

Rendimiento Energético General en el Sistema de Riego por Surcos



General Energy Yield in the Furrows Irrigation System

<https://cu-id.com/2177/v33n1e02>

^①Oscar Brown-Manrique^{1*}, ^②Alexander Hernández-Rodríguez¹, ^③Gisel Guerra-Hernández¹,
^④Beatriz Melo-Camaraza¹, ^⑤Yaily Beltran-Perez^{II}, ^⑥Dayma Carmenates-Hernandez^{III}

¹Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez (UNICA), Ciego de Ávila, Cuba.

^{II}Cooperativa de Producción Agropecuaria 8 de marzo, Ciego de Ávila, Cuba.

^{III}Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

RESUMEN: La eficiencia energética de los sistemas de riego es un aspecto de gran importancia en todos los procesos de diseño y manejo; por este motivo se desarrolló una investigación en la finca "Tío Pedro" ubicada en el municipio de Venezuela, provincia Ciego de Ávila durante los años 2021 y 2022 con el objetivo de estimar el rendimiento energético general en el sistema de riego por surcos. Durante este periodo la unidad de bombeo funcionó con el siguiente régimen de operación promedio: caudal de bombeo de 61,1 L s⁻¹; tiempo de bombeo de 2,8 horas y carga de bombeo de 18,2 m. Este comportamiento determinó una potencia hidráulica de 10,9 kW y rendimiento de la bomba de 85,2%. La energía suministrada en el bombeo fue de 429,4 kWh y la energía absorbida en el periodo evaluado de 631,9 kWh. En relación con los parámetros energéticos del sistema se obtuvo un balance energético del suministro de 7,4 m; un índice de carga energética del sistema de 15,2 m; un rendimiento energético del bombeo de 68,2% (excelente) y un rendimiento energético general del sistema de 34,0% (normal).

Palabras clave: Eficiencia hidráulica, potencia hidráulica, rendimiento energético del bombeo.

ABSTRACT: The energy efficiency of irrigation systems is an aspect of great importance in all design and management processes; For this reason, an investigation was carried out in the "Tío Pedro" farm located in the municipality of Venezuela, Ciego de Ávila province during the years 2021 and 2022 with the objective of estimating the general energy yield in the furrow irrigation system. During this period, the pump unit offers the following average operating regime: pump flow rate of 61.1 L s⁻¹; pumping time of 2,8 hours and pumping head of 18.2 m. This behavior reduces a hydraulic power of 10.9 kW and a pump efficiency of 85.2%. The energy supplied in pumping was 429.4 kWh and the energy absorbed in the evaluated period was 631.9 kWh. In relation to the energy parameters of the system, an energy balance of the supply of 7.4 m was obtained; a system energy load index of 15.2 m; an energy efficiency of the pumping of 68.2% (excellent) and a general energy efficiency of the system of 34.0% (normal).

Keywords: Hydraulic Efficiency, Hydraulic Power, Energy Efficiency of Pumping.

INTRODUCCION

En el contexto actual caracterizado por el cambio climático, el incremento de la eficiencia en el uso del agua y la energía en la agricultura es de vital importancia, por lo que es necesario generar acciones de adaptación que permitan ajustar el proceso de planificación, operación y evaluación del desempeño del riego (Selim *et al.*, 2018; López-Silva *et al.*, 2019).

La programación del riego presenta gran significación en la reducción de los consumos de agua y energía en los sistemas de riego; así como en el incremento de los rendimientos de los cultivos; sin

embargo, en ocasiones los productores no conceden el valor que tiene el control del consumo energético en la actividad del riego; para lograr un uso eficiente de la energía (Cisneros-Zayas *et al.*, 2020).

El estudio de la eficiencia energética de una red de riego se debe realizar sobre la base del diagnóstico energético del sistema el cual permite obtener una visión del estado actual de la red y de sus posibilidades de mejora (Martínez-Aguilar *et al.*, 2020). Los resultados permiten elaborar un modelo matemático para simular las condiciones del sistema, realizar auditorías hídricas y energéticas de la red y adoptar una serie de medidas que aumenten la

*Autor para correspondencia: Oscar Brown-Manrique, e-mail: obrown@unica.cu

Recibido: 20/05/2023

Aceptado: 09/12/2023

eficiencia energética con el propósito de reducir el consumo energético (Roselló-Tornero, 2018).

