

# SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA CON APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA ALTERNATIVA MEDIANTE UN CONTROL DISTRIBUIDO

Gabriel Alejandro Cortés Naranjo<sup>a</sup>, José Andrés Fiallos Núñez<sup>a</sup>,

<sup>a</sup>Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Sede Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.  
cortes\_gabo9@yahoo.es, andres\_fiallos90@hotmail.com

## SYSTEM OF WATER RECIRCULATION WITH USE OF ALTERNATIVE ENERGY BY MEANS OF A DISTRIBUTED CONTROL

**Resumen** – En el sector de Yanayacu del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi se incursiona en la crianza de truchas, por lo que se requiere avances tecnológicos que le permitan generar una producción rentable y eficiente. Con este objetivo se desarrolla el proyecto de: “diseño, construcción y automatización de un sistema hidráulico para la producción de truchas para la Quinta el Pedregal ubicada en el mencionado sector, con aprovechamiento de energía alternativa, mediante un control distribuido”, el cual permite el bombeo automatizado para recircular agua para las piscinas, de esta manera generando una buena oxigenación por medio de golpe de cascada en el agua, para su alimentación energética se incursionó en la generación de energía alternativa, por medio de una investigación previa en la zona.

**Palabras clave** – ingeniería mecatrónica, automatización – industria acuícola, energía renovable.

**Abstract** – This project is to design and construct a plastic thermoforming machine with automatic control for manufacturing parts for the company MIVILTECH INDUSTRIAL SOLUTIONS SA. At present, plastic thermoforming machines have gained territory in the industrial market, as it uses a useful technique for production processes more agile, efficient and economical for different items made in any kind of plastics. Based on the needs required in the area of production, designed and built the constituent part of the machine in order to increase elaborate pieces reducing costs and production times for the company. The machine consists of different systems such as mechanical, vacuum, pneumatic, heating and electricity, the same that are sized according to the requirements requested from management and suggestion ourselves. All actuation is controlled and automated using a PLC LOGO! Whose interface is based on pushbuttons.

**Keywords** – automatic control, plastics, system vacuum, thermoforming

### I. INTRODUCCIÓN

La recirculación de agua es una técnica usada para beneficios en la acuicultura, con la cual se ahorra líquido vital; teniendo como efecto la oxigenación en las piscinas. Al efectuar un estudio de energías alternativas para su implementación, se logró abastecer de sustento energético limpio y seguro al proyecto siendo eficiente e innovador en la zona de YANAYACU – SALCEDO.

### II. BOMBEO, RECIRCULACIÓN Y ENERGÍA SOLAR

#### A. Definición de bombeo y recirculación

El incremento sostenible de la producción de alimentos depende del sano y eficiente uso del agua, y de las prácticas de conservación que consiste principalmente en el desarrollo de bombeo y manejo de recirculación del líquido [1].

Los lineamientos a considerar en el bombeo y recirculación de agua son:

- **Conservación del agua:** al tratar de conservar el agua más que efectos se puede derivar en sugerencias de instalación, como parte fundamental del bombeo es que no exista pérdidas por transporte del agua. Cuando conservamos el agua en un bombeo, se puede decir que estamos haciendo un bien favorable al medio ambiente.
- **Requerimientos de bombeo:** lo principal ante un bombeo es saber el promedio de la demanda de agua durante su proceso, y un pico o promedio de consumo de agua diario.
- **Sistema de recirculación:** existen diferentes tipos de sistemas los cuales su finalidad es oxigenar al agua mediante un golpe por cascada. El que se utilizó en el proyecto es el de vertedero simple con espumante, ya que es a caída libre.

### B. Definición de energía solar

La energía solar es una fuente de energía permanente, dicha fuente proviene del sol. La energía captada viaja a través del espacio en forma de radiación llegando a la atmosfera de la tierra un porcentaje menor al 60%, ya que la demás se refleja al espacio a causa de la atmosfera. La radiación provocada por el sol es percibida en forma de luz, cuya estructura contiene fotones que se producen de reacciones nucleares del sol y para aprovechar dicha energía se la debe absorber con celdas fotovoltaicas de silicio.

