

**UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS  
VILLAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA.**

---



**Determinación del consumo energético del cultivo de  
la papa (*Solanum tuberosum* L) en la UBPC # 3  
“Jesús Menéndez”.**

**Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrícola**

Diplomante: Yannik Rodríguez Alberich.

Tutor: Ing. Daniel Martínez Álvarez.

Santa Clara-2013



## Pensamiento.

“Educar es depositar en cada hombre toda la obra humana que le ha antecedido: es hacer a cada hombre resumen del mundo viviente, hasta el día en que vive: es ponerlo al nivel de su tiempo, para que flote sobre él, y no dejarlo debajo de su tiempo con lo que no podrá salir a flote; es preparar al hombre para la vida”.

José Martí

Noviembre de 1883

## Dedicatoria.

A mi abuela, que siempre ha estado a mi lado en los momentos difíciles y por ella he llegado hasta aquí y seguir mañana hacia adelante.

A mis tías, que aún en la distancia su apoyo siempre ha estado presente.

A mi familia, mis amigos y aquellos que siempre han estado en las buenas y en las malas junto a mí.

Especialmente a mi tutor Daniel Martínez Álvarez por sus orientaciones precisas y su ayuda incondicional.

## Agradecimientos.

Primeramente a la Revolución por permitirme por posibilitarme una Educación sana e íntegra.

A todos los trabajadores de la UBPC # 3 “Jesús Menéndez” y en especial al operario de la máquina de riego de pivote central.

A los trabajadores del taller de Maquinarias y Riego de la Empresa Cultivos Varios “Valle del Yabú”

De manera general a todas aquellas personas que me ayudaron en el desarrollo, y demás fases del presente Trabajo de Diploma.

Especialmente al ingeniero Daniel Martínez Álvarez tanto por su labor de tutor como por su papel de educador, guía, ejemplo y amigo. Por haber estado dispuesto a atender cualquier duda en el momento más difícil.

A todos muchas Gracias.

## Resumen.

El presente trabajo se realizó en la UBPC # 3 "Jesús Menéndez" perteneciente a la Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú" en el período comprendido entre noviembre del 2012 y abril del 2013 con el propósito de determinar el consumo energético en el cultivo de la papa. En la investigación se consideró el sistema de riego y la mecanización puesta en función de este cultivo. Para ello se tiene en cuenta los parámetros de calidad de riego que influyen en el consumo de portadores energéticos, como es la comprobación del orden de las boquillas según el fabricante, la altura de los aspersores con respecto al suelo y la presión con que trabaja el sistema. Se determina el consumo eléctrico de la máquina de pivote central, con el empleo de un amperímetro de gancho y la carta de explotación de la máquina de riego que brinda el fabricante. El consumo energético de las labores mecanizadas se determinan a partir de los índices de consumo de combustible empleados en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Integral de Servicios Técnicos, unidad encargada de prestar estos servicios a nivel de empresa.

## Abstract.

The present work carried out in the # 3 UBPC Jesus Menendez belonging to the agricultural undertaking " valley of the Yabu " in the period understand between November of the 2012 and April of the 2013 with the purpose to decide the energy consumption in the cultivation of the potato. In the investigation considered to him the system of irrigation and the put mechanization in function of this cultivation it. For it the parameters of quality are kept in mind of irrigation that bear upon the consumption of energy bearers, in any way whatever the verification in the neighborhood of the stems according to the manufacturer, the height of the aspersers with respect to the earth and the pressure with which you work the system. It decides to him the electric consumption of the machine of central pivot, with the employment of an ammeter of hook and the letter of exploitation of the machine of irrigation that offers the manufacturer. The energy consumption of the mechanized fancyworks is decided as of the indexes of consumption of combustible employed in the managerial unit of integral (UEB) base of technical services, commissioned unit to give these services to level of undertaking.

## Tabla de contenido

Introducción. ....	1
Objeto de Estudio .....	4
Problema Científico.....	4
Hipótesis .....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Capítulo I: Revisión Bibliográfica. ....	6
1.1. Consumo energético en la agricultura. ....	6
1.2. El riego en Cuba para el cultivo de la papa. ....	8
1.2.1. Características de la tecnología de pivote central. ....	9
1.2.2. Opciones para lograr una mejor eficiencia energética en el riego. ...	11
1.3. Parámetros de calidad en el riego. Influencia en el consumo energético. ....	13
1.3.1. <i>Emisores para la aplicación del agua</i> .....	13
1.3.3. Lámina y distribución de presión.....	16
1.3.4. Patrón de distribución. ....	17
1.4. Equipos de medir la corriente. Amperímetro de gancho. ....	20
Capítulo II: Materiales y Métodos.....	23
2.1. Labores mecanizadas en el cultivo de la papa. ....	23
2.1.1. Equipos e implementos utilizados en las labores mecanizadas del cultivo de la papa en la UBPC # 3. ....	25
2.2. Parámetros de calidad de riego que influyen en el consumo de portadores energéticos en la máquina de riego de pivote central.....	26

2.3. Determinación del consumo eléctrico del sistema de riego empleado en la papa por la UBPC # 3 “Jesús Menéndez” .....	28
Capítulo III: Resultados y Discusión. ....	32
3.1. Consumo de combustible en las labores mecanizadas realizadas al cultivo de la papa en la UBPC # 3. ....	32
3.2. Parámetros de calidad de riego que influyen en el consumo de portadores energéticos en la máquina de riego de pivote central.....	33
3.3. Consumo eléctrico de la labor de riego con la máquina de pivote central en la UBPC # 3. ....	34
3.4. Valoración económica del cultivo de la papa de la UBPC # 3.....	40
Conclusiones. ....	42
Recomendaciones. ....	43
Referencias Bibliográfica. ....	44

## **Introducción.**

La papa constituye el cuarto cultivo alimenticio más importante a nivel mundial, detrás del trigo, el arroz y el maíz. Los ingenieros Luis Raúl Parra y Alfonso (Ortiz, 2005) estimaron que la producción anual de este cultivo en la fecha citada representaba la mitad de la producción mundial de todas las raíces y los tubérculos. Desde 1960, la producción mundial se ha mantenido a un nivel de 260 a 270 millones de toneladas con un área cultivada de 18 millones de ha.