El rendimiento energético de un sistema de bombeo es una medida de la eficiencia con la que se convierte la energía eléctrica en energía hidráulica para mover el líquido a través de la tubería y superar la carga del sistema y se define como la relación entre la energía hidráulica entregada por la bomba y la energía eléctrica consumida por la bomba (Barreda-Trujillo, 2012). Cuando la definición anterior se enfoca específicamente en la eficiencia con la que se convierte la energía eléctrica en energía hidráulica para irrigar los cultivos; entonces se hace referencia al concepto de rendimiento energético de un sistema de riego.

Las evaluaciones para determinar la eficiencia energética de un sistema de riego deben apoyarse en el proceso de toma de decisiones considerando las mejoras en el sistema de distribución de agua, para optimizar el consumo de energía y la planificación económica (Stambouli et al., 2014; Tarjuelo et al., 2015; Tornés-Olivera et al., 2016; 2020; Selim et al., 2019). En este sentido, el objetivo de este trabajo es determinar el rendimiento energético general en el sistema de riego por surcos en la finca Dos Amigos de la provincia de Ciego de Ávila.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en la finca Tío Pedro del municipio de Venezuela, provincia Ciego de Ávila, Cuba que se encuentra ubicada a los 21°45'04" de Latitud Norte y 78°46'45" de Longitud Oeste. El área experimental consistió en un experimento en franja completamente aleatorizado con una longitud de 251,60 m y un ancho variable en correspondencia con el espaciamiento entre surcos según el cultivo evaluado.

En esta superficie se seleccionaron 10 surcos representativos y se subdividió en tres subparcelas con una longitud de 62,90 m con el propósito de lograr un mayor control de las variables experimentales (Figura 1). Los surcos evaluados fueron los tres surcos centrales de las cuatro parcelas.

En la investigación se evaluaron los cultivos de frijol negro de la variedad ICA PIJAO sembrado con espaciamiento entre plantas de 10 cm y entre surcos de 60 cm para un marco de plantación de 0,24 m² y tomate de la variedad L-43 sembrado con espaciamiento entre plantas de 34 cm y entre surcos de 90 cm para un marco de plantación de 1,22 m². Estos cultivares fueron sembrados con una profundidad promedio del surco de 20 cm y se tuvieron en cuenta las normas establecidas para este tipo de suelo acorde con las orientaciones del Ministerio de la Agricultura (Minag-Cuba, 2000; 2009). Las fechas de siembra y cosecha fueron las que se exponen en la Tabla 1.

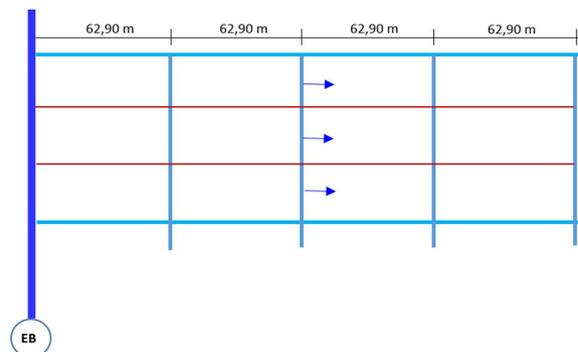


FIGURA 1. Representación esquemática del área experimental.

TABLA 1. Fechas de siembra y cosecha.

Cultivo	Fecha de siembra o plantación	Fecha de cosecha
Tomate	04/11/2021	14/02/2022
Frijol	07/01/2022	24/04/2022

En el área de estudio se encuentra establecido un sistema de riego por surcos abiertos compuesto por una bomba centrífuga vertical sumergida Caprari del tipo T8C/7/8-71X conectada a un motor eléctrico sumergido asíncrono con acoplamiento de 100 mm diámetro a las partes hidráulicas; una obra hidráulica de mampostería para la derivación del agua; el canal principal excavado en tierra y sin revestimiento con ancho superficial de 1,85 m; ancho de base de 0,12 m; altura total de 0,38 m y longitud de 512 m. Este se utiliza para el suministro de agua a la red interna de riego de la finca donde se encuentra la parcela experimental.

