

PROTOTIPO DE AUTOMATISMO PARA LA ALIMENTACIÓN DE PECES ABASTECIDO POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.

M. R. Rozicki¹, S. S. Nelli², G. A. Fernández³.

Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Electrónica (GID-IE).

Universidad Nacional de Misiones (UNaM) – Facultad de Ingeniería (FIO).

Juan Manuel de Rosas N° 325 – Oberá – Misiones – Argentina – C.P. 3360 – Tel.: 3755-422169; FAX: 3755-422170

rozickimarcos@yahoo.com.ar ; nelli_sofia@yahoo.com.ar ; fernandez@fio.unam.edu.ar

Recibido 14/08/14, aceptado 25/09/14

RESUMEN: Este artículo presenta un circuito electrónico destinado a automatizar la dosificación de alimento balanceado, en la producción intensiva de peces. El prototipo desarrollado permite entregar una tasa diaria de alimento, calculada por el circuito, considerando la temperatura del agua, especie, cantidad y edad de los peces cultivados. El circuito funciona con energía solar fotovoltaica y/o a través de la red eléctrica de distribución. En este trabajo se explican las características relacionadas con la alimentación de los peces durante su cría, el funcionamiento y las características fundamentales del prototipo, como así también el dimensionamiento de su fuente de alimentación. Los ensayos de laboratorio arrojaron resultados positivos. La propuesta contribuirá a mejorar la producción regional de peces, ya que permitirá dosificar una cantidad adecuada de alimento en los horarios apropiados, impidiendo faltantes y excesos del mismo, evitando pérdidas económicas asociadas a la alimentación y además reduciendo el trabajo del piscicultor.

Palabras clave: Peces, piscicultura, alimentación, automatismo, energía fotovoltaica.

INTRODUCCIÓN

En la cría de peces, es importante controlar periódicamente la cantidad de alimento, ya que constituye el mayor porcentaje en los costos de la producción (MAG, 2011). Además, como cada pez solamente consume determinado porcentaje de alimento en relación a su peso, un exceso en la ración diaria afecta a la calidad del agua donde habitan los mismos. En contraposición a esto, la escasez en la ración provoca retrasos en el crecimiento y aumenta la competencia por el alimento, afectando la salud de los peces. Como podemos observar, en ambos casos una dosificación inadecuada de alimento provoca resultados económicos negativos en la cría de peces. Por lo tanto, para optimizar la producción es necesario efectuar un control adecuado en la ración diaria de alimento aportada (MAGyP, 1992).

Las principales variables que influyen en la tasa diaria de alimentación (TDA) de los peces, son la temperatura del agua y el peso del pez. La temperatura puede medirse, mientras que el peso es estimable a través de curvas de crecimiento, las cuales consideran la edad y especie del pez. La TDA porcentual (TDA%) decrece con la edad de los peces, ya que las necesidades nutricionales de los especímenes más jóvenes, son mayores a las necesidades nutricionales de los adultos.

En la provincia de Misiones, gran parte de los piscicultores determinan la TDA requerida por cada pez, utilizando tablas o gráficas de alimentación como la indicada en la figura 1. Como se puede observar en esta figura, la TDA no sólo es sensible a la edad, sino que también a la temperatura del agua donde viven los especímenes. Para dar un ejemplo de esta sensibilidad, a partir de la figura 1 puede notarse que a los 200 días de haber realizado la siembra de peces, la TDA a 21°C es aproximadamente 3,5 gr/pez, mientras que a 27°C es 7 gr/pez. Entonces, para una producción de 500 ejemplares deberá dispersarse 1750 gr/día a 21°C y 3500 gr/día a 27°C, habiendo una diferencia de 1750 gr/día de alimento entre ambas temperaturas. Con esto puede apreciarse que la variación de la TDA con la temperatura del agua, es un factor que influirá notablemente en los costos de producción, si la ración diaria de alimento es dispersada de manera ineficiente sin considerar esta cuestión.

El circuito electrónico propuesto en este trabajo, pretende brindar una opción tecnológica para nuestra región que contribuya a la reducción en los costos de producción y además facilite el trabajo del piscicultor en la alimentación de los peces. A través de este sistema, puede ajustarse automáticamente la ración diaria de alimento (para determinada especie), según la temperatura del agua y la edad de los peces. El circuito propuesto incluye un modo de operación alternativo al automático, donde el productor puede ajustar manualmente una cantidad fija de alimento a dispersar diariamente.

En el prototipo desarrollado, todos los parámetros de configuración y variables de funcionamiento son ingresados y visualizados por el usuario a través de una interfaz de usuario conformada por un display de cristal líquido (LCD) y pulsadores. Cabe aclarar que si bien el mecanismo dispersor no se ha construido, las pruebas de funcionamiento del automatismo fueron realizadas accionando un motor de corriente continua, con el que se estima operaría el dosificador.

^{1,2} Auxiliares de Investigación - FIO - UNaM.