Este cultivo se desarrolla en más de 100 países del mundo, aunque la mayor parte de su producción se concentra en Europa y Asia. Particularmente, en América Latina y el Caribe se han evidenciado incrementos notables en las producciones de este tubérculo en los últimos años sobre todo en países como Colombia, Guatemala, Costa Rica y Cuba.

En Cuba se considera uno de los principales cultivos debido a su alto valor nutricional y a la gran aceptación que posee dentro de la población. Su importancia para la producción agrícola cubana radica en que es un cultivo de ciclo corto y con potencial productivo elevado. De ahí que esta investigación se concentre en este cultivo debido a las anteriores cuestiones y al hecho de que constituye un cultivo priorizado en la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, a la cual pertenece la UBPC # 3 “Jesús Menéndez” unidad de análisis de este estudio.

De acuerdo a las condiciones climáticas de nuestro país y a las exigencias edafoclimáticas del cultivo, sus áreas de producción se ubican en los suelos

más productivos y en la época de más baja temperatura ambiental y menos grado de humedad atmosférica con la finalidad de que las plantas se desarrollen en un ambiente similar a su origen (clima templado). De manera que el cultivo se limita a los meses de noviembre a abril, que es la época más fría y de menos precipitaciones del año.

No obstante, el cultivo de la papa requiere una humedad abundante y regular pues es una planta muy sensible a la sequía, lo que le reduce considerablemente el tamaño del tubérculo (Ortiz, 2005). La humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del cultivo. Por ello, un productor para la producción de la papa necesita un sistema de riego confiable que le garantice la cantidad de agua suficiente para el óptimo desarrollo del cultivo.

El sistema de riego de pivote central se presenta como adecuado para solucionar esta problemática debido a que constituye un sistema de riego confiable, eficiente y que permite la regulación del agua a aplicar, entregándola con alta uniformidad. En la actualidad más de 10 millones de hectáreas a nivel mundial se riegan con la tecnología de pivote central.

En Cuba, específicamente, esta tecnología se introduce en 1977 procedente de la antigua Unión Soviética y luego se generalizó a todo el país. En la década de 1990 se introdujeron otros modelos de máquinas dotados con motores eléctricos, iniciando un proyecto conocido como "Electrificación". Esta tecnología resultaba más eficiente pues su velocidad superaba tres veces a la tecnología de accionamiento hidráulico, era más ligera,

ocasionaba menos pérdida de agua y presentaba menor frecuencia de rotura (Ramón Pérez, 2009).

Las máquinas de pivote central eléctrica tienen un peso importante dentro de las producciones agrícolas del país, pero producto a la electrificación y modernización de esta técnica de riego se ha incrementando el consumo energético como consecuencia de la modernización (López, 2010).

Estos sistemas de riego son altos consumidores de energía eléctrica por lo que en “aquellos países en los que el costo de la energía eléctrica varía según el momento del día en que se la use, puede ser necesario sobredimensionar el sistema para aprovechar las horas en que esta energía tiene un menor costo” (Requena, 2010).

Ya que uno de los principales motores de desarrollo y transformación económica es la energía, considerándose un bien básico para el conjunto de la economía. Conocer los factores que ocasionan un mayor consumo energético en el regadío es muy importante para establecer estrategias de ahorro energético en el riego (Camacho *et al.*, 2010).

Además del riego este cultivo en Cuba, es un alto consumidor por concepto de utilización de maquinaria ya que se puede decir que las labores están hasta un 80% mecanizado. Y siendo previsible el agotamiento de los combustibles fósiles y el daño irreversible que ocasiona al medio ambiente, exige la nueva adopción de estrategias en materia de producción de energía, como base de un modelo de desarrollo sostenible, que permita satisfacer las necesidades de las generaciones actuales y futuras (Borroto y Monteagudo, 2008).

En los lineamientos económicos, políticos y sociales del Partido y la Revolución se hace especial énfasis en obtener producciones estables y sostenibles. El logro de este objetivo requiere, necesariamente, cambios y perfeccionamientos en la tecnología actual de producción, la disminución de los costos de producción y el consumo energético y la implementación de la investigación científica con la finalidad de sugerir alternativas que respondan a estas cuestiones.

Enmarcándonos en estas premisas se plantea en esta investigación como:

### **Objeto de Estudio**

Consumo energético del cultivo de la papa en la UBPC#3 Jesús Menéndez.

### **Problema Científico**

¿Qué características presenta el consumo energético del cultivo de la papa en la UBPC # 3 “Jesús Menéndez”?

### **Hipótesis**

La determinación tanto del consumo energético de las labores mecanizadas, como el consumo eléctrico de la máquina de riego de pivote central y la comprobación de los parámetros de calidad del riego que influyen dentro del mismo nos permitirá caracterizar el consumo energético del cultivo de la papa en la UBPC# 3 Jesús Menéndez.

### **Objetivo General**

Caracterizar el consumo energético del cultivo de la papa en la UBPC#3 Jesús Menéndez.

### **Objetivos Específicos**

1-Determinar el consumo energético de las labores mecanizadas en el cultivo de la papa.

2-Comprobar los parámetros de calidad de riego que influyen el consumo de portadores energéticos en la máquina de riego de pivot central.

3- Determinar el consumo eléctrico de la máquina de riego de pivot central.

# Capítulo I: Revisión Bibliográfica.

## 1.1. Consumo energético en la agricultura.

Actualmente el consumo energético en la agricultura presenta una tendencia al crecimiento, pues las labores agrícolas son altamente mecanizadas.