El caudal de operación de la bomba se obtuvo en la tubería de descarga a partir de la medición del tiempo en que se llenó la obra de mampostería para la derivación del caudal construida junto a la bomba con dimensiones de 3,00 m de ancho, 2,55 m de largo y 1,00 m de altura para un volumen total de 7,65 m³. Se empleó el método volumétrico según Pérez (2022) a partir de la medición del tiempo en que se llenó la obra de derivación del caudal por medio de un cronómetro digital con precisión de 0,10 segundos.

Los parámetros eléctricos del motor medidos fueron la corriente, el voltaje y el factor de potencia con la utilización del analizador de redes eléctricas de la marca SPERRY DSA-500. Las variables se midieron en cada uno de los riegos realizados durante todo el periodo y se repitieron cinco veces para la obtención del valor promedio.

La carga total de trabajo de la bomba se obtuvo mediante la aplicación del balance de energía entre dos puntos; es decir, entre la superficie del nivel del agua en el pozo y en la salida de la tubería de descarga. En este análisis el nivel de referencia se trazó por la base del equipo de bombeo. Si se anulan las presiones en la aspiración y la descarga por ser

puntos donde actúa la presión atmosférica, se obtiene la siguiente expresión matemática para la estimación de la carga total de trabajo de la bomba:

$$H_B = \frac{v_d^2}{2g} + (Z_d - Z_a) + \Sigma h_{T_{a-d}} \quad (1)$$

Donde H_B es la carga total de trabajo de la bomba (m); v_d la velocidad en la tubería de descarga ($m s^{-1}$); g la fuerza de gravedad ($m s^{-2}$); Z_a la altura de aspiración respecto a la base de la bomba (m); Z_d la altura de descarga respecto a la base de la bomba (m); $\Sigma h_{T_{a-d}}$ las pérdidas totales de energía por fricción y localizadas (m).

La eficiencia del motor en el sistema de bombeo se estimó a partir de la potencia hidráulica de la bomba y las pérdidas de energía en el sistema. Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$\eta_m = \frac{P_h}{(P_h + \rho \cdot g \cdot \Sigma h_{T_{a-d}})} 100 \quad (2)$$

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q_B \cdot H_B \quad (3)$$

Donde η_m es el rendimiento del motor (%); P_h la potencia hidráulica (W); ρ la densidad del agua ($kg m^{-3}$); g la aceleración de la gravedad en ($m s^{-2}$); las pérdidas totales de energía por fricción y localizadas (m); Q_B el caudal descargado por la bomba ($m^3 s^{-1}$); H_B la carga total de trabajo de la bomba (m).

El rendimiento de la bomba se calculó con base en la ley de conservación de la energía. En este caso, la energía total en el sistema de bombeo se compone de la energía entregada por la bomba al líquido, la energía consumida por la bomba y las pérdidas de energía en el sistema. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\eta_b = \frac{\eta_{em}}{\eta_m} 100 \quad (4)$$

Donde η_b es el rendimiento de la bomba (%); η_{em} el rendimiento electromecánico del conjunto motor - bomba. Este rendimiento se determinó analíticamente a partir de la relación entre la potencia hidráulica y la potencia del motor en función del voltaje de alimentación del motor, la corriente eléctrica que consume el motor y el factor de potencia del motor.

La evaluación energética de los equipos de bombeo bajo las condiciones de manejo reales del sistema de riego superficial se realizó acorde con los criterios del Instituto de Diversificación Energética (IDAE) según [Martínez \(2015\)](#), los cuales permiten establecer el rendimiento energético a partir de las auditorías energéticas en los sistemas de riego. Se evaluaron tres parámetros energéticos: rendimiento energético general, rendimiento energético del bombeo y rendimiento del suministro energético del sistema de riego.

El rendimiento energético general del sistema de riego por surcos se determinó como el producto entre el rendimiento energético del bombeo y el rendimiento del suministro energético del sistema de riego. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$\eta_{EG} = \eta_{EB} \cdot \eta_{ES} \quad (5)$$

Donde η_{EG} es el rendimiento energético general del sistema de riego (%); η_{EB} el rendimiento energético del bombeo (%); η_{ES} el rendimiento energético del sistema de riego (%).

