

# El cambio del módulo de aspersión en pivotes según criterios económicos para Cuba: modelo teórico

## *The change of the sprinkler irrigation kit in pivots based on economic criteria for Cuba: Theoretical model*

Dr. C. Ramón Pérez Leira<sup>1</sup>, Dr.C. Jacqueline Domínguez Gutiérrez<sup>II</sup>, Dr.C Pedro Paneque Rondón<sup>III</sup>

<sup>1</sup> Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) extensión Chone. Manabí, Ecuador.

<sup>II</sup> Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría (ISPJAE), Facultad de Arquitectura, CUJAE, La Habana, Cuba.

<sup>III</sup> Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**RESUMEN.** En este trabajo se presenta un modelo teórico para la determinación del momento óptimo de sustituir el módulo de reguladores de presión y emisores de un pivote. El modelo parte del criterio de que el desgaste en los reguladores de presión y en las boquillas incide en la disminución de la Uniformidad del Riego y este último en la pérdida de rendimientos. Para compensar estas pérdidas se requiere elevar la dosis de riego con vistas a compensar el déficit que se produce en las zonas de mínima entrega lo cual genera un incremento de los costos de explotación. Se consideran en el modelo: los costos por consumo adicional de agua y de energía, por mantenimiento y por mano de obra, así como las pérdidas de rendimiento asociadas a las zonas con riego insuficiente y con riego excesivo. La suma de todos estos componentes es comparada con el costo de la adquisición y montaje de un nuevo módulo de aspersión, lo cual le permite al agricultor decidir el momento propicio para hacer la sustitución a partir de criterios económicos.

**Palabras clave:** pivote de riego, emisores, modelo, costos, eficiente.

**ABSTRACT.** This paper propose a theoretical model for determining the optimal moment to replace the kit of sprinkler irrigation and pressure regulators in a pivot. The model is based that the wear on the pressure regulators and nozzles make the decrease of the Irrigation Uniformity and this causes the yield loss. To compensate these losses an increase of irrigation depth is required to make up the deficit that occurs in areas of low delivery which generates in increased operating costs. Are considered in the model: costs for additional consumption of water and energy, maintenance and labor, and yield losses associated with areas with insufficient irrigation and over irrigation. The set of all these components is compared with the cost of the purchase and installation of a new sprinkler module, which allows the farmer to decide the right moment to make substitutions based on economic criteria.

**Keywords:** pivot irrigation spray, model, cost, efficiency.

## INTRODUCCIÓN

La fácil automatización, el bajo requerimiento de fuerza laboral y la posibilidad de utilizar bajas presiones han sido las razones principales que han permitido la rápida extensión del riego con máquinas de pivote central en el mundo (Lyle y Butler, 1980, Bordousky *et al.*, 1992 y Tarjuelo, 1999). En las últimas cuatro décadas han sido numerosos los estudios encaminados a la sustitución de otras técnicas de riego por pivotes y al perfeccionamiento del riego para hacerlo más eficiente y

sustentable sobre diversas condiciones de clima, suelo y cultivo. Así surgieron los dispositivos LEPA con un notable incremento en la uniformidad, la eficiencia del riego y un uso más racional de la energía, (Gilley y Mielke, 1980; Glenn *et al.*, 1994 y Tarjuelo, 1999). En los últimos 20 años la escasez de agua y energía han obligado a los diseñadores y agricultores a buscar soluciones alternativas para reducir los consumos asociados al riego de los pivotes. Allen<sup>1</sup> realiza un aporte importante a la

<sup>1</sup> ALLEN, R. G.: Applicator Selection along Center Pivots using Soil Infiltration Parameters. Visions of the future, Proceedings of the Third National Irrigation Symposium, ASAE. Phoenix, AZ, 549-555, 1990.

teoría del diseño hidráulico de los pivotes al incorporar criterios agronómicos al diseño tradicional existente. Una simplificación y transformación de este algoritmo cíclico propuesto por Allen en otro lineal fue realizada por Pérez y Martínez (2004), la cual permitió programarlo y aplicarlo a un caso de estudio.