La mayor parte de la atención del sector agrario se centra en las oportunidades que el sector energético ofrece a la agricultura como productores de energías renovables: biocombustibles, biomas, y en menor medida en otro tipo de energías renovables como la solar fotovoltaica y la eólica (Energía, 2006).

Pero es fundamental una atención primordial a la demanda, que depende mucho más de nosotros que la oferta. Es necesario hacer, de una vez por todas, de la eficiencia energética y de la utilización racional de la energía objetivos realmente prioritarios.

El ahorro y uso eficiente de la energía en la producción agrícola puede conseguirse por varias vías complementarias, como es la elección correcta y adecuada del tractor con su implemento para el trabajo que debe realizar y usarlo de manera eficiente. *El mayor ahorro se consigue realizando las labores de mayor demanda energética, labrar, gradas rotativas o equipos combinados de siembra con tractores y aperos grandes* (Boto et al., 2003).

A lo largo de la historia y fundamentalmente en los últimos años, con el desarrollo de la tecnología, las técnicas y las estrategias desarrolladas por distintos investigadores para seleccionar parques de maquinaria idóneos a las necesidades de las explotaciones, resultan muy variadas.

Actualmente una nueva herramienta de ayuda a la decisión está siendo desarrollada por el grupo de investigación TECNA (Tecnologías de la Información Aplicadas a la Ingeniería Agronómica), formado por miembros de la Universidad Politécnica de Madrid y de la Universidad de Castilla-La Mancha. Se trata de una herramienta informática para seleccionar parques de maquinaria, pensada para ser “colgada” de la página web de un organismo oficial y hacerla disponible para el usuario desde Internet. La aplicación informática de selección de parques óptimos de maquinaria posee su fundamento en la aplicación de conceptos técnicos de mecanización agraria y en la resolución de un sistema de programación matemática-lineal entera que minimiza los costes para los periodos disponibles para las labores.

Este sistema se encarga de realizar los cálculos de los costes de cada una de las combinaciones posibles de maquinaria introducidas por el usuario, para cada operación de laboreo sobre cada uno de los cultivos *esta nueva herramienta puede ayudar a la selección del parque de maquinaria optimizado con criterios de ahorro económico y eficiencia energética en las explotaciones agraria* (Energía, 2006).

Las nuevas tecnologías van incorporando en los tractores utilidades y herramientas que exigen del agricultor una profesionalización y una formación

continua. Por ejemplo los sistemas de guiado con GPS para conducción en parcela, con los que se consigue realizar todas las pasadas a la misma anchura y sin solapes, con un importante ahorro energético (Ortiz, 2010).

En Cuba la agricultura cuenta con un parque de máquinas y tractores muy envejecido y deteriorado, el cual procede en su gran mayoría del antiguo campo socialista, teniendo como promedio más de 15 años de explotación. Este equipamiento se caracteriza por ser resistente, de fácil manejo, mantenimiento y reparación, pero tiene una gran desventaja con respecto a otras tecnologías más modernas, su alto consumo de combustible, lo cual encarece los costos de producción.

Una de las dificultades que más influye en el descontrol del consumo energético es la ausencia de normas y normativas de consumo técnicamente fundamentadas y debidamente actualizadas acordes a las condiciones actuales de explotación, lo que incide a la mejor utilización de la maquinaria (Álvarez *et al.*, 2005).

En los últimos años el país ha realizado inversiones en la compra de nuevas tecnologías mecanizadas, tal como son tractores, sembradoras, fertilizadoras, cosechadoras y otros implementos de gran importancia para renovar la maquinaria y disminuir el consumo energético en la agricultura.

Una máquina agrícola de nueva introducción debe poseer índices técnico-económicos superiores en comparación con su antecesora. Entre estos índices se encuentran los siguientes: mayor productividad en el trabajo, garantizar superiores indicadores tecnológicos, disminuir las pérdidas de tiempo por roturas y aumentar el tiempo de vida útil (Silveira, 1998).

## **1.2. El riego en Cuba para el cultivo de la papa.**

La papa se cultiva después de las heladas y en los meses menos calurosos. Los suelos livianos y profundos producen las mejores cosechas, pues almacenan mucha agua para el crecimiento del cultivo y si son bien

drenados, evitan la saturación de agua en los períodos lluviosos y el cultivo puede permanecer en el suelo por varios meses. El crecimiento de papa depende del área folia y el clima (temperatura, agua y luz) (García y Vazquel, 2006).

Es reconocida ampliamente y en muchas ocasiones de forma irregular, por lo que el productor nunca debe arriesgarse a realizar una plantación de papas si no dispone de un sistema de riego confiable y la cantidad de agua suficiente con la calidad requerida, que garantice entre los 5 000 y 8 000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, según la técnica de riego disponible.

Por ser este un cultivo muy exigente a un manejo cuidadoso del agua, con su máxima demanda de agua en las fases de tuberización y engrose del tubérculo, siempre se han utilizado en Cuba las tecnologías de riego más avanzadas para poder garantizar dichas exigencias.

Actualmente, alrededor del 90 % del área total de papa plantada en el país se benefician con el riego por máquinas de pivote central (hidráulicas y eléctricas), que garantizan una eficiencia de aplicación media entre 0.75 y 0.85. Las máquinas con bajantes y boquillas colocadas por encima y próximas al follaje de la planta han demostrado su efectividad en el riego de la papa y otros cultivos al garantizar una aplicación uniforme por tener menor influencia del viento. Esta tecnología por su productividad, baja presión de trabajo, ahorro de combustible, factibilidad para la fertirrigación y alta eficiencia de aplicación, es considerada como la de mayor perspectiva para el cultivo en áreas mayores a las 13.42 ha (González *et al.*, 2001).