³ Docente - Investigador, FIO - UNaM

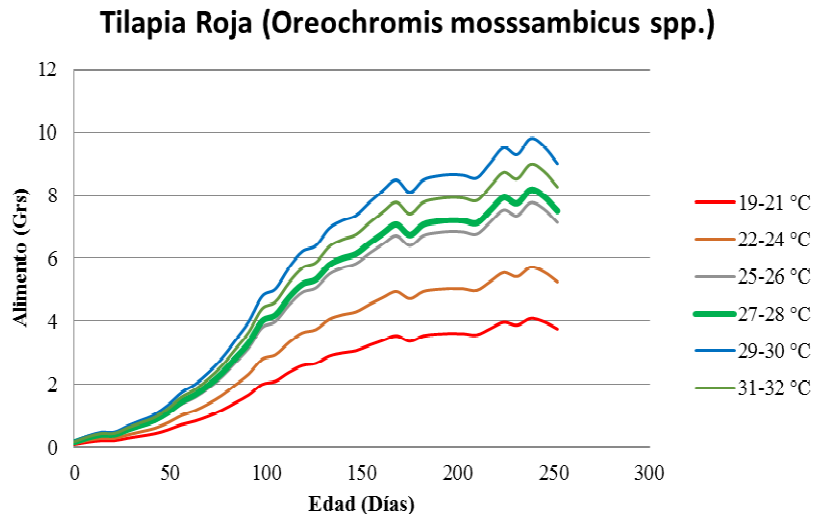


Figura 1: Cantidad de alimento requerido por cada pez, en función de la edad y la temperatura del agua (SOLLA).

A continuación se describen las características de funcionamiento y las principales partes que componen el automatismo propuesto, como así también el dimensionamiento del sistema fotovoltaico utilizado para energizar su circuito.

DESCRIPCION DEL AUTOMATISMO

Partes del sistema

El circuito electrónico diseñado para este automatismo, posee dos partes fundamentales, según puede apreciarse en el diagrama de bloques de la figura 2. El circuito principal indicado en esta figura, procesa la información, controla la alimentación de los peces y permite la interacción entre el usuario y el automatismo. La fuente de alimentación del sistema, permite optar por el uso de energía solar o bien tomar energía de la red de distribución eléctrica, para alimentar al automatismo. El circuito principal posee un microcontrolador que se encarga de realizar varias tareas. Una de ellas es procesar la temperatura del agua del estanque, medida a través de un sensor. Otra tarea efectuada por el microcontrolador, es determinar la edad de los peces y la TDA que requerida. La edad es obtenida a partir de la medición del tiempo transcurrido desde que se ha iniciado la siembra, mientras que la TDA es determinada en base al número de peces y a las curvas de crecimiento según la especie cultivada. Cabe mencionar que estas curvas se encuentran alojadas en la memoria no volátil del microcontrolador, en forma de ecuaciones matemáticas. Para contabilizar el tiempo que permite calcular la edad de los peces, el sistema propuesto dispone de un reloj de tiempo real que posee su propia batería de respaldo, a los efectos de evitar errores de cálculo ante eventuales cortes de energía eléctrica en la alimentación del automatismo. El microcontrolador también gestiona el funcionamiento de la interfaz de usuario (pulsadores y display LCD), la cual permite efectuar la programación de los parámetros de operación del automatismo.

La fuente de alimentación indicada en la figura 2, está diseñada para proveer energía tanto a la placa principal como al motor del dosificador de alimento. Esta etapa del circuito permite energizar al automatismo a partir de las siguientes fuentes: **A)** Red de energía eléctrica y paneles fotovoltaicos (FV) con batería, en este caso el sistema se alimenta con energía solar durante el día y a partir de la red eléctrica durante la noche (en ambos casos se realiza la carga de la batería); **B)** Paneles FV con batería; **C)** Red eléctrica con batería; **D)** Red eléctrica sin batería. Cabe mencionar que en los casos que el automatismo cuente con batería, el proceso de carga/descarga de la misma es gestionado por el microcontrolador de la placa principal.

La fuente de tensión que muestra la figura 2, proporciona los voltajes necesarios para cargar la batería, energizar el motor del dosificador y el resto del automatismo, empleando una de las fuentes antes mencionada. El relé que posee la fuente de alimentación, permite la dosificación de alimento en los horarios programados por el usuario. Este dispositivo acciona el motor del dosificador durante el tiempo necesario para dispersar la cantidad de alimento requerido. Otra función que posee el relé mencionado, es desconectar al motor de la fuente de tensión, para evitar sobre descarga de la batería.

El sensor de temperatura utilizado, proporciona una señal de corriente proporcional a la temperatura del agua del estanque donde se encuentran los peces. Esta señal ingresa a un acondicionador que convierte la corriente en tensión, permite calibrar la medición y adaptar la señal para procesarla con el microcontrolador.

Para determinar la hora y fecha, el automatismo cuenta con reloj de tiempo real (RTC). La fecha es utilizada por el microcontrolador para obtener la edad de los peces, mientras que la hora es para activar el dosificador en los horarios programados por el usuario. Debido a la importancia de la información que brinda este dispositivo, el RTC posee su propia batería de respaldo, que le permite funcionar aún en caso de que la fuente de alimentación se quede sin suministro de energía.