El rendimiento energético del bombeo se definió a través de la división de la energía suministrada en el bombeo respecto a la energía absorbida en el periodo evaluado. Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

$$\eta_{EB} = \frac{E_{SB}}{E_{ABS}} 100 \quad (6)$$

$$E_{SB} = \sum_{i=1}^{N_r} (P_h)_i \cdot (T_B)_i \quad (7)$$

$$E_{ABS} = \frac{\sum_{i=1}^{N_r} (P_h)_i \cdot (T_B)_i}{(\eta_b)_i \cdot (\eta_m)_i \cdot (\eta_v)_i} \quad (8)$$

Donde η_{EB} es el rendimiento energético del bombeo (%); E_{SB} la energía suministrada en el bombeo (kWh); E_{ABS} la energía absorbida en el periodo evaluado (kWh); P_h la potencia hidráulica de salida (kW); T_B el tiempo de bombeo en cada evento de riego i (h); N_r la cantidad de riego realizado en el ciclo del cultivo; η_b el rendimiento de la bomba; η_m el rendimiento del motor; η_v el rendimiento del variador de velocidad.

El rendimiento energético del bombeo se calculó mediante el cociente entre el balance energético del suministro y el índice de carga energética del sistema de riego. Las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

$$\eta_{SE} = \frac{\Delta E}{ICE} 100 \quad (9)$$

$$\Delta E = \frac{\sum_{i=1}^{N_r} (V_R)_i \cdot (H_B)_i}{V_T} \quad (10)$$

$$ICE = \frac{\sum_{i=1}^{N_r} (V_B)_i \cdot (H_B)_i}{V_T} \quad (11)$$

$$(V_R)_i = M_n \cdot (T_B)_i \quad (12)$$

$$(V_B)_i = (Q_B)_i \cdot (T_B)_i \quad (13)$$

$$V_T = \sum_{i=1}^{N_r} (V_B)_i + V_{LL} \quad (14)$$

Donde η_{SE} es el rendimiento del suministro energético del sistema de riego (%); ΔE el balance energético del suministro (m); ICE el índice de carga energética del sistema de riego (m); $(V_R)_i$ el volumen de agua requerido en cada turno de riego i (m^3); M_n la norma de riego neta según [Pacheco et al. \(2007\)](#); $(V_B)_i$ el volumen de agua bombeado en cada turno de riego i (m^3); V_{LL} el volumen de agua aportado por las lluvias

en el ciclo del cultivo (m^3); V_T el volumen total de agua recibido por el cultivo en el ciclo vegetativo (m^3).

La evaluación del rendimiento energético general del sistema (η_{EG}) y del rendimiento energético del bombeo (η_{EB}) se realizó según criterios de IDAE [Martínez \(2015\)](#), como se muestra en la [Tabla 2](#).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la [Tabla 3](#) y en la [Tabla 4](#) se muestran los resultados de caudal descargado por la bomba y el rendimiento de la bomba para un valor de 1450 revoluciones por minutos para los cultivos de tomate y frijol. En el caso del cultivo del tomate los valores promedio de las variables especificadas anteriormente tuvieron el siguiente comportamiento para 15 eventos de riego: caudal descargado por la bomba de 60,1 Ls⁻¹; tiempo de bombeo de 2,9 h; carga total de trabajo de la bomba de 17,9 m; potencia hidráulica de salida de 10,5 kW y rendimiento de la bomba de 82,1%.

De manera similar en el cultivo del frijol los valores medios de las variables señaladas previamente se desempeñaron de la manera siguiente para 14 eventos de riego: caudal descargado por la bomba de 62,0 Ls⁻¹; tiempo de bombeo de 2,6 h; carga total de trabajo de la bomba de 18,4 m; potencia hidráulica de salida de 11,2 kW y rendimiento de la bomba de 88,2%.

En el riego de ambos cultivos se obtuvo un valor del rendimiento de la bomba superior a 82,0% por lo que se evalúa de aceptable; pues un rendimiento mayor al 75% es bueno, mientras que un rendimiento menor al 50% es deficiente; aunque este parámetro depende del tipo de bomba, su diseño, las condiciones de operación y otros factores. Los resultados obtenidos por [Ascencios et al. \(2020\)](#) y [Pérez \(2022\)](#) en investigaciones realizadas con la utilización del bombeo con energía solar fotovoltaica y para el riego de un sistema de riego por goteo subterráneo alertan sobre la necesidad de que las bombas operen con elevada eficiencia para contribuir al ahorro de energía.