Dentro de las aplicaciones más comunes con energía solar se pueden nombrar las siguientes:

- **Energía eléctrica:** capta la luz que emite y llega a la tierra mediante un sistema específico que lo transforma en electricidad y esta energía debe ser almacenada en baterías para luego ser aprovechada por el ser humano.
- **Energía térmica:** dichos sistemas se los conoce como sistemas pasivos, ya que estos mediante una recolección indirecta de energía solar la transforma en electricidad, a través de los paneles fototérmicos.

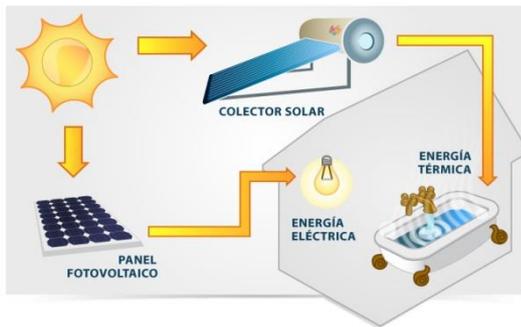


Fig. 1. Energía solar.

### III. DISEÑO DE SISTEMAS

Para implementar el sistema de recirculación se realiza el diseño de varios sistemas; bombeo, energético, control. A continuación se describen los diferentes sistemas diseñados.

#### A. Diseño del sistema de bombeo

Se realiza el diseño del sistema teniendo en cuenta el requerimiento comercial, así también del volumen de agua que se desea bombear. Se diseña el sistema mecánico con los siguientes parámetros.

- Estructura: soporta los sistemas y elementos que constituyen al sistema en energización, diseñada con el correcto factor de seguridad para resistir los pesos de todos los elementos.

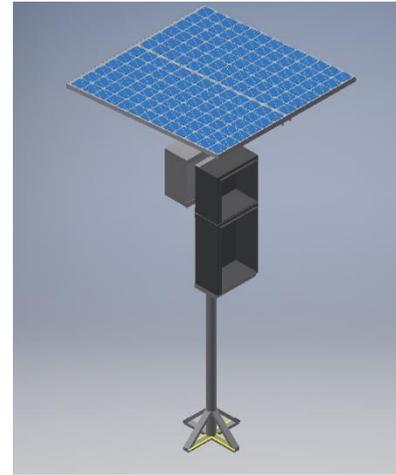


Fig. 2. Estructura metálica.

- Selección de la bomba de corriente continua: tiene dos funciones, la primera es funcionar en forma directa por la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos y la segunda es actuar mediante baterías o acumuladores de energía.

Para el cálculo se recurre al teorema de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Donde:

$$\frac{P}{\gamma} = \text{Carga presión}$$

$$Z = \text{Carga elevación}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{Carga velocidad}$$

$$h_A = \text{Energía de la bomba}$$

$$h_L = \text{Perdida fricción del fluido}$$

$$h_R = \text{Energía que se remueve}$$

Despejando para saber la energía necesaria de la bomba nos queda:

$$h_A = \frac{v_2^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + h_L$$

$$h_A = 0.020229m + 30 + 2$$

$$h_A = 32 \frac{Nm}{N}$$

Para calcular la potencia de la bomba se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_A = h_A \gamma Q$$

Donde:

$$\gamma = \text{constante del agua a } 4^\circ\text{C}$$

$$P_A = 32 \frac{Nm}{N} \times 10000 \frac{N}{m^3} \times (5 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s}$$

$$P_A = 160 \frac{Nm}{s} \approx 160W \approx 0.21HP$$



Fig. 3. Bomba de corriente continua.