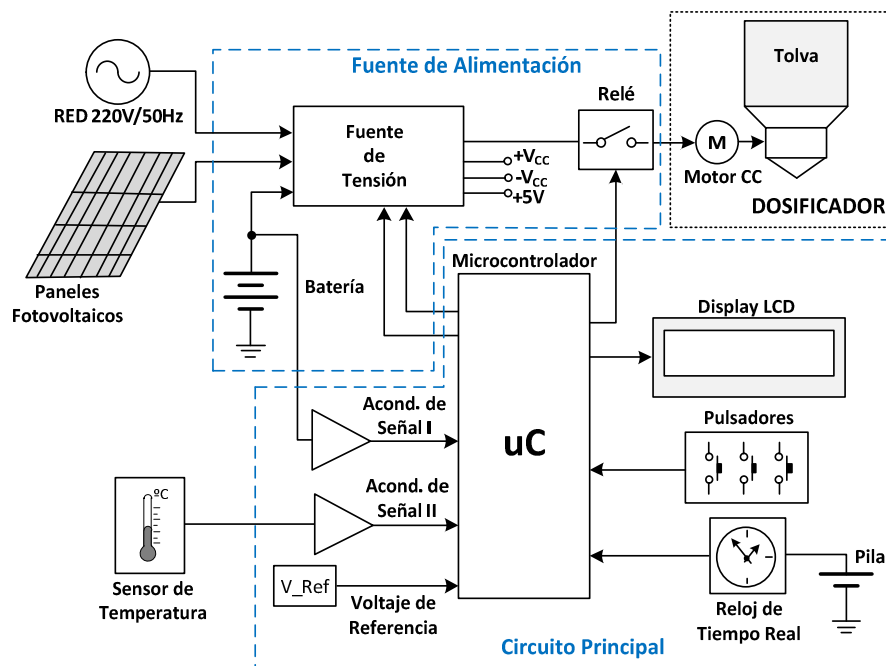


Figura 2: Diagrama en bloques del automatismo para la alimentación de peces.

Los pulsadores y el display LCD que se indican en la figura 2, conforman la interfaz de usuario a través de la cual el productor puede realizar todas las configuraciones necesarias en la operación del automatismo.

Funcionamiento del automatismo

El funcionamiento del automatismo propuesto puede explicarse siguiendo el diagrama de la figura 3. La primera vez que el circuito es energizado, el usuario debe configurar los siguientes parámetros: tipo de fuente de energía (alguna de las cuatro opciones mencionadas), hora actual y caudal másico del dosificador. Seguidamente, debe seleccionarse el modo de operación del automatismo y realizar las configuraciones pertinentes. Existen dos modos de operación: semiautomático y automático.

En el modo semiautomático, el usuario debe configurar la cantidad de alimento y los horarios del día en que debe suministrarse el mismo. En el modo automático, antes de iniciar la alimentación en este modo, debe configurarse la especie cultivada y la edad inicial (en días) de los peces. Finalizada la configuración, el sistema funcionará controlando la alimentación de los peces y la carga/descarga de la batería, en caso de que esta última forme parte de la fuente de energía seleccionada. Todos los valores configurados por el usuario, se almacenan en la memoria no volátil (EEPROM) del microcontrolador. En caso de que no sea la primera vez que se energiza el automatismo, por ejemplo después de una falla en el suministro o si el usuario corta la energía de todo el sistema, los parámetros almacenados en la memoria no volátil, son leídos para continuar con la operación deseada del automatismo.

La operación del sistema en el modo semiautomático, permite que al cumplirse el horario de alimentación, el automatismo activa el dosificador durante un tiempo proporcional a la cantidad de alimento que debe entregarse. En cambio, en el modo automático, al cumplirse el horario de alimentación, el mismo calcula la cantidad de alimento a dispersar en base a la temperatura del agua en el estanque y la edad de los peces. En función del resultado obtenido, el relé activa el dosificador durante un tiempo proporcional a la cantidad de alimento calculada.

El usuario puede cambiar el modo operación o reconfigurar los parámetros individualmente, en cualquier momento durante la operación del sistema. En caso de cambiar el modo de operación (automático o semiautomática), debe realizar la reconfiguración completa de los parámetros requeridos para el modo correspondiente.

Cabe aclarar que, tanto en modo semiautomático como en automático, la cantidad de alimento entregada es directamente proporcional al tiempo que se mantiene energizado el motor del dosificador, siendo la constante de proporcionalidad el caudal másico del mismo.

En el circuito propuesto, cualquier forma de alimentación (con excepción sólo red) garantiza un flujo continuo de energía hacia el microcontrolador, evitando reinicios indeseados en el mismo. Por ejemplo, si el sistema está energizado a partir de la red y cuenta con una batería, al interrumpirse el suministro de la red, automáticamente la batería entra en operación entregando energía a todo el circuito. En el caso de que se utilicen paneles fotovoltaicos y batería, el diseño de esta fuente de energía garantiza el normal funcionamiento del automatismo, aún en condiciones desfavorables donde hay mayor consumo y menor radiación solar. La batería proporciona cierta autonomía en el funcionamiento del automatismo.

