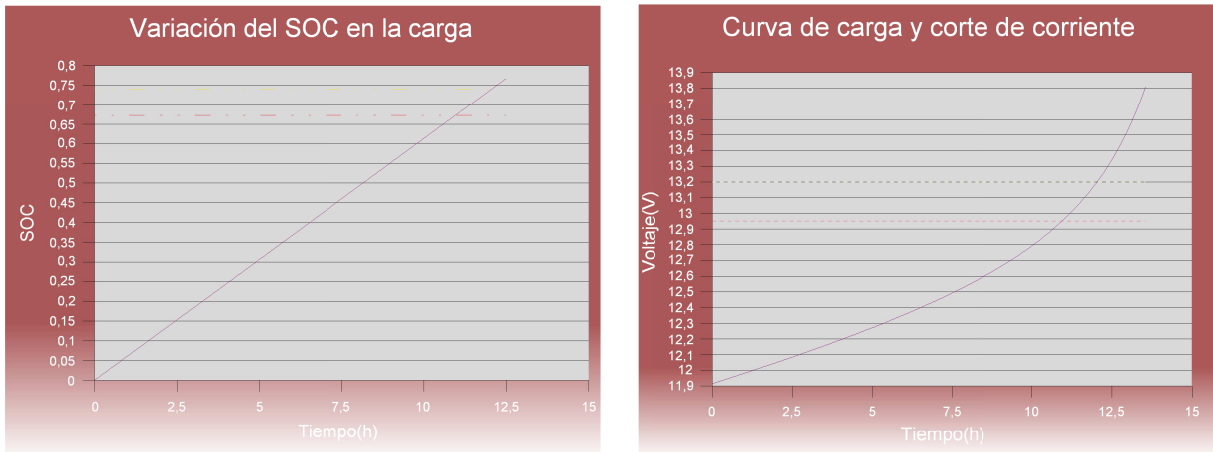


Fig. 9 Curvas de carga de la batería del sistema y su correspondiente SOC.

Si bien el regulador convencional aumenta en la carga el SOC de la batería, produce un gaseo muy intenso que tiene consecuencias irreversibles en una batería de plomo ácido, como la pérdida de materia activa por el arrastre que producen las burbujas del gas. El regulador de carga borroso al estimar la tensión de gaseo, ajusta el corte a esta tensión alargando la vida útil de las baterías y mejorando el rendimiento del propio sistema.

### IMPLEMENTACIÓN DE LA LÓGICA BORROSA EN UN SISTEMA REAL

Se lo realizó por medio de un sistema compuesto por una PC, que maneja un sistema de potencia y un sistema de adquisición de datos.

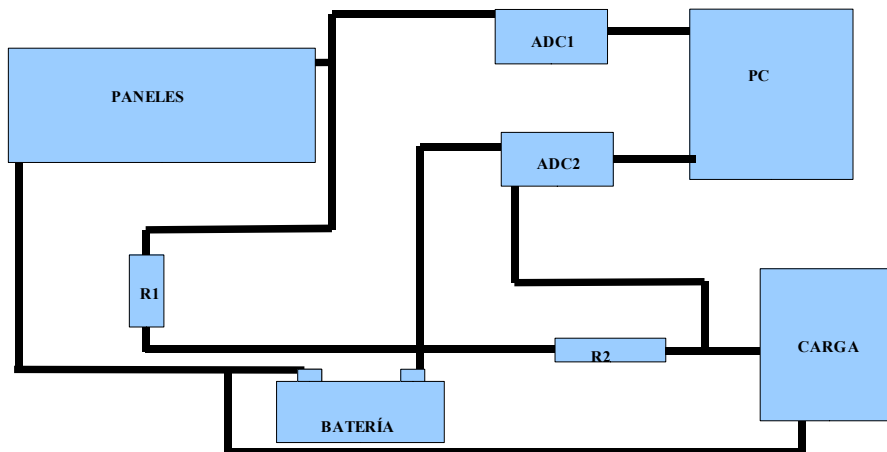


Fig. 10 Esquema del circuito de toma de dato.