La mayoría de los estudios sobre la calidad del riego del riego de estas máquinas se apoyan en el coeficiente de uniformidad de Heermann y Hein (1968) a pesar de que Bremond y Molle (1995) demostraron la poca sensibilidad que tiene el mismo en comparación con el Coeficiente de Uniformidad de Variación (CUv) propuesto por ellos. Pérez *et al.* (2003), luego de evaluar un conjunto de pivotes, concluyeron que un solo indicador no resulta suficiente para dictaminar sobre la calidad del riego y que los factores que más afectan la uniformidad de riego en los pivotes están relacionados con los desperfectos técnicos y el montaje incorrecto de las boquillas y reguladores de presión.

Con respecto a otros difusores, Keller y Bliesner (1990), Kinkaid (1996) y Pérez *et al.* (2001) concuerdan en las ventajas que proporcionan al riego la colocación de los emisores a 1.0 m en comparación con los instalados a 2,30 m de altura para cualquier espaciamiento en un pivote. Omary y Sumner (2001) a partir de evaluaciones de laboratorio, efectuaron simulaciones en las cuales obtuvieron coeficientes de uniformidad promedio de 98.4%. Faci *et al.* (2001) encontraron diferencias evidentes entre la calidad de la lluvia producida por boquillas difusoras de deflector fijo con respecto a las de deflector giratorio. Sourell *et al.* (2003), a partir de simulaciones realizadas a dispositivos de riego tipo Rotator para diferentes condiciones, encontraron Coeficientes de Uniformidad siempre superiores al 87% con un valor promedio de 91.8%. Dukes y Perry (2006) concluyeron por su parte, que el único factor que afectaba significativamente la uniformidad del riego era el tipo de boquilla en dependencia de si el deflector fuera fijo o giratorio.

Ribeiro<sup>2</sup> (2001) en un estudio realizado para determinar la vida útil de los reguladores de presión demostró que hasta 6000 horas de uso se mantenía invariable su efecto regulador. Evaldo *et al.* (2001) determinaron que el Coeficiente de Uniformidad y la dosis de riego disminuyen después que el módulo de aspersión ha sido utilizado por más de seis años. A partir de estas experiencias Pérez *et al.* (2011) elaboraron un modelo matemático que permite determinar el momento óptimo para el cambio del módulo de aspersión en los pivotes a partir de las condiciones específicas de Brasil.

En Cuba no se han encontrado referencias de este tipo de análisis a pesar de la demostrada reducción que provoca en los

orificios y conductos del pivote las incrustaciones del carbonato de calcio presente en el agua. Hasta la fecha no se responde sobre un criterio económico sólido ¿Hasta cuándo es rentable mantener el módulo de aspersión en un pivote después de haber acumulado miles de horas de uso?

Se supone que la disminución de la uniformidad del riego provocada por el desgaste en el módulo de aspersión, obliga al regador a incrementar la dosis de riego bruta para compensar el déficit que se origina en las áreas regadas insuficientemente. Esto incide en el incremento de los costos de operación del riego.

Este trabajo se desarrolla con el objetivo de establecer un modelo teórico que defina los criterios y las variables a considerar para determinar el momento óptimo de cambiar el módulo de reguladores de presión y emisores en un pivote.

## MÉTODOS

Para aplicar esta metodología, es preciso que se conozcan los resultados de una evaluación pluviométrica realizada al pivote al comienzo del período de riego con el módulo de aspersores nuevo (o con menos de 2 000 horas de uso). También se requiere del registro de los rendimientos alcanzados por los cultivos que fueron plantados y cosechados, bajo esas condiciones de riego, durante el período de un año. El momento óptimo para el cambio del módulo de aspersión de un pivote se definió a partir de criterios económicos. Para realizar éste análisis se consideró la posible incidencia de los siguientes factores según criterio de Pérez *et al.* (2011):