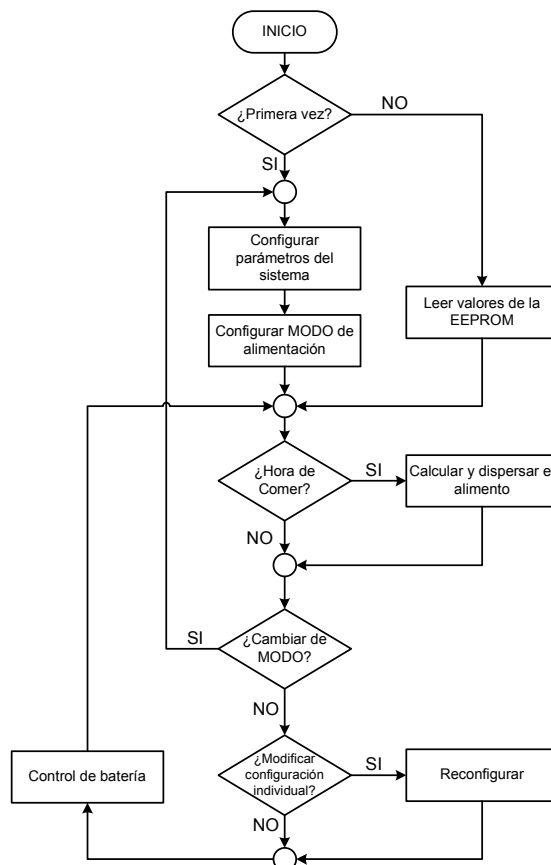


Figura 3: Diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento del automatismo.

En la figura 4 se puede observar que para utilizar la tensión de corriente alterna de la red, la fuente de alimentación del sistema, incorpora un transformador reductor, un puente rectificador y un filtro capacitivo. Esta etapa de la fuente de alimentación permite energizar tanto al motor del dosificador, como al microcontrolador y demás partes de la placa principal.

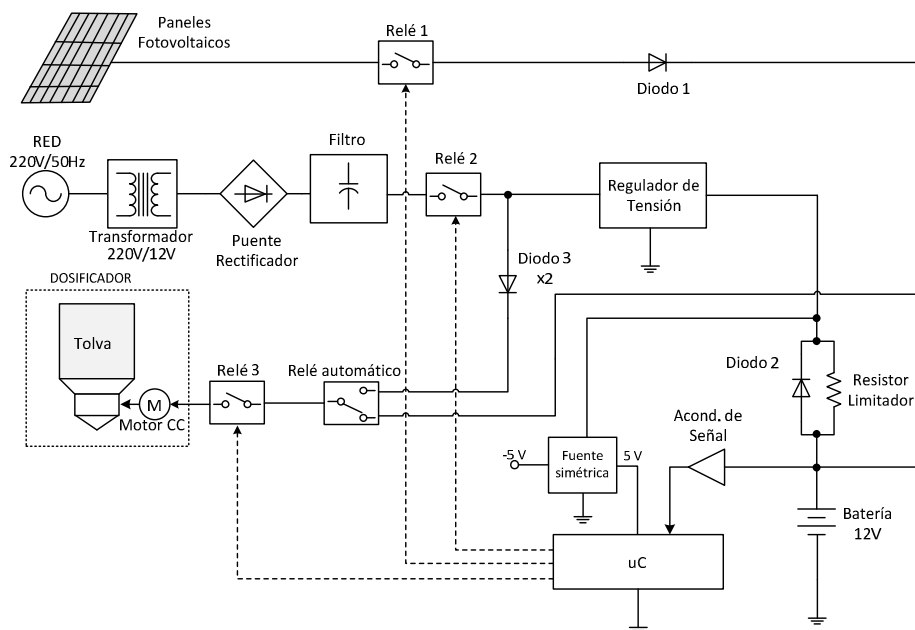


Figura 4: Diagrama en bloques de la fuente de alimentación.

El regulador de tensión indicado en la figura 4, estabiliza la tensión de salida del filtro, para permitir la carga de la batería a través de la red eléctrica, cuando esta forma parte de la fuente de energía del sistema.

Para que el microcontrolador pueda estimar el nivel de carga de la batería (midiendo su voltaje), la fuente de alimentación cuenta con un acondicionador de señal conformado por un divisor de voltaje resistivo, seguido de un filtro pasabajos para filtrar posible ruidos.