### **1.2.1. Características de la tecnología de pivote central.**

Las máquinas de pivote central están entre los sistemas de riego más populares en el mundo. Ellas han hecho fácil y muy eficaz el riego en muchas áreas donde otros métodos de irrigación no son adecuados. Se pueden aplicar riegos más frecuente y cubrir mejor los requerimientos de agua de los cultivos y aumentar al máximo la producción. Las máquinas de pivote central se han perfeccionado mucho. Son mecánicamente muy fiables y simples de operar, aunque, como cualquier maquinaria, el mantenimiento rutinario y sistemático es imprescindible. Estos equipos permiten un notable ahorro de agua y energía al compararse con otras técnicas como la aspersión tradicional y los pivotes de accionamiento hidráulico, (Espinosa *et al.*, 2010). En los últimos años el Ministerio de la Agricultura de Cuba ha desarrollado importantes inversiones para la modernización de los sistemas de riego en las cuales están incluidos con un gran peso los pivotes. Existen en estos momentos diferentes firmas extranjeras que proveen estos equipos de tecnología moderna (Hernández *et al.*, 2010).

El sistema de riego de pivote está formado por una tubería porta emisores que va sustentada sobre torres automotrices, con un motor eléctrico sobre dos ruedas neumáticas o de un motor hidráulico con dos ruedas de hierro. La tubería por donde se conduce el agua para ser distribuida en el suelo, normalmente es de acero galvanizado. En esta tubería se encuentran los emisores, que pueden ser de tres tipos: aspersores giratorios, boquillas difusoras y cañones de extremo. Cada tramo de tubería va unido a una torre soporte y articulado con el tramo anterior, debiendo permitir movimiento en un eje vertical y otro horizontal. Los valores del Coeficiente de Uniformidad (Cuh) de Hermann y Hein oscilaron entre 64.79% y 82.33%, obteniéndose el

mayor valor con boquilla difusora a 1 m de altura del suelo, sin regulador de flujo y con contrapesos. Este rango del valor del Cuh se acerca al criterio de (Tarjuelo, 2005); de que una parcela está bien regada cuando se logra un Cuh entre 85 y 90%.

### **1.2.2. Opciones para lograr una mejor eficiencia energética en el riego.**

- Diseño eficiente que significa uso de bombas de alta eficiencia y redes hidráulicas con pérdidas mínimas.
- Sólo regar lo necesario. Esto significa control de humedad del suelo y estado general de las plantas.
- Si posee más de dos o tres bombas es posible racionalizar su operación y control. Posibilidades de usar control de velocidad y sistemas inteligentes de control.
- Mida el consumo eléctrico por unidad motriz.
- Controlar periódicamente el rendimiento del sistema (Villalobos, 2010).

Debe aplicarse un buen procedimiento para determinar cuándo se riega y cuánta agua se aplica. Se considerará también la planificación de la irrigación y la forma de estimar la humedad del suelo.

Se verificará que el pivote central proporciona un modelo de aplicación uniforme a lo largo de toda la longitud completa. Si los cabezales y boquillas del pivot se han usado más de siete años deben revisarse. También debe revisarse el tamaño de las boquillas del pivot para estar seguro que se acoplan con el tamaño de las boquillas listado en las instrucciones.

Anualmente deben revisarse las pérdidas en tuberías, boquillas perdidas, y boquillas que no roten apropiadamente.

Si se utiliza un motor para accionar la bomba, debemos cambiar el aceite y filtro de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. La bomba y el motor deben recibir mantenimiento anual.

Anualmente deben revisarse los niveles de agua estáticos y de bombeo.

Si el agua de riego tiene hierro, debe ser clorada para conseguir que precipite.

El uso de un método consistente de planificación de riego a menudo puede reducir el consumo de energía entre un 7 y un 30 %

La vida útil promedio del cabezal de un sprinkler es de unos siete años. El diámetro de la boquilla del cabezal del sprinkler es muy importante para la aplicación del agua uniforme; y el diámetro de la boquilla puede crecer con el uso, especialmente si hay arena o grava en el agua. Una pobre uniformidad en la aplicación incrementa el tiempo de bombeo de agua y por lo tanto el uso de energía.

Las tuberías enterradas raramente tienen pérdidas, a menos que queden desenterradas en invierno. Sin embargo las tuberías sobre el suelo frecuentemente tienen las juntas desgastadas y hasta un 30 % de agua puede perderse antes de conseguir llegar al punto de descarga. La sustitución de juntas y colocación de tapones en cualquier orificio de la tubería es una medida importante.

Si las pantallas en la captación de agua están obstruidas se incrementan también los costes de bombeo. Las pantallas se obturan por incrustaciones

minerales o bacterias del hierro. Las incrustaciones de minerales ocurren a lo largo del tiempo.

El mantenimiento de bombas regular, incluyendo un engrasado apropiado y relleno de los depósitos de aceite cada año es una cuestión importante. El ajuste de las membranas de empaque y el ajuste de los impulsores en turbinas de pozos profundos para una operación eficiente. La sustitución de motores diesel por motores eléctricos puede también suponer un ahorro significativo.

- Si se usan motores eléctricos puede aprovecharse los periodos del día en los que los costes de la energía son más bajos (Efficiency, 2011).

### **1.3. Parámetros de calidad en el riego. Influencia en el consumo energético.**

Dentro los parámetros de calidad de riego se encuentran los emisores y su correcta distribución, junto a los bajantes flexibles que soportan los aspersores, la selección de los reguladores de presión y el patrón de distribución entre otros.

#### **1.3.1. Emisores para la aplicación del agua.**

Existe una variada gama de emisores de riego para aplicar el agua con los pivotes centrales (Enríquez y Grevenson, 2000); en los últimos 10 años se ha generalizado en el mundo la utilización de las boquillas de baja presión que trabajan entre 10 y 18 m.c.a., lo cual significa un ahorro considerable de energía si lo comparamos con la presión, de operación de los aspersores de

impacto, que anteriormente se utilizaban en estas máquinas que oscilaban entre 30 y 60 m.c.a. El mercado hoy dispone de diferentes emisores para variadas condiciones de suelo, cultivos y clima; los principales modelos que hoy se utilizan son: Spray, Rotator, Spinner, Wobbler, LDN, LEPA. Ver figura-1



Fig. # 1. Diferentes emisores utilizados en pivote central.