Costos fijos

1. Precio del módulo de reguladores de presión y difusores (PMR).

2. Costo de instalación del módulo en el pivote (CIM).

Costos variables

1. Costo por consumo adicional de energía (CCAE).

2. Costo por consumo adicional de agua (CCAA).

3. Costo por consumo adicional de mano de obra (CCAMO).

4. Costo adicional por mantenimiento (CAMT).

5. Costo por pérdidas de rendimiento (CPR).

Si se parte del criterio de que los costos fijos (CF) son un valor constante y de que la suma de todos los costos variables (CV) es la que incide de manera dinámica en la toma de decisiones, se puede plantear que:

$$CF = PMR + CIM \quad (1)$$

$$CV = CCAE + CCAA + CCAMO + CAMT + CPR \quad (2)$$

Si se considera para éste análisis que el cambio del módulo sólo es factible económicamente después que se cumpla que  $CF < CV$ , entonces se puede plantear que la condición de NO sustitución del módulo de aspersión sería  $CF \geq CV$ , lo cual desglosado en todos sus componentes quedaría:

$$PMR + CIM \geq CCAE + CCAA + CCAMO + CAMT + CPR \quad (3)$$

A partir de esta inecuación, se procedió entonces a la determinación de cada uno de sus parámetros.

<sup>2</sup> RIBEIRO, V.L.S.C.: Avaliação Hidráulica de Válvulas reguladoras de pressão novas e com diferentes tempos de utilização. 90pp., Dissertação submetida à coordenação do curso de pós-graduação em Agronomia-Irrigação e Drenagem como requisito parcial para obtenção do grau de mestre, Universidade Federal de Ceará, Brasil, 2001.

### Determinación de los costos fijos

Para la determinación de los costos fijos sólo es necesario considerar las ofertas del proveedor, por lo que serán objeto de análisis solamente en la formulación final de este trabajo.

Determinación de los costos Variables.

Los costos variables fueron determinados a partir de los siguientes criterios:

Costo por consumo adicional de energía (CCAE).

El CCAE fue determinado a partir de la formulación empleada por Pérez *et al.* (2009) para el consumo del motor eléctrico en la estación de bombeo sumado al consumo del pivote:

$$EE = \left( 1.02 \cdot \left[ \left( \frac{Q \cdot H_t}{102 \cdot Efb \cdot Efm} \right) + \frac{P_{m\acute{a}q}}{Efmrr} \right] \right) \cdot H \quad (4)$$

donde:

EE-Consumo eléctrico por riego (kW·h);

Q-Caudal a la entrada del pivote (L/s);

Ht-Carga carga dinámica total (m);

Efb-Eficiencia de la bomba (decimal);

Efm-Eficiencia del motor (decimal);

Pm<sup>á</sup>q-Potencia demandada por la máquina (kW);

Efmrr-Eficiencia del motoreductor (Efmrr = 0,85);

H-Tiempo total que demora la máquina en aplicar todos los riegos (h).

Sin embargo es necesario conocer el incremento del tiempo de riego por lo que se adoptará la expresión:

$$ITr = \frac{TrKv}{TrKn} \quad (5)$$

$$EEA = \left( 1.02 \cdot \left[ \left( \frac{Q \cdot H_t}{102 \cdot Efb \cdot Efm} \right) + \frac{P_{m\acute{a}q}}{EFmrr} \right] \right) \cdot H \cdot (ITr - 1) \quad (10)$$

Los costos de demanda y consumo se definen a partir de las tarifas existentes en Cuba.