El microcontrolador incorporado en la placa principal también controla los modos de alimentación del automatismo, conmutando adecuadamente los relés indicados en la figura 4. El Relé 1 permite cargar la batería a través los paneles FV. La conmutación de este relé posee una ventana de histéresis entre dos niveles de tensión, la cual es considerada como los límites de carga y descarga de la batería por el microcontrolador. El Relé 3 es empleado por el microcontrolador para accionar el dosificador durante un tiempo proporcional a la cantidad de alimento que debe dispersarse en el estanque. El Relé 2 selecciona como fuente de energía a la red eléctrica, cuando el microcontrolador lo ordena. El accionamiento de este relé provoca el cambio de estado del Relé Automático, quien selecciona la red eléctrica para poder energizar el motor del dosificador sin utilizar la batería en caso de que la operación del automatismo lo permita. Si el Relé 2 se desactiva, el Relé Automático vuelve al estado anterior, donde el dosificador puede energizarse desde la batería.

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico (SFV) empleado para abastecer al automatismo y el dosificador, consiste en el cálculo del número de paneles FV y la capacidad de la batería a utilizar, según determinadas condiciones de funcionamiento. Para este trabajo, el SFV se ha proyectado utilizando un método sencillo, basado en el equilibrio energético (Aguilera et al., 2011). A continuación se describe el uso de este método para el dimensionamiento del SFV que incorpora el automatismo.

Estimación del consumo en Ah/Día

A los efectos de saber la demanda que deberá abastecer el SFV, inicialmente se obtiene la cantidad de energía eléctrica consumida diariamente por el conjunto automatismo/dosificador. El consumo total de energía, depende principalmente de la cantidad de peces en el estanque y la especie cultivada. Una manera de estimar correctamente el consumo de energía a lo largo del cultivo de los peces, es simular el crecimiento y calcular la cantidad de alimento demandada en ese tiempo. A modo de ejemplo, se considera el cultivo de Tilapia Roja en un estanque de 1000m², con una densidad de un pez por metro cuadrado. Para esta especie, la cantidad de alimento necesaria en función de la edad y según la temperatura del agua, se obtiene a partir de la figura 1.

Las variaciones de temperatura promedio registradas durante el período de cultivo en un estanque (Wicki et al., 2014), son las indicadas en la tabla 1. Mientras que las cantidades promedio de alimento demandada en los diferentes meses del año, son las expresadas en la tabla 2.

Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
25°C	27,5°C	28,7°C	31,5°C	28,7°C	27,5°C	22,5°C	20°C

Tabla 1: Temperaturas promedio del estanque para el período de cultivo.

Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
346gr	1038gr	2428gr	4989gr	5820gr	6776gr	5010gr	3924gr

Tabla 2: Cantidad promedio de alimento demandada por día para una producción de 1000 peces (Tilapia roja).

Para un dosificador con caudal de 12gr/s, el tiempo promedio de funcionamiento en cada mes, para dispersar la cantidad de alimento indicada en la tabla 2, es el indicado en la tabla 3. Como puede apreciarse en esta tabla, el dosificador demandará más energía eléctrica durante el mes de marzo. Cabe mencionar que los meses presentados en las tablas anteriores, corresponden al periodo de cría anual en nuestra región, para la especie indicada.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
En segundos	28	86	202	415	485	564	417	327
En horas	0,008	0,024	0,056	0,115	0,134	0,156	0,116	0,091

Tabla 3: Tiempos promedio diario de funcionamiento del dosificador.

La tabla 4 computa y resume los consumos de energía presentes en el automatismo y el dosificador, considerando el mes de mayor consumo (marzo).

Descripción	Tensión de trabajo (V)	Corriente consumida (A)	Potencia (W)	Tiempo de funcionamiento (h/Día)	Energía consumida (Wh/Día)
Relé 1	12	0	0	12	0
Relé 2	12	0,03	0,36	0,156	0,056
Relé 3	12	0,08	0,96	12	11,52
Placa principal	5	0,08	0,4	24	9,6
Motor del dosificador	12	7	84	0,156	13,104
Total (E _{CC}) (Wh/Día)					34,28

Tabla 4: Cantidad de energía diaria consumida por el automatismo y el dosificador en el mes de mayor demanda de energía (marzo).

La energía consumida por el Relé 1, se obtiene a partir de los paneles FV, por lo que la cantidad de energía diaria que consume el mismo se considera nula en la tabla 4. La corriente absorbida por este relé, se considera en el dimensionamiento de la cantidad de paneles FV. Considerando el rendimiento de las baterías y el del cableado (η_{Bat} y η_{Cab}), a partir de los datos de la tabla 4, la energía total consumida por el sistema se calcula a través de:

$$E_T = \frac{E_{\text{CC}}}{\eta_{\text{Bat}} \eta_{\text{Cab}}} = \frac{34,28 \text{ Wh/Día}}{0,9 \times 0,98} = 38,86 \text{ Wh/Día} \quad (1)$$

Considerando que los paneles FV que emplea el automatismo propuesto, se conectan a un banco de baterías con tensión $U_{\text{Bat}} = 12\text{V}$, la carga demandada diariamente por el sistema es:

$$I_T = \frac{E_T}{U_{\text{Bat}}} = \frac{38,86 \text{ Wh/Día}}{12\text{V}} = 3,23 \text{ Ah/Día} \quad (2)$$

Ángulo óptimo de inclinación de los paneles

Para calcular el ángulo óptimo de inclinación de los paneles FV, se analiza la relación consumo/irradiación (E_T/G_β) considerando distintos ángulos de inclinación durante todo el año. Seguidamente, para cada ángulo de inclinación se escoge la mayor relación E_T/G_β , determinándose así la peor diferencia entre consumo e irradiación. Luego de esto, se escoge la menor de las relaciones E_T/G_β obtenidas previamente. De esta forma, se halla la inclinación del panel que maximiza la radiación captada para el mes crítico o más desfavorable, donde el consumo es mayor y la irradiación menor.