El modelo Spray o rociador es un emisor fijo de baja presión, donde el agua al salir por la boquilla choca contra un plato estático que está ranurado, formando chorros de agua a una presión que oscila entre 4 y 18 m.c.a. Existen varios tipos de platos que pueden proporcionar diferentes chorros de

salida del agua (chorros finos, medianos y fuertes) (Enríquez y Grevenson, 2000).

Debido a que la entrega del agua es fija, la aplicación instantánea es alta y se recomiendan en suelos de poca pendiente y alta velocidad de infiltración. El Spray es el que utiliza Cuba en las máquinas Fregat y en algunos modelos eléctricos, y tiene la ventaja que puede ser fabricado en Cuba. El comportamiento de este emisor en las condiciones cubanas ha sido bueno; más del 90 % de las máquinas que regaron papa en las últimas campañas lo hicieron con este dispositivo, lográndose en algunas fincas rendimientos sobre las 40 t/ha-1. Este tipo de emisor es el más difundido en el mundo pues resulta más barato entre los de última tecnología.

### **1.3.2. Carta de distribución de emisores en las máquinas de pivote central.**

Uno de los aspectos más importantes que debe conocer un productor que disponga de unidades de pivote central, es que la uniformidad en la distribución del agua y, por consiguiente, la calidad del riego depende de la correcta ubicación de los diámetros de los emisores, los autorreguladores de presión o reguladores de flujo y de la presión de trabajo que indica la carta de distribución de emisores; si esto no se garantiza tal y como lo indica la carta el riego, será deficiente. Es por ello que antes de comenzar una siembra, se recomienda se revisen los emisores y se corrijan los posibles problemas antes de iniciar el riego. La Figura 2 muestra el resultado de una evaluación pluviométrica realizada a una máquina de pivote central Fregat,

en la cual estaban mal instaladas las boquillas difusoras y los reguladores de flujo y se obtuvo un coeficiente de uniformidad (Cuh) de 59 %. Después de colocar correctamente carta de boquillas y reguladores de flujo calculados por el programa de computación PívoT, se logró obtener un Cuh de 82 %, mejorando notablemente la calidad del riego. (Gonzalez y Navarro, 1999).

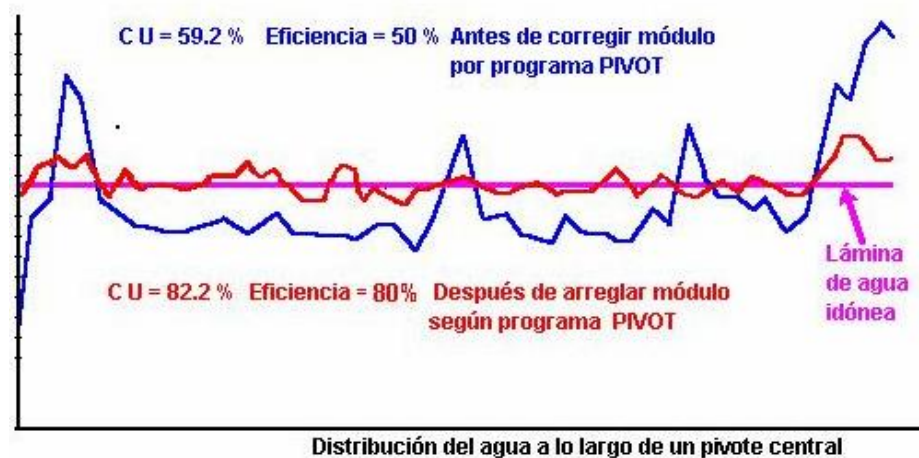


Fig. # 2. Evaluación antes y después de corregir la carta de emisores.

### 1.3.3. Lámina y distribución de presión.

Las tasas de flujo de los aspersores varían cuando el lateral avanza sobre suelo con pendiente a menos que se usen reguladores de presión. Los reguladores de presión son necesarios en cada aspersor si la presión varía en más de un 10% sobre el lateral, en cualquier punto del campo.

Los reguladores son casi siempre requeridos en sistemas de baja presión en terrenos con pendiente. La Figura 3 entrega una recomendación general sobre las necesidades de uso de reguladores de presión. La selección del

regulador de presión depende de la presión del sistema y del aspersor seleccionado. Boquillas de control de flujo también pueden ser una opción, pero grandes fluctuaciones en presión podrían afectar adversamente el patrón de distribución y el tamaño de las gotas (Lagos *et al.*, 2010).

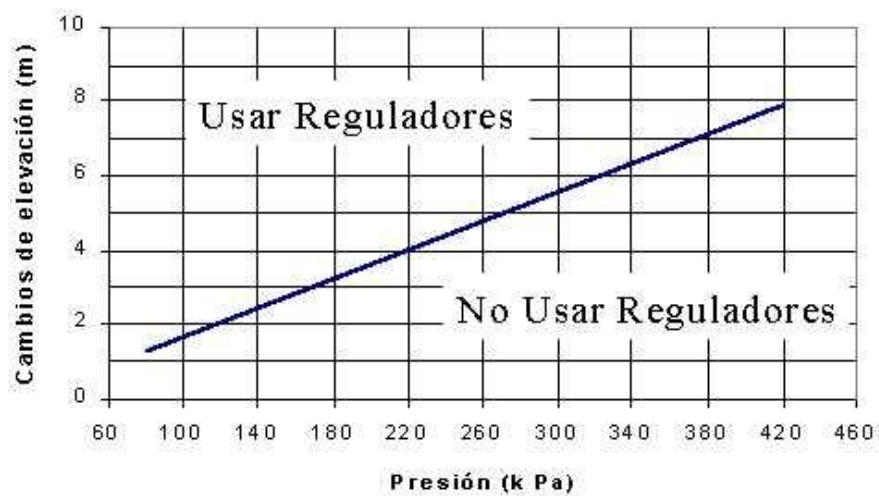


Fig. # 3. Sugerencia de fabricantes sobre la necesidad de usar reguladores de presión.