Con el valor del consumo adicional de riego de la máquina se calcula el costo de la energía eléctrica multiplicando el resultado de la ecuación 10 por las tarifas eléctricas correspondientes a casa horario establecido de riego

$$CCAE = EEA \cdot \text{Tarifa Eléctrica} \quad (11)$$

donde:

CCAE-Costo por consumo adicional de energía eléctrica consumida (\$, peso);

EEA-Consumo eléctrico adicional por riego (kW·h);

Tarifa - Consumo día (6 AM - 5 PM), \$ 0,063/kW·h, Consumo Madrugada (10 PM - 6 AM), \$ 0,035/kW·h según la Resolución 311 del Ministerio de Finanzas y Precios (MFP) (2000)<sup>3</sup>

Sustituyendo la ecuación 10 en la ecuación 11 se obtiene CCAE:

$$CCAE = \left\{ \left( 1.02 \cdot \left[ \left( \frac{Q \cdot H_t}{102 \cdot Efb \cdot Efm} \right) + \frac{P_{m\acute{a}q}}{EFmrr} \right] \right) \cdot H \cdot (ITr - 1) \right\} \cdot \text{Tarifa Eléctrica} \quad (12)$$

### Costo por consumo adicional de agua (CCAA)

Al considerar la tarifa establecida en la Resolución 421-2012 emitida por el MFP (2012)<sup>4</sup> se plantea la ecuación 13.

donde:

ITr-Incremento de Tiempo de riego (decimales);

TrKv-Tiempo de riego requerido con el Módulo viejo (h);

TrKn-Tiempo de riego requerido con el Módulo nuevo (h).

siendo:

$$TrKv = \frac{DRbi \cdot Tmín}{Dmín} \quad (6)$$

$$TrKn = \frac{DRb \cdot Tmín}{Dmín} \quad (7)$$

donde:

DRbi-Dosis de riego bruta incrementada para compensar déficit de uniformidad del riego (mm);

DRb-Dosis de riego bruta requerida por el cultivo (mm);

Tmín-Tiempo requerido por el pivote para aplicar un riego a máxima velocidad (h);

Dmín-Dosis mínima de riego aplicada por el pivote a máxima velocidad (mm).

Sustituyendo 6 y 7 en 5 y simplificando quedaría:

$$ITr = \frac{\frac{DRbi \cdot Tmín}{Dmín}}{\frac{DRb \cdot Tmín}{Dmín}} \quad (8)$$

$$ITr = \frac{DRbi \cdot Tmín}{Dmín} \cdot \frac{Dmín}{DRb \cdot Tmín} = \frac{DRbi}{DRb} \quad (9)$$

Sustituyendo 9 en 4 se obtiene el consumo eléctrico adicional por riego

<sup>3</sup> MINISTERIO DE FINANZAS Y PRECIOS (MFP): Resolución P-6. La Habana, 2000.

<sup>4</sup> MINISTERIO DE FINANZAS Y PRECIOS (MFP): Resolución 421-2012. La Habana, 2012.

$$CCAA = Q \cdot \sum_{\text{días regados} = 1}^a \{H * (ITr - 1)\} \cdot Pa \quad (13)$$

donde:

CCAA-Costo por consumo adicional de agua (\$, peso);  
Q-Caudal de bombeo requerido por el pivote (m<sup>3</sup>/h);  
Tiempo total de riego (h); a-total de días regados en el año;  
Pa-Precio o tarifa de agua de 0.0025 peso/m<sup>3</sup> de agua subterránea bombeada según la Resolución 421-2012 emitida por el MFP (2012) y vigente a partir de enero de 2013.

### Costo por consumo adicional de mano de obra (CCAMO)

En el cálculo del (CCAMO); se considera el salario medio mensual pagado al obrero agrícola, el número de horas de trabajo necesarios por hectáreas y por riegos realizados.

$$C_{\text{amo}} = \sum_{\text{días regados} = 1}^a \{S * H\} \quad (14)$$

donde:

C<sub>amo</sub>-Costo anual de mano de obra (\$, peso)  
a-Total de días regados al año  
S-Salario por horas (\$ 1,43 horas<sup>-1</sup>) según López (1990) citado por Pérez *et al.* (2009)  
H-Tiempo total de riego (h)

Al igual que para el caso del costo por consumo adicional de energía es necesario conocer el incremento del tiempo; por lo que se sustituye la ecuación 9 en la ecuación 14.