Para lograr que el sistema funcione adecuadamente es recomendable realizar las pruebas en condiciones reales de operación del equipo de bombeo, lo cual se puede obtener a partir de pruebas específicas que incluyen la medición del caudal, la presión y la potencia en diferentes puntos de operación ([Burbano y Narváez, 2021](#); [Rojas-Suarez et al., 2021](#)).

En la [Tabla 5](#) se presentan los valores de la energía suministrada en el bombeo, la energía absorbida en el periodo evaluado y el rendimiento energético del bombeo para los cultivos de tomate y frijol. Los resultados promedios alcanzados fueron: energía suministrada en el bombeo de 429,4 kWh; energía absorbida de 631,9 kWh y rendimiento energético del bombeo de 68,2%, el cual se evalúa de excelente acorde con [Martínez \(2015\)](#).

TABLA 2. Criterios de evaluación de los índices energéticos.

Rendimiento	$\eta_{EB}(\%)$	$\eta_{EG}(\%)$
Excelente	> 65	> 50
Buena	60 - 65	40 - 50
Normal	50 - 60	30 - 40
Aceptable	45 - 50	25 - 30
No aceptable	< 45	< 25

TABLA 3. Caudales y rendimiento de la bomba en el cultivo de tomate.

Fecha	$Q_B(Ls^{-1})$	$\eta_b(\%)$
04/11/2021	60,9	85,8
11/11/2021	59,3	80,4
18/11/2021	61,8	86,6
25/11/2021	61,4	84,7
02/12/2021	59,0	78,9
09/12/2021	60,0	84,4
16/12/2021	58,7	79,4
23/12/2021	59,1	79,5
06/01/2022	59,4	81,8
13/01/2022	60,3	80,6
20/01/2022	61,2	84,3
00/01/2022	59,5	80,5
02/02/2022	59,8	80,0
09/02/2022	61,2	82,6
16/02/2022	59,7	82,1
Promedio	60,1	82,1

TABLA 4. Caudales y rendimiento de la bomba en el cultivo de frijol.

Fecha	$Q_B(Ls^{-1})$	$\eta_b(\%)$
07/01/2022	62,3	88,9
14/01/2022	62,6	89,7
21/01/2022	62,1	89,0
28/01/2022	62,2	88,7
04/02/2022	60,9	86,0
11/02/2022	61,7	90,0
18/02/2022	61,5	87,8
10/03/2022	62,1	89,7
17/03/2022	60,6	85,2
24/03/2022	62,4	89,2
31/03/2022	61,9	86,5
07/04/2022	62,5	88,7
14/04/2016	62,2	87,1
18/04/2016	63,1	89,9
Promedio	62,0	88,2

TABLA 5. Rendimiento energético del bombeo.

Cultivo	$E_{SB}(kWh)$	$E_{ABS}(kWh)$	$\eta_{EB}(\%)$
Tomate	449,6	684,4	65,7
Frijol	409,2	579,3	70,7
Promedio	429,4	631,9	68,2

En la [Tabla 6](#) se presentan los valores del volumen de agua bombeado promedio en cada turno de riego, el balance energético del suministro, el índice de carga energética del sistema de riego, el rendimiento energético del sistema de riego y el rendimiento energético general del sistema de riego para los cultivos de tomate y frijol. Los resultados mostraron el comportamiento promedio siguiente: volumen de agua bombeado de 605,7 m³; balance energético del suministro de 7,4 m; índice de carga energética del sistema de riego de 15,2 m; rendimiento energético del sistema de riego de 49,2% y rendimiento energético general del sistema de riego de 34,0% lo que indica según [Martínez \(2015\)](#) un desempeño normal, el cual se puede mejorar con medidas de operación y mantenimiento.

TABLA 6. Rendimiento energético general del sistema de riego.