#### 1.3.4. Patrón de distribución.

La uniformidad de aplicación de agua es un importante criterio para el diseño y evaluación del pivote. Sin embargo, la lámina de aplicación del sistema no es uniforme a través del campo y depende de los aspersores, topografía, movimiento de la máquina y muchos otros factores.

Numerosos coeficientes de uniformidad (Cuh) han sido desarrollados en las últimas décadas. En general, pueden ser clasificados en 2 categorías: ponderados por área y no ponderados. Los Cuh no ponderados por área son calculados directamente desde las observaciones (reales o simuladas) asumiendo que cada observación representa la misma área de suelo. Los Cuh ponderados son más adecuados para pivotes, puesto que el área de influencia de los aspersores es aumentada hacia el extremo externo del equipo (Lagos *et al.*, 2010).

En Cuba a principios de la década del 90 existían alrededor de 1200 máquinas de pivote central modelo Fregat de procedencia rusa. Debido a la crisis económica ocurrida por el derrumbe del campo socialista y al acentuado estancamiento tecnológico de estas con altos consumos energéticos, deficiencias en la uniformidad de aplicación del agua, unido a limitaciones objetivas en la adquisición de piezas y componentes de repuesto, afectaron significativamente la eficiente explotación del parque activo. Se procedió entonces al desarrollo de una boquilla difusora de baja presión de 360° con dos nervios y difusor estriado de 2° de concavidad que estuviera próxima al suelo, para evitar el efecto distorsionador del viento y sustituir los aspersores de impacto por boquillas difusoras de producción nacional. Los estudios se realizaron en Ciudad de La Habana, en áreas del Laboratorio Hidráulico del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD) y en la Finca de Transferencia Tecnológica en el Municipio de Alquizar, provincia de La Habana. Se evaluó el gasto de la boquilla difusora cubana (IIRD) para diferentes diámetros del orificio de salida del agua, a

partir de 2.5 mm con incrementos de 0.5 mm hasta los 9.0 mm a las presiones de 50, 100, 150, 200, 250 y 300 kPa. Posteriormente, se realizaron evaluaciones pluviométricas a una boquilla difusora (IIRD) plástica de dos nervios con 360° de sector de riego, de forma invertida, con deflector estriado, 46 ranuras y 2° de concavidad, como se puede apreciar en la Figura 4. El caudal entregado por la boquilla deflectora osciló entre 0.034 l/s hasta 1.394 L/s, cubriendo un espectro amplio, el coeficiente de gasto osciló desde 0.79 hasta 0.91 estando dentro del rango permisible para las boquillas difusoras que es de 0.80 a 0.91; esto permitió diseñar los módulos de las máquinas de riego con el programa Pívorot con una gran exactitud. A los pivotes hidráulicos marca (Fregat). Se les efectuaron las siguientes variaciones constructivas: a los tubos de 9 754 mm de largo, se le perforaron cuatro orificios y dos en los de 4878 mm. Soldándole en cada uno de ellos nudos de tubería galvanizada de  $\text{Æ} 25$  mm, los cuales cumplen la función de tomas para enroscar la «U» de  $\text{Æ} 19$  mm y 400 mm de longitud de PVC. Los bajantes son de plásticos (PEAD) de 1"x $\frac{3}{4}$ " (25x19 mm) con rosca exterior por ambos lados y se enroscan a la «U» por medio de un nudo de  $\frac{3}{4}$ " de poliacetal. La longitud de los bajantes varía con el modelo de la máquina, para la Fregat es de 1.25 m y para las Kuban de 2.40 m. Los reguladores de flujo plano se colocan en el nudo de  $\frac{3}{4}$ " donde enrosca la boquilla difusora (Cárdenas, 2000).



Fig. #4. Spray, fabricado en Cuba por el IIRD.

Se logró incrementar el CU a valores entre el 80 y 86 % y disminuir el consumo energético en un 15 %; esto se pudo constatar en las evaluaciones realizadas en las empresas de cultivos varios de la provincia La Habana.

#### **1.4. Equipos de medir la corriente. Amperímetro de gancho.**

##### **Voltímetros.**

Un voltímetro no es más que un microamperímetro o un miliamperímetro con una o varias resistencias de alto valor conectadas en serie con la bobina móvil del instrumento para limitar la corriente tomada por la misma a valores convenientemente bajos. De este modo se garantiza que el instrumento no introduzca alteraciones apreciables en el circuito al cual se conecte para realizar mediciones. A través del instrumento circulará una pequeña corriente proporcional a la magnitud del voltaje que se desea medir, indicando la deflexión del sistema móvil el valor del mismo (Martínez, 1986).

##### **Amperímetros.**

Es un instrumento destinado a medir la intensidad de corriente de un circuito dado. Este instrumento debe conectarse en serie con la línea, de modo que

la totalidad de la corriente que circule a través de la carga lo haga a través del mismo. La circulación de dicha corriente produce un par que provoca la deflexión del elemento móvil un ángulo dado, proporcional al valor de la misma (Martínez, 1986).

### **Watímetros.**

El watímetro, también denominado vatímetro (simbolizado generalmente por la letra W) es un dispositivo utilizado para medir potencia activa en circuitos de corriente alterna. Consta de una bobina de corriente y una potencial. La primera es fija y se encuentra constituida por un conductor más grueso, por el cual circula la corriente de carga. La segunda bobina es móvil y construida con un alambre más fino (Martínez, 1986).