### B. Diseño del sistema de energización

Se realiza el diseño de las partes teniendo en cuenta el máximo voltaje de trabajo para optimizar el sistema durante el funcionamiento del bombeo.

- Paneles fotovoltaicos: el arreglo de módulos a utilizar se descompone del tiempo de uso y potencia del sistema.

Al tener datos como la cantidad de potencia por cada unidad de área por hora que se necesita al día, se recurre al cálculo de la carga necesaria que se procede al dividir la potencia del sistema con el voltaje de alimentación, que es de 45 voltios al día de las celdas, el mismo que se da así:

$$\frac{2640 \frac{W}{\text{día}} / \text{hora}}{45V/\text{día}} = 58.67 A/\text{hora}$$

El valor de 45 V es el voltaje necesario del sistema para su funcionamiento. El proyecto será alimentado con C.C. (corriente continua) por lo que un factor de inversión será de 1, al no haber inversión de C.C. a C.A. (corriente alterna). El asignar un factor de seguridad al sistema con el 20% de posibilidades ante fallas por incidencia naturales, como son el polvo, lluvia, etc.; el factor de seguridad es de 1.2 como se determina en OMM, para poder dimensionar posibles voltajes corrientes y potencias.

El valor de la corriente del sistema será solo de información ideal, ya que al cálculo de una corriente corregida se la multiplica por el factor de seguridad, por consiguiente:

$$\text{corriente corregida} = 58.67 Ah \times 1.2 = 70.40 Ah$$

A continuación se REQUIERE el valor de radiación solar, mediante una media calculada se destinó el valor de 4.41 kW/m<sup>2</sup>. En secuencia se logra identificar la corriente pico del sistema al cual solo se divide la corriente corregida con la radiación solar promedio antes descrita:

$$\text{corriente pico} = \frac{70.40 Ah}{4.41 kW/m^2} = 15.96 A$$

Con todos los datos antes descritos y con sus respectivos cálculos, se procede con un dimensionamiento de los módulos FV o como son conocidos paneles fotovoltaicos, los cuales a través de ciertos arreglos algebraicos se estimar una cantidad necesaria para el sistema, que a continuación se describe:

$$\text{factor de corriente} = \frac{\text{corriente pico del sistema}}{\text{corriente pico del manual}}$$

$$\text{factor de corriente} = \frac{15.96 A}{11 A} = 1.44$$

El valor de 11 amperios se seleccionó como cantidad de corriente necesaria descrita en el manual, este valor permite el desempeño del sistema y garantizada su eficiencia. Al

tener un factor de corriente, se sigue con el cálculo de un factor de tensión el mismo que se describe a continuación:

$$\text{factor de tensión} = \frac{\text{tensión del sistema}}{\text{tensión del manual}}$$

$$\text{factor de tensión} = \frac{45 \text{ V}}{33 \text{ V}} = 1.36$$

Por último se inicia el cálculo de un arreglo de módulos F.V.:

$$\text{arreglo de módulos} = 1.44 \times 1.36 = 1.96$$

El sistema necesita de 1.96 paneles fotovoltaicos, los cuales por razón de disponibilidad comercial se seleccionaron 2 paneles F.V. y de características de 150W y de tensión 24 V. por modulo fotovoltaico; de esta manera se logra obtener la suficiente captación solar para producción de energía eléctrica.

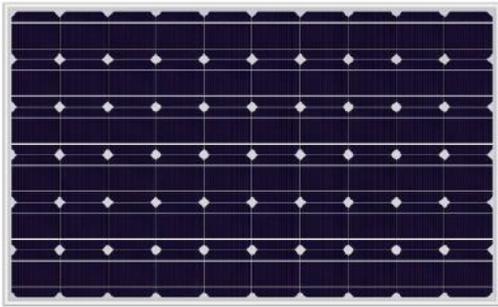


Fig. 4. Panel Fotovoltaico

- Arreglo de banco de baterías: Para un arreglo de baterías en serie o paralelo se aplica la siguiente ecuación, la cual nos permite saber la cantidad de baterías que se deben adquirir y de la misma forma sus características de potencia y voltaje:

$$\text{capacidad banco de baterias} = \text{dias de autonomía} \times \text{carga en CC}$$