Cultivo	V_B (m ³)	ΔE (m)	ICE (m)	η_{ES} (%)	η_{EG} (%)
Tomate	616,3	7,9	16,1	49,3	32,4
Frijol	585,0	8,5	16,3	52,0	36,8
Promedio	605,7	7,4	15,2	49,2	34,0

CONCLUSIONES

La investigación comprobó que el bombeo de agua subterránea para el riego por surcos en los cultivos de tomate y frijol en suelos ferralíticos rojos con caudales comprendidos en el rango de 59,0 y 62,6 Ls⁻¹ y valores promedio: eventos de riego 15; tiempo de bombeo 2,8 h; carga total de trabajo de la bomba de 18,2 m y volumen de agua bombeado de 605,7 m³ proporciona un excelente rendimiento energético del bombeo con valor de 68,2% y un rendimiento energético general del sistema de riego evaluado como normal con un 34,0%, el cual es factible de mejorar si se toman medidas adecuadas para la operación y el mantenimiento.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH) de la Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez por haber propiciado el desarrollo del proceso investigativo en esta importante temática, a la Cooperativa de Producción Agropecuaria 8 de Marzo por el apoyo brindado en las evaluaciones de campo y a la Empresa de Aprovechamientos Hidráulicos por facilitar toda la información de lluvia diaria durante el periodo evaluado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCENCIOS, D.; MEZA, K.; LLUEN, J.; SIMON, G.: "Calibración, validación y automatización del sistema de riego por goteo subterráneo usando un

microcontrolador Arduino", *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1): 95-105, 2020, ISSN: 2313-2957, Publisher: Universidad Nacional del Altiplano.

BARREDA-TRUJILLO, Á.U.: "Método práctico de obtención de potencia y eficiencias de unidades de bombeo en operación", *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 33(3): 86-97, 2012, ISSN: 1680-0338.

BURBANO, V.; NARVÁEZ, R.: "Evaluación de la pre factibilidad para la generación de energía eléctrica mediante la sinergia entre las energías eólica y almacenamiento por bombeo de agua en la isla San Cristóbal-Galápagos", *Revista Técnica energía*, 17(2): 29-43, 2021, ISSN: 2602-8492.

CISNEROS-ZAYAS, E.; GONZÁLEZ-ROBAINA, F.; HERRERA-PUEBLA, J.; DUARTE-DÍAZ, C.; MATOS-CREMÉ, H.: "Influencia de la programación del riego en los consumos energéticos", *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(4): 3-11, 2020, ISSN: 2227-8761.

LÓPEZ-SILVA, M.; CARMENATES-HERNÁNDEZ, D.; MUJICA-CERVANTES, A.; PANEQUE-RONDON, P.: "Criterios de eficiencia para la evaluación del riego por aspersión", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(3): 1-8, 2019, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054, Publisher: Universidad Agraria de La Habana.

MARTÍNEZ, M.A.: *Estrategia para la evaluación agronómica, hidráulica y energética en jardinería. Aplicación a la gestión de jardines públicos*, [en línea], Ed. Editorial: UPV, primera ed., Valencia, España, 120, Publisher: Universitat Politècnica de València, Publisher: Universitat Politècnica de València, 2015, Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/53389?show=full>.

MARTÍNEZ-AGUILAR, F.B.; GUEVARA-HERNÁNDEZ, F.; ARIAS, L.O.; ALEJANDRO, M.; RODRÍGUEZ LARRAMENDI, L.A.; PINTO-RUIZ, R.; AGUILAR-JIMÉNEZ, C.E.: "Caracterización de productores de maíz e indicadores de sustentabilidad en Chiapas", *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5): 1031-1042, 2020, ISSN: 2007-0934, Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

MINAG-CUBA: "Instructivo Técnico para el cultivo del frijol. Lista oficial de variedades comerciales", La Habana, Cuba, 2000.

MINAG-CUBA: *Instructivo Técnico para el cultivo del frijol*, Ed. Editorial CIDA, Publisher: Minag, La Habana, Cuba, 2009.

PACHECO, J.; ALONSO, N.; PUJOL, P.; CAMEJO, L.E.: *Riego y Drenaje*, Editorial Félix Varela, 2da ed., La Habana, Cuba, 2007.