### **Ohmímetros.**

El ohmímetro se utiliza para medir la resistencia de un elemento, de parte o de todo un circuito eléctrico (Martínez, 1986).

### **Amperímetro de gancho.**

Se trata de un amperímetro de corriente alterna que mide la corriente eléctrica sin necesidad de conectarlo en serie con el alambre portador de la corriente. Los amperímetros de este tipo emplean mandíbulas de gancho que circundan el alambre que lleva la corriente. La corriente en el alambre se transmite por inducción a las mandíbulas de gancho, que a su vez se conectan a las mandíbulas del medidor. Los amperímetros de gancho incluyen a veces una escala de voltios que tienen por objeto, permitir la medición del voltaje en la forma convencional usada.

Este instrumento es fácil de manejar, pues están provisto en su parte superior de una especie de mordaza metálica que se abre para colocar

dentro de la misma la línea que se va a probar una vez que el conductor este dentro de la mordaza se cierra esta por medio de un simple moviendo y el aparato marca inmediatamente, el amperaje que está pasando. Un amperímetro de gancho, que permite obtener la corriente que pasa por un circuito sin abrirlo. Este dispositivo, como su nombre lo indica, tiene un gancho que se coloca alrededor del conductor por donde pasa la corriente y mide el campo magnético.

El amperímetro de gancho es una tenaza amperímetro que nos va a mostrar los parámetros de intensidad de corriente en una línea. En el mercado existen una gran variedad de modelo y marcas por lo que sus rangos varían de acuerdo al modelo y la capacidad a medir, aquí se muestra algunos rangos de operación de algunos equipos:

Características: En Baja Tensión los rangos de medida son: 60/150/300/600/1200 Amperes y en alta tensión existen equipos para medir, directamente en redes de alta tensión, voltaje, corriente, factor de potencia, armónicas, energía, etc. Miden voltaje hasta 40 KV y corrientes de hasta 3000 Amperes en redes de 230 Kv.

## **Capítulo II: Materiales y Métodos.**

Este trabajo se realiza en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC#3) “Jesús Menéndez” perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú” del municipio de Santa Clara, provincia Villa Clara, en el período comprendido de noviembre de 2012 hasta abril del 2013. Para ello se emplea una revisión bibliográfica de la literatura sobre el tema objeto de estudio, específicamente en el cultivo de la papa y se entrevista a los operadores de la máquina de pivote central, funcionarios de la cooperativa e ingenieros de la empresa.

El 22 de diciembre de 2012 comienza la plantación de la variedad Everest, procedente de Holanda. El área sembrada constituye 16,10 ha a una distancia de plantación de 0.90m x 0.20m. La semilla utilizada tiene las siguientes características: calibre 3 y el ciclo vegetativo de esta variedad en nuestro país es de 90 a 100 días.

### **2.1. Labores mecanizadas en el cultivo de la papa.**

La papa es un cultivo con notable exigencia en cuanto a la calidad de las labores de preparación del suelo. Según (Garrido, 1984) la preparación del suelo requiere una serie de labores que garanticen la mulción y profundidad de labor para el mejor desarrollo de los tubérculos. Esto se logra con una sucesión de labores que comprenden roturación, cruce y recuce, gradeo y nivelación; operaciones que están totalmente mecanizadas.

En Cuba se utiliza fundamentalmente la tecnología tradicional con arados y equipos de discos. La siembra y la cosecha se realizan de forma

semimecanizada. Mientras, las labores fitosanitarias y las de cultivo y riego son totalmente mecanizada.

Según los instructivos técnicos (papa., 2010), las cartas técnicas elaboradas para este cultivo y la tecnología propuesta en el Manual Anaexplo (autores, 2006) el total de labores que se deben realizar en este cultivo son: control de malas yerbas mediante la aplicación de herbicida y preparación del suelo partiendo de la rotura y continuando con cruce , recruce, pase de grada 1 y 2, pase del tiller, nivelación, pase de grada 3 y 4, surcar y fertilizar . Luego, se realiza un mine para llevar la humedad a capacidad de campo antes de sembrar.

Entre los 20 y 25 días se debe remontar el cantero con un surcador acanterador para eliminar las malezas entre surcos. Los tratamientos preventivos contra plagas y enfermedades deben realizarse regularmente cada diez días y de hacer mal tiempo cada siete días (Parra y Ortiz, 2005).

El follaje se elimina con medios mecánicos o químicos. El químico con el uso de DNOC en aceite. Mientras, los medios mecánicos son los más empleados en Cuba mediante chapeadoras acopladas a tractores que laboran una hilera.

La cosecha se realiza con máquinas de 1, 2 ó 4 hileras. Las máquinas automotrices de 4 hileras permiten la cosecha de 1 ha/h o sea de 40 a 50 t/h. En la cosecha semimecanizada con sacadoras que dejan el tubérculo en la superficie del suelo, este se recoge manualmente y se envasa en sacos especiales en forma de malla para facilitar la ventilación. Luego, se

transporta hasta el centro de beneficio donde se realiza una selección con la finalidad de enviarla al frigorífico para su conservación (Parra y Ortiz, 2005).

### **2.1.1. Equipos e implementos utilizados en las labores mecanizadas del cultivo de la papa en la UBPC # 3.**

En la UBPC # 3 para la preparación del suelo, específicamente en las labores de rotura y cruce se emplean tractores de 14kn marca YUNZ con arados de tres discos. Luego, se realiza un pase de tiller con tractores de 30kn DT-75 y T-150K con un tiller de 11 órganos.

Para la labor de surque se realiza un surque previo con un tractor de 14kn marca YUNZ y un surcador de 5 órganos, resurcándose con una surcadora fertilizadora marca TUZA agregada a un tractor YUNZ. Posteriormente, se efectúa la siembra con un tractor YUNZ y con una plantadora de tubérculos TR y el tape de la semilla con un tractor YUNZ con un cultivador de 5 órganos.