$$CMK_v = CMK_n \cdot \frac{DR_{bi}}{DR_b} \quad (20)$$

La tasa anual de mantenimiento se estimó a partir de las consideraciones de Pérez *et al.* (2009)

$$T_m = T_{mAF} \cdot V_{iAF} + T_{mBC} \cdot V_{iBC} + T_{mEB} \cdot V_{iEB} + T_{mME} \cdot V_{iME} + T_{mTA} \cdot V_{iTA} \quad (21)$$

donde:

T<sub>mAF</sub>-tasa de mantenimiento de los difusores fijos;  
V<sub>iAF</sub>-valor inicial de los difusores fijos;  
T<sub>mBC</sub>-tasa de mantenimiento de la bomba centrífuga;  
V<sub>iBC</sub>-valor Inicial de la bomba centrífuga;  
T<sub>mEB</sub>-tasa de mantenimiento de la estación de bombeo (estructura);  
V<sub>iEB</sub>-valor Inicial de la estación de bombeo (estructura);  
T<sub>mME</sub>-tasa de mantenimiento del motor eléctrico;  
V<sub>iME</sub>-valor inicial del motor eléctrico;  
T<sub>mTA</sub>-tasa de mantenimiento de las tuberías de acero galvanizado superficial;  
V<sub>iTA</sub>-valor Inicial de las tuberías de acero galvanizado superficial.

Sustituyendo la ecuación 21 en 19

$$CMT_a = P_s \cdot (T_{mAF} \cdot V_{iAF} + T_{mBC} \cdot V_{iBC} + T_{mEB} \cdot V_{iEB} + T_{mME} \cdot V_{iME} + T_{mTA} \cdot V_{iTA}) \quad (22)$$

Sustituyendo la ecuación 20 en 16

$$CAMT = CMK_n \cdot \frac{DR_{bi}}{DR_b} - CMK_n = CMK_n \cdot (ITr - 1) \quad (23)$$

Sustituyendo la ecuación 22 en 18

$$CMK_n = \left[ \sum_1^n P_s \cdot (T_{mAF} \cdot V_{iAF} + T_{mBC} \cdot V_{iBC} + T_{mEB} \cdot V_{iEB} + T_{mME} \cdot V_{iME} + T_{mTA} \cdot V_{iTA}) \right] \quad (24)$$

$$CCAMO = \sum_{\text{días regados} = 1}^a \{S * H (ITr - 1)\} \quad (15)$$

### Costo adicional por mantenimiento (CAMT)

Para el CAMT se adoptó como la diferencia entre el costo de mantenimiento del kit viejo y el kit nuevo, obteniéndose entonces:

$$CAMT = CMK_v - CMK_n \quad (16)$$

donde:

CMK<sub>v</sub>-Costo de mantenimiento de los kit viejos (\$, peso);  
CMK<sub>n</sub>-Costo de mantenimiento de los kit nuevos (\$, peso).  
Siendo:

$$CMK_v = CMK_n \cdot ITr \quad (17)$$

$$CMK_n = \sum_1^n CMT_a \quad (18)$$

donde:

n-Número de componentes del sistema de riego de pivote central  
CMT<sub>a</sub>-Costo de mantenimiento anual (\$, peso)

$$CMT_a = T_m \cdot P_s \quad (19)$$

donde:

T<sub>m</sub>-Tasa anual de mantenimiento;  
P<sub>s</sub>: Precio de adquisición e instalación del equipamiento de riego (\$, peso)

Sustituyendo ecuación 9 en ecuación 17

Sustituyendo ecuación 24 en 23 quedaría:

$$CAMT = \left[ \sum_1^n Ps \cdot (TmAF \cdot ViAF + TmBC \cdot ViBC + TmEB \cdot ViEB + TmME \cdot ViME + TmTA \cdot ViTA) \right] \cdot (ITr - 1) \quad (25)$$