PÉREZ, V.D.A.: "Diseño del sistema de agua potable por bombeo fotovoltaico para el Cantón Alta Vista,

- Aldea El Rodeo, San Marcos”, *Revista de Investigación Proyección Científica*, 4(1): 71-88, 2022, ISSN: 2957-8582, e-ISSN: 2310-2799.
- ROJAS-SUAREZ, J.P.; VERGEL-ORTEGA, M.; ORJUELA-ABRIL, S.: “Investigaciones con CFD aplicadas a bombas centrífugas”, *Revista Boletín Redipe*, 10(9): 515-525, 2021, ISSN: 2256-1536.
- ROSELLÓ-TORNERO, J.: *Estudio de la eficiencia energética de la red de riego abastecida por el cabezal número uno en el término de Nules*, [en línea], Ed. Editorial: UPV, Valencia, España, Publisher: Universitat Politècnica de València p., publisher: Universitat Politècnica de València, 2018, Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/102984>.
- SELIM, T.; KARLSSON, L.; BOUKSILA, F.; BEN, A.S.; PERSSON, M.: “Evaluation of Different Irrigation Treatments with Saline Water in a Future Climate in Tunisia”, *Irrigation and Drainage*, 67(4), 2018, ISSN: 1531-0353, DOI: <https://doi.org/10.1002/ird.2307>.
- SELIM, T.; KARLSSON, L.; BOUKSILA, F.; BEN-SLIMANE, A.; PERSSON, M.: “Evaluation of different irrigation treatments with saline water in a future climate in Tunisia”, *Irrigation and Drainage*, 68(2): 281-296, 2019, ISSN: 1531-0353, Publisher: Wiley Online Library.
- STAMBOULI, T.; FACI, J.; ZAPATA, N.: “Water and energy management in an automated irrigation district”, *Agricultural Water Management*, 142: 66-76, 2014, ISSN: 0378-3774, Publisher: Elsevier.
- TARJUELO, J.M.; RODRIGUEZ-DIAZ, J.A.; ABADÍA, R.; CAMACHO, E.; ROCAMORA, C.; MORENO, M.A.: “Efficient water and energy use in irrigation modernization: Lessons from Spanish case studies”, *Agricultural Water Management*, 162: 67-77, 2015, ISSN: 0378-3774, Publisher: Elsevier.
- TORNÉS-OLIVERA, N.; AJAYI, O.O.; GÓMEZ-MASJUAN, Y.; GUERRERO-ALEGA, A.: “Eficiencia de aplicación máxima del agua y longitud del surco en función de los caudales”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(1): 23-27, 2016, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054, Publisher: Universidad Agraria de La Habana.
- TORNÉS-OLIVERA, N.; GÓMEZ-MASJUAN, Y.; MYOR-ROBLES, E.; BROWN-MANRIQUE, O.: “Determinación de la eficiencia hídrica y energética en el riego localizado, bajo condiciones protegidas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(1): 46-55, 2020, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054, Publisher: Universidad Agraria de La Habana.

Oscar Brown-Manrique. Dr.C., Prof. Titular, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez (UNICA), Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH), Ciego de Ávila, Cuba, email: obrown@unica.cu
Alexander Hernández-Rodríguez. Ing. Hidráulico, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez (UNICA), Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH), Ciego de Ávila, Cuba, email: alexanderh@unica.cu
Gisel Guerra-Hernández. M.Sc., Prof. Auxiliar, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez (UNICA), Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH), Ciego de Ávila, Cuba, email: gisel@unica.cu
Beatriz Melo-Camaraza. Ing. Hidráulica, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez (UNICA), Departamento de Ingeniería Hidráulica, Ciego de Ávila, Cuba, email: beatrizmc@unica.cu
Yaily Beltran-Perez. M.Sc. Especialista Principal, Cooperativa de Producción Agropecuaria 8 de Marzo, Ciego de Ávila, Cuba, email: yailybeltran@gmail.com
Dayma Carmenates-Fuentes. Dr.C., Prof. Titular, Universidad Ricardo Palma, Perú, email: dayma.carmenates@urp.edu.pe

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

CONTRIBUCIONES DE AUTORES: **Conceptualización:** O. Brown, A. Hernández. **Curación de datos:** O. Brown, A. Hernández, G. Guerra, B. Melo. **Investigación:** O. Brown, A. Hernández, Y. Beltran. **Metodología:** O. Brown, Y. Beltran, D. Carmenates. **Supervisión:** O. Brown, A. Hernández. **Validación:** O. Brown, A. Hernández, Y. Beltran. **Redacción, borrador original:** O. Brown, Y. Beltran, B. Melo. **Redacción, revisión y edición:** O. Brown, A. Hernández, Y. Beltran.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)