En la tabla 5 se presentan los datos de irradiación, para diferentes ángulos de inclinación de una superficie captora, ubicada en una latitud de $-27,54^\circ$ (localidad: Oberá, Misiones). Los datos indicados en dicha tabla, fueron obtenidos a través del software RADIASOL.

Siguiendo con el procedimiento explicado anteriormente, a partir de los datos de las tablas 4 y 5 se obtienen las relaciones E_T/G_β . Estos resultados no se incluyen en el presente artículo, para evitar excesivas extensiones. Finalmente, analizando los valores obtenidos para el cociente mencionado, se determina que el mes de Mayo resulta el más desfavorable. Y la inclinación del panel que minimiza la relación consumo/irradiación es de 20° . Según la tabla 5, en estas condiciones la irradiación es de $2,27 \text{ KWh/m}^2\text{Día}$.

Mes	0°	12°	20°	27°	30°	35°	42°	45°
Ene	6,378	6,466	6,288	6,064	5,946	5,728	5,37	5,202
Feb	5,152	5,31	5,228	5,1	5,028	4,89	4,66	4,548
Mar	4,45	4,72	4,704	4,636	4,59	4,498	4,328	4,242
Abr	2,71	2,82	2,81	2,774	2,754	2,706	2,624	2,584
May	2,154	2,266	2,272	2,256	2,246	2,216	2,162	2,132
Jun	2,252	2,488	2,546	2,57	2,574	2,564	2,526	2,502
Jul	2,388	2,638	2,7	2,724	2,726	2,712	2,67	2,638
Ago	3,138	3,486	3,554	3,568	3,564	3,534	3,458	3,414
Sep	4,108	4,448	4,47	4,44	4,408	4,338	4,198	4,124
Oct	5,416	5,704	5,654	5,544	5,476	5,34	5,098	4,982
Nov	5,974	6,104	5,966	5,776	5,678	5,488	5,172	5,024
Dic	6,182	6,242	6,064	5,84	5,726	5,516	5,17	5,012

Tabla 5: Irradiación G_β ($\text{KWh/m}^2\text{Día}$) para distintos ángulos de inclinación (LAT: $-27,54^\circ$).

Determinación de la corriente de proyecto

La corriente de proyecto I_p , representa los amperios que deben entregar los paneles FV durante las horas de sol pleno (HSP). Esto último expresa la cantidad de horas diarias correspondiente a una radiación solar con energía de 1KWh , se obtiene mediante el siguiente cociente:

$$\text{HSP} = \frac{G_\beta}{1\text{KW/m}^2} = \frac{2,27 \text{ KWh/m}^2 \text{ Día}}{1\text{KW/m}^2} = 2,27 \text{ h/Día} \quad (3)$$

A partir de esto, la corriente de proyecto es:

$$I_p = \frac{I_T}{\text{HSP}} = \frac{3,23 \text{ Ah/Día}}{2,27 \text{ h/Día}} = 1,42\text{A} \quad (4)$$

Dimensionamiento del banco de baterías

El cálculo de la capacidad del banco de baterías, se efectúa a través de la siguiente expresión:

$$C_{\text{Bat}} = \frac{I_T \times \text{AUT}}{PD_{\text{Máx}}} \quad (5)$$

Donde C_{Bat} es la capacidad nominal del banco de baterías (Ah), AUT son los días de autonomía deseado y $PD_{\text{Máx}}$ la profundidad de descarga del banco de baterías (se considera 0,8). Considerando una autonomía de 3 días, el banco de baterías debe contar con una capacidad de $C_{\text{Bat}} = 12,11\text{Ah}$. Teniendo en cuenta este resultado, se seleccionan dos baterías de 12V/7Ah modelo BSLA-1270 CPB (Probattery), las cuales son conectadas en paralelo.

Determinación de la cantidad de paneles FV

Para la determinar la cantidad de módulos que son requeridos, primeramente se seleccionan paneles del PS-30 (Enertik) con potencia máxima de $P_M = 30\text{W}$, voltaje nominal $V_{PM} = 18,36\text{V}$, corriente nominal $I_{PM} = 1,63\text{A}$, tensión de circuito abierto $V_{OC} = 22\text{V}$ y corriente de cortocircuito $I_{SC} = 1,75\text{A}$.