Al sustituir las ecuaciones 12, 13, 15 y 25 en 3 y adoptar (ITr-1) como factor común se obtendría (26):

$$PMR + CIM - CPR \geq (ITr - 1) \left\{ \left[ 1.02 \cdot \left[ \left( \frac{Q \cdot Ht}{102 \cdot Efb \cdot Efm} \right) + \frac{Pmaq}{EFmrr} \right] \cdot H \right] \right\} \cdot \text{Tarifa Eléctrica} \\ + \left[ Q \cdot \sum_{\text{días regados} = 1}^a \{H * (ITr - 1)\} \cdot Pa \right] + \sum_{\text{regados} = 1}^a S \cdot H \\ + \left[ \sum_1^n Ps \cdot (TmAF \cdot ViAF + TmBC \cdot ViBC + TmEB \cdot ViEB + TmME \cdot ViME + TmTA \cdot ViTA) \right] \quad (26)$$

A partir de esta expresión general se puede calcular el valor límite a partir del cual los costos asociados a la mala uniformidad justifican el cambio del módulo de aspersión. Para su aplicación real sería preciso conocer la función de rendimiento del cultivo y su precio de venta, así como el costo de instalar un módulo nuevo.

## CONCLUSIONES

- El modelo teórico propuesto permite determinar para cual-

quier cultivo el momento óptimo para el cambio del módulo de aspersión en un pivote. En dicho modelo se consideran los costos variables del pivote, los costos fijos del módulo nuevo y las pérdidas de rendimiento del cultivo.

- Para la aplicación de este modelo es indispensable conocer el valor de la uniformidad de riego del pivote con el módulo de aspersión nuevo bajo condiciones habituales de riego en la región, así como la función de rendimiento y el precio de venta de los cultivos beneficiados con el riego.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-KUFAISHI, S. A.; B. S. BLACKMORE & H. SOURELL: "The feasibility of using variable rate water application under a central pivot irrigation system", *Irrigation Drainage Systems*, ISSN: 0168-6291 (Print) 1573-0654 (Online), DOI: 10.1007/s10795-006-9010-2, 20 (2-3): 317-327, 2006.
- BREMOND, B. & MOLLE, B: "Characterization of Rainfall under Pivot: Influence of Measuring Procedure", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1995\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1995)), ISSN: 0733-9437, 121 (5): 347-353, 1995.
- BORDOUSKY J.P.; LYLE W.M.; LASCANO R.J. & UPCHURCH D.R. "Cotton Irrigation Management with LEPA systems", *Transaction of the ASAE*, ISSN: 0001-2351, 35 (3): 879-884, 1992.
- DUKES, M. D. & C. PERRY: "Uniformity testing of variable-rate center pivot irrigation control systems", *Precision Agriculture*, DOI: 10.1007/s11119-006-9020, Print ISSN: 1385-2256, Online ISSN: 1573-1618, 7 (3): 205-218, 2006.
- EVALDO K. A.; DE CASTRO S. R. & DUROHA, C.: "Evaluation Center Pivot Systems using new and old sprays and pressure regulators". *IRRIGA. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage*, ISSN: 1808-8546, 6 (1): 73-78, 2001.
- FACI, J. M.; R. SALVADOR; E. PLAYÁN & H. SOURELL. "Comparison of fixed and rotating spray plate sprinklers. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*", ISSN: 0733-9437, 127 (4): 224-233, 2001.
- GILLEY J.R. & MIELKE L.I.N: Conserving Energy with Low-Pressure Center Pivot. *Journal of Irrigation and Drainage Division*: 49-58, 1980.
- GLENN J.; HOFFMAN & DERREL J.M: "Advanced Irrigation Engineering", *International Water Irrigation Review*, ISSN: 0044-7978, 14 (2): 24-29, 1994.
- HEERMANN, D.F. & HEIN, P.R.: "Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system", *Transaction of the ASAE*, ISSN: 0001-2351, 11 (1): 11-15, 1968.
- KELLER, J. & BLIESNER, R.D. Sprinkle and trickle irrigation. AVI Book, ISBN: Van Nostrand Reinhold. New York, 1990.
- KINCAID D.C.: "Sprinkler Pattern Analysis for Center Pivot Irrigation", *Irrigation. Business and Technology*: ISSN: 0001-2351, IV (4): 14-15, 1996.
- LYLE P. & BUTLER G.: "Low energy labor from Texas pivot", *Irrigation Farmer*, ISSN: 7 (4): 4, 1980.
- OMARY M. & SUMNER H.: "Modeling Water Distribution for Irrigation Machine with Small Spray Nozzles", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*", ISSN: 0733-9437, 127 (3): 156-160, 2001.
- PÉREZ L. R.; DOMÍNGUEZ G.M; CÁRDENAS L. J. F. Y RODRÍGUEZ M. J.: "Boquilla Difusora Cubana: Criterios para el diseño hidráulico de los pivotes, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 10 (1): 79-83, 2001.
- PÉREZ L. R.; ALFONSO G. E. J.; CÁRDENAS L. J. F.; LÓPEZ C. G. Y ALEMÁN G. C.: "Un estudio de la evaluación de la aplicación del riego en sistemas por pivote central", *Ingeniería Hidráulica en México*, ISSN: 0186-4076, V. XVIII (3): 45-53, 2003.
- PÉREZ L. R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M Y FRIZZONE, J.A.: "Optimal Moment to Change Pressure Regulator and Sprayer Kit on Center Pivot Irrigation Machines: A Theoretical Proposal", *IRRIGA. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage*, ISSN: 1808-8546,, 16 (4): 436-449, 2011.