Es necesario corregir el dato de capacidad con la profundidad de descarga, este es un índice que indica cuanto se va a descargar la batería, siempre debe ser  $< 1$ , ya que si fuera uno la batería se descargaría completamente; por lo que se designará con 0.7, que significa 70% de descarga. Así la corrección sería:

$$\text{capacidad corregida} = \frac{117.34 \text{ Ah}}{0.7} = 167.62 \text{ Ah}$$

Como dato técnico se tiene que la capacidad de batería es de 85 Ah, con lo que se determinara un arreglo de baterías en paralelo de la siguiente manera:

$$\# \text{ baterias en paralelo} = \frac{\text{capacidad corregida}}{\text{capacidad de la batería}}$$

$$\# \text{ baterias en paralelo} = \frac{167.62 \text{ Ah}}{85 \text{ Ah}} = 1.97$$

En lo que se puede identificar que se necesitarán dos baterías en paralelo.

En cambio sí se requiere el sistema con baterías en serie solo se debe tener en cuenta la tensión que trabaja el sistema y la tensión que puede ofrecer la batería como dato técnico, es así como se procede a su cálculo:

$$\# \text{ baterias en serie} = \frac{24 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 2$$

Al igual que baterías en paralelo, para un sistema en serie, se tiene la necesidad de colocar dos baterías para una autonomía de 12 horas, con lo cual el sistema puede ser autónomo energéticamente por fallas de generación en los paneles.



Fig. 5. Batería UCG

#### IV. RESULTADOS

Para poder realizar dicha prueba se procede a suministrar al controlador de la bomba diferentes voltajes de entradas para verificar el caudal con el que llega a la piscina superior los cuales se los indican en la siguiente Tabla 1 en la que se especifica los voltajes ingresados y el caudal que se obtiene.

Los parámetros que se calibraron en las diferentes pruebas se los indica a continuación.

TABLA I  
PARÁMETROS DE LAS PRUEBAS DE VOLTAJE vs. CAUDAL

Voltaje (Vcc)	Caudal (L/min)
24	6
36	9
48	10
60	13



Fig. 6. Caudal a 48 voltios.

## V. CONCLUSIONES

- El análisis efectuado del clima en la zona, permitió delinear propiedades de la energía a utilizar en la recirculación de agua; precisando la selección de componentes solares ideales, para la solución de adquisición de energía alternativa.
- Se diseñó y se construyó un sistema de recirculación de agua que posee una implementación de energía alternativa, controlada a distancia.
- En relación al costo de adquisición e instalación del sistema, representa un proyecto costoso, pero si se lo compara con COSTOS en el mercado, resulta una inversión factible con la generación y recuperación de inversión inicial de dos años.

## REFERENCIAS

- [1] Frankel, p., & Thake, J. Dispositivos de Elevación de Agua, 5ta ed., Alfaomega, Mexico, 2008.

Gabriel Cortés. Nació el 26 de Octubre del 1988 en Ambato provincia de Tungurahua, Ecuador.

Es graduado de Ingeniero en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el año 2015.

Áreas de Interés: Sistemas CAD/CAM/CAE, Automatización y control, Robótica industrial y Redes industriales.

*e – mail:*

*ingmecatronicogabrielcortes@gmail.com*



Andrés Fiallos. Nació el 22 de Mayo de 1990 en Ambato provincia de Tungurahua, Ecuador.

Es graduado de Ingeniero en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el año 2015.

Áreas de Interés: Sistemas CAD/CAM/CAE, Automatización y control de procesos, Robótica industrial y Redes industriales.

*e – mail: andres\_fiallos90@hotmail.com*