El conjunto de paneles FV debe ser capaz de entregar la corriente de proyecto I_p al conjunto automatismo/dosificador. La cantidad de paneles o módulos FV (MOD_p) en paralelo puede calcularse según la ecuación (6). En la misma, FCM es el factor de corrección de módulo, que permite ajustar la corriente del módulo contemplando la acumulación del polvo, degradación con el tiempo, etc. Para paneles de silicio cristalino se considera $FCM = 0,9$. El valor I_{PM} corresponde a la corriente nominal que puede entregar el módulo disponible, pero se resta de ésta la corriente que consume el Relé 1 (40mA), ya que esta no es parte de la carga que se impone a la batería. Por lo tanto, resulta $I_{PM} = 1,59\text{A}$. Para este trabajo, la cantidad de paneles FV en paralelo, resulta:

$$MOD_p = \frac{I_p}{FCM \times I_{PM}} = \frac{1,42\text{A}}{0,9 \times 1,59\text{A}} = 0,99 \quad (6)$$

Según el resultado anterior, con un panel PS-30 se cumplirá con las demandas energéticas requeridas por el automatismo, en las peores condiciones de irradiación solar y de carga.

RESULTADOS

En la figura 5 se puede observar el prototipo desarrollado, el mismo está conectado a la red eléctrica, el panel FV y la batería. Con esto se ensayaron las diversas configuraciones de alimentación y el funcionamiento en cada una de ellas. Se han simulado cortes en el suministro de energía eléctrica y disminución en la cantidad de radiación solar, comprobándose la correcta operación de los relés incluidos en la fuente de alimentación. También se efectuaron, ensayos configurando al prototipo en los distintos modos de funcionamiento (automático y semi-automático), con esto se ha verificado la dosificación correcta de alimento teniendo en cuenta el tiempo en que se enciende el motor de acuerdo a los parámetros ingresados por el usuario y a la temperatura leída por el sensor.

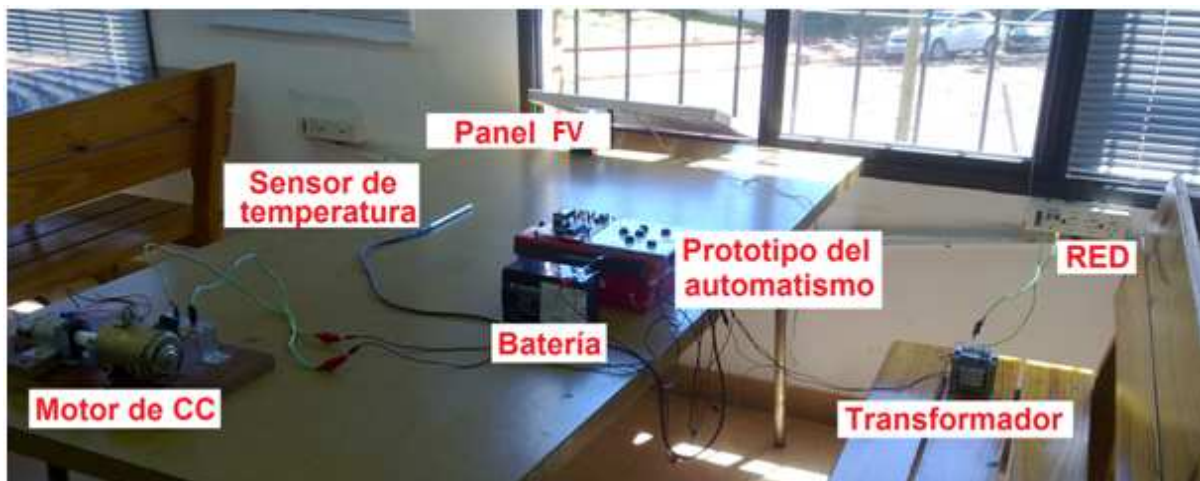


Figura 5: Foto del automatismo bajo ensayo con todas las fuentes de energía.

La figura 6 muestra la parte frontal del prototipo, donde puede visualizarse los pulsadores y el display LCD a través de los cuales el usuario puede realizar la configuración del sistema, ingresando los parámetros correspondientes. La figura 7 muestra la disposición de las placas en el interior del gabinete. La placa que se encuentra sobre el frente del gabinete, corresponde al circuito principal. Mientras que la placa ubicada en el fondo del gabinete, corresponde a la fuente de alimentación.

En la figura 8 se muestra una imagen representativa del automatismo, incluyendo el gabinete con sus baterías, el panel FV y el dosificador de alimento. El diseño y la construcción del dosificador no forma parte de este trabajo. Las consideraciones realizadas para el diseño del prototipo desarrollado, contempla que el sistema sería adaptable a distintos dosificadores existentes en el mercado, ya que en las ecuaciones de cálculo en la cantidad de alimento se considerado el caudal másico como un parámetro de configuración del automatismo.



Figura 6: Vista exterior del prototipo.