La PC contiene un programa en lenguaje C que maneja el puerto paralelo, sacando señales que manejan el circuito de potencia, la configuración de los canales de los ADC y se ingresa los datos que toman los ADC del sistema fotovoltaico. El circuito toma de datos está compuesto por dos ADC0832 de 8 bits y contiene cada uno de ellos dos canales de medida. Estos ADC0832 son configurados por señales digitales provenientes del puerto paralelo al ingresar por el pin 1 y 5, el bit de habilitación de la conversión y el bit de configuración de los canales del ADC respectivamente. Los ADC mandan por el pin 6 la información que se tomó del sistema fotovoltaico a la computadora para procesarla. La información binaria obtenida de los ADC se la transforma a decimal en el programa y se la guarda en distintos archivos para graficar los resultados obtenidos. La regulación del circuito de potencia se basa en la lógica borrosa que se diseñó y este mismo nos permite monitorear el sistema fotovoltaico.

## CONCLUSIÓN

Del análisis realizado se puede concluir que los reguladores borrosos tienen un importante grado de complejidad en lo que respecta al diseño de la lógica, al conjunto de funciones y reglas que definen la base de conocimiento. Sin embargo un software de lógica borrosa como el Xfuzzy 3.0 nos facilita el diseño de la lógica y las simulaciones de las distintas reglas, que definen la dinámica del regulador. Esto nos permite diseñar la lógica de control para luego simularla con los distintos modelos de los elementos del sistema fotovoltaico, independizando estas dos etapas para un mejor estudio de las partes.

El simulador de la lógica borrosa del regulador con el sistema fotovoltaico, es una herramienta muy importante que nos permite realizar una buena evaluación del comportamiento del regulador dentro del sistema, analizar la lógica para futuras mejoras de la base de conocimiento y en un futuro analizar la evolución de la base de conocimiento por medio de algoritmo de aprendizaje, que le permitirá al regulador mayor grado de libertad para la toma de una decisión. Se observó que los reguladores borrosos tienen un control más eficiente y estricto que algunos reguladores convencionales, ya que la lógica nos permite estimar la tensión de gaseo de la batería y realizar un corte sin que la misma pierda materia activa. Esta característica del regulador seguramente elevará el rendimiento del sistema fotovoltaico en el tiempo, mejorando la carga de la batería y mejorando el manejo de la energía dentro del sistema.

Con el sistema de adquisición de datos se pudo evaluar la lógica en un sistema real, optimizarlo y monitorear el sistema fotovoltaico. Este sistema permitirá probar nuevas lógicas de control y caracterizar reguladores que están en el mercado. Se está diseñando el regulador borroso utilizando un microcontrolador PIC18F452, que trabaja en lenguaje C.

## REFERENCIAS

- Copetti J.B. Chenlo F., Lorenzo E. (1993). A general battery model for PV system simulation. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*; 1:283-292.
- Dunlop JP., (1997) *Batteries and Charge Control in Stand-Alone Photovoltaic Systems Fundamentals and Application*, Sandia National Laboratories
- Hoyos D. (2006). Propuesta de controlador con lógica difusa para sistemas eólicos. *Avances en Energía Renovable y Ambiente*. Vol. 10 ISSN 0329-5184.
- Mora (2007), Implementación de controladores de lógica difusa en microcontroladores PIC.
- Murillo Daniel (2003), Modelado y análisis de sistemas fotovoltaicos, Universidad politécnica de Catalunya.
- Centro de Investigación Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (2000), Fundamento, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica, pp 8.3-11.43. CIEMAT.
- Chassériaux J. M. (1990), Conversión térmica de la radiación solar, 1ª edición, pp 136-159. Librería Agropecuaria.
- Del Carmen Alonso García (2000), Fundamentos Dimensionado y Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.
- Duffie J. A. y Beckman W.A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2ª edición, pp. 54-59. Wiley Interscience, New York.
- Escolano Ruiz y Cazorla Quevedo (2003), *Inteligencia Artificial*, 1ª edición, pp 74-89. Thompson.
- Lejardi L. (1988), *Acumuladores de Electricidad*, 1ª edición, pp 11-131. ProgenSA.
- Lorenzo E. (1994), *Electricidad Solar Fotovoltaica, Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos*, 1ª edición, pp 63-163. ProgenSA.
- Lazzari L., *Matemática Borrosa, Técnicas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*.
- Martín del Brio Sedes y Sanz Molina (1997). *Neuronales y Sistemas Borrosos*, 1ª edición, pp 243-337. RA-MA.

## ABSTRACT

This paper studies the application of a fuzzy algorithm to control an stand alone photovoltaics system. The algorithm allows regular the load of the battery and esteem the tension of gaseo. This method of charge of the battery optimizes the photovoltaics system.