PÉREZ L. R. y MARTÍNEZ G. Y. "Simplificación y Adecuación del Método de Allen para determinar el caudal de diseño de los pivotes para el riego del cultivo de la papa", *Ingeniería Hidráulica en México*, ISSN: 0186-4076, Vol. XIX, No. 2, 2004.

PÉREZ L. R.; BERMÚDEZ H., C. y VALDÉZ M., A.L.: "Costos de operación en los sistemas de riego mecanizado de pivote central", *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, ISSN: 1680-0338 Vol. XXX, No. 3: 51-60, 2009."

SOURELL H.; J. M. FACI; & E. PLAYÁN: Performance of Rotating Spray Plate Sprinklers in Indoor Experiments. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*", ISSN: 0733-9437, 123 (5): 376-380, 2003.

TARJUELO, J.M.: *El riego por aspersión y su tecnología*, Ed. Ediciones Mundi Prensa, vol. 3a edición, ISBN: 84-8476-225-4, Madrid, Barcelona, México, 2005.

**Recibido:** 29/10/2014.  
**Aprobado:** 19/04/2015.  
**Publicado:** 14/06/2015.

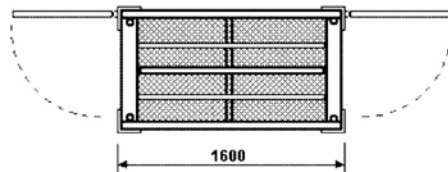
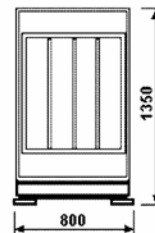
Ramón Pérez Leira, Docente-Investigador, Inv. Titular, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), extensión Chone. Manabí, Ecuador.  
Correo electrónico: [rperezleira@gmail.com](mailto:rperezleira@gmail.com)



## MAQUINARIA AGRICOLA & INSTRUMENTOS DE MEDICION

# BALANZAS PARA CERDOS Y OVINOS

**CEMA TED - 500**



Display digital

Capacidad hasta 500 kg.  
Precisión de 0,2 kg.  
Presentación de la lectura: Digital (5 dígitos LCD).  
Dimensiones de la plataforma: 1600 x 800 mm.  
Altura de la jaula: 1350 mm.  
Superficie de la plataforma: Metálica con alfombra de goma.

**Solicitudes de ofertas a:**  
Dr.C. Ernesto Ramos Carbajal  
Centro de Mecanización Agropecuaria  
Autopista Nacional y Carretera de Tapaste. km 23, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Apdo. 18-19  
Tel.: (53)(47) 864346  
E\_mail: [carbajales@unah.edu.cu](mailto:carbajales@unah.edu.cu)