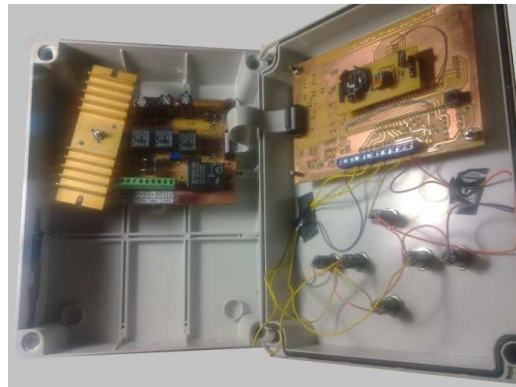


Figura 7: Vista interior del prototipo.

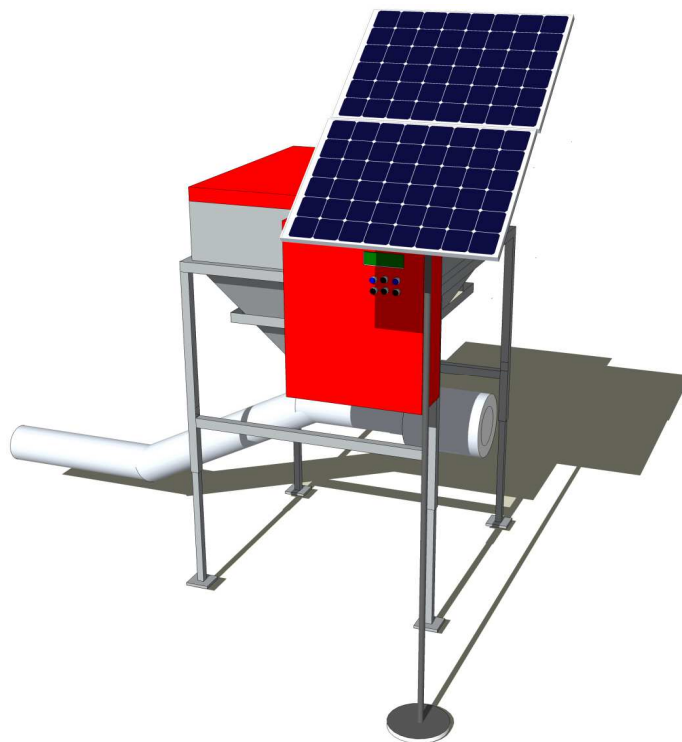


Figura 8: Imagen representativa del automatismo incluyendo el dosificador y el panel FV.

CONCLUSIONES

El prototipo del automatismo propuesto, ha sido desarrollado con componentes fácilmente asequibles en nuestro país, para posibilitar su construcción y reparación en caso de avería. Esto facilitaría su adquisición a los piscicultores de la zona. La implementación de esta propuesta en la cría intensiva de peces, permitirá disminuir el desperdicio de alimento, ayudando a preservar la calidad del agua. Además, evitará pérdidas económicas, al posibilitar que los peces reciban diariamente una ración adecuada de alimento. También simplificará el trabajo del piscicultor, ya que el mismo solamente deberá verificar que el dosificador contenga la cantidad de alimento necesario. Mediante la utilización del automatismo propuesto, no solo se mejoraría la producción, sino que también se estaría incentivando el aprovechamiento de la energía solar y así promover en nuestra región el uso de las energías renovables para esta actividad.

REFERENCIAS

- Aguilera J. y Hontoria L. (2011); “Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos”; Curso de Energía Solar Fotovoltaica, CIEMAT.
- Enertik. Paneles solares. <http://www.enertik.com.ar/ps30> Fecha de acceso Agosto 2014.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay, MAG (2011); “Manual Básico de Piscicultura para Paraguay”, pág. 41.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, MAGyP (1992); “Cultivo de carpa y otros peces en estanques”. Disponible en: http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/06_publicaciones/index.php. Fecha de acceso Agosto 2014.
- Probattery. Disponible en: http://www.probattery.com.ar/nueva/home_con.php?pagina=con_producto.php&categoria_id=7&producto_id=BSLA-1270-CPB&agrup= Fecha de acceso Agosto 2014.
- SOLLA. Programa de alimentación para peces de aguas cálidas. Disponible en: <http://www.solla.com/productos/acuicultura/solla-peces-20> Fecha de acceso Agosto 2014.
- Wicki G., Rossi F.y Laura Luchini L.; “Utilización de la característica de crecimiento compensatorio en *Piaractus Mesopotamicus* su importancia en la producción”. Disponible en: <http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/index.php> Fecha de acceso Agosto 2014.

ABSTRACT: This paper presents an electronic circuit designed to automate the balanced feed dosage in intensive fish production. The prototype developed allows to deliver a daily feed rate of, calculated by the circuit, considering the water temperature, species, number and age of farmed fish. The circuit operates with solar photovoltaic and / or through the electrical distribution network. In this paper the characteristics associated with feeding fish during their breeding operation and the fundamental characteristics of the prototype, as well as the sizing of your power supply are explained. The evaluations of laboratory gave positive results. The proposal will contribute to improving regional fish production, as it will dosing an adequate amount of food at appropriate times, prevent shortages and excesses of it, avoiding economic losses associated with food and also reducing the work of the farmer fish.

Keywords: Fish farming, fish farming, food, automation, photovoltaics.