Las labores de cultivo se acometen con tractor YUNZ y cultivador de 3 órganos marca Yabú-3. Las aplicaciones de los productos químicos comprendidas dentro de las labores fitosanitarias se hacen con un tractor YUNZ y una asperjadora marca TUZA.

Antes de la cosecha se defolió con un tractor YUNZ y una chapeadora CH-60. El saque y el resaque se realizan con un tractor YUNZ y una sacadora de tubérculos marca IMA. En la transportación de la cosecha se utiliza tractores YUNZ con carretas.

Basados en estas labores conjuntamente con sus índices de consumo de combustible empleados en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Integral de

Servicios Técnicos se determinará el consumo de combustible necesario para el cultivo de la papa en esta unidad.

## **2.2. Parámetros de calidad de riego que influyen en el consumo de portadores energéticos en la máquina de riego de pivote central.**

La máquina de pivote central con que cuenta la UBPC # 3 presenta las siguientes características, evidenciadas en la tabla # 1

Tabla # 1. Características de las máquinas de pivote central eléctricas.

<b>Máquin as</b>	<b>Torres</b>	<b>Área Regad a (ha)</b>	<b>Caud al (l/s)</b>	<b>Longit ud (m)</b>	<b>Hidromó dulo (l/s/ha)</b>	<b>Eficienc ia (%)</b>	<b>Presi ón (bar)</b>
Western	4	16.10	23.45	239	1.35	85	1.9

Los parámetros de calidad que fueron comprobados se sintetizan en la correspondencia de los aspersores con el orden propuesto por el fabricante y la presión del sistema. Para ello se consulta la carta técnica de montaje correspondiente a esta máquina. Además, se comprueba la altura de los aspersores con respecto al suelo mediante el empleo de una cinta métrica, para reducir las pérdidas por viento y evaporación del agua, que trae como consecuencia más tiempo de funcionamiento del sistema de riego, que conlleva más consumo energético. Ver figura # 5.



Fig. # 5. Medición de la altura de los Aspersores.

Tabla # 2. Orden de las boquillas en la máquina de riego.

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Voladizo	
09	13	18	19	22	26
09	14	18	19	23	31
09	14	18	19	23	37
09	14	19	19	23	35
09	14	20	23		
09	14	19	24		
09	15	20	23		
09	15	20	24		
09	15	20	23		
09	15	20	24		
09	15	20	24		
09	15	21	24		
10	16	20	24		

10	16	21	24
10	16	21	24
10	16	21	25
11	16	21	25
11	17	22	25
11	16	21	25
11	09	22	25
12	17	22	25
12	17	22	25
12	17	22	25
13	18	22	26
12	17	22	25
12	18	22	26
13	18	22	27
Huella(12-0)	18	Huella 27	Huella(30-28)

**2.3. Determinación del consumo eléctrico del sistema de riego empleado en la papa por la UBPC # 3 “Jesús Menéndez”.**

Para determinar el consumo eléctrico tanto de la máquina de pivote central como el de la estación de bombeo que la abastece se realizan visitas al campo. Se emplea un amperímetro de gancho modelo (07564 CMI-100 GREENLEE) para tomar mediciones en cada fase de entrada de corriente. En la figura# 6 se muestra el amperímetro de gancho modelo (07564 CMI-100 GREENLEE) empleado para la determinación del consumo eléctrico de la máquina de pivote central y de la estación de bombeo

Fig. # 6. Amperímetro de gancho modelo (07564 CMI-100 GREENLEE)



Estas mediciones se toman tanto en la entrada de la máquina como en la entrada del motor de la estación de bombeo. Se realiza un total de 6 mediciones por cada fase con un intervalo de una hora. A este proceder se le aplica un promedio para determinar el consumo de Kw/h en los diferentes porcentajes de riegos con que fue regulada la máquina durante la campaña. El promedio resultante de las distintas mediciones de corriente en amperes de las tres fases se multiplica por el voltaje y por el factor de potencia a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo (kw/h)} = I \cdot V / Fp$$

Dónde:

I – corriente (A)

V – voltaje

Fp – factor de potencia

$$I = (I1 + I2 + I3)/3$$

Luego de la determinación del consumo eléctrico se aplica la tarifa M 3-B (Tarifa de Media Tensión para regadíos agropecuarios con tres registros de

energía), contenida en la Resolución no 28-2011 del Ministerio de Finanzas y Precios. En dicha resolución se aplica la cláusula de ajuste por variación del precio de los combustibles (factor K).

La tarifa M 3-B establece los períodos de aplicación del precio de la energía teniendo en cuenta tres momentos del día. El primer período es día que oscila entre las 06:00 hasta las 18:00 horas. El segundo momento se conoce como pico eléctrico y fluctúa entre las 18:00 y las 22:00 horas. Y, el último es de madrugada que se establece entre las 22:00 y las 6:00 de la mañana. A continuación se presenta una tabla que muestra la aplicación de la tarifa M 3-B

Tabla # 3: Tarifa M 3-B

<b>Aplicación de la tarifa M 3- B por cada kw/h consumido</b>	
Día: 06:00- 18:00 horas	$(0.0481\$/kw/h * K + 0.0638 \$/kw/h)$ *consumo día en kw/h
Pico eléctrico 18:00- 22:00 horas	$(0.0241\$/kw/h * K + 0.0638 \$/kw/h)$ *consumo pico en kw/h
Madrugada 22:00-6:00 de la mañana	$(0.0161\$/kw/h * K + 0.0638 \$/kw/h)$ *consumo madrugada en kw/h

Es necesario acotar que se realizará el facturado doble de la cuenta por cada kw/h consumido si se detecta el uso de la bomba de regadío en horario pico. Si la demanda máxima real durante el mes es mayor que la contratada se facturará la diferencia a \$ 21.00 por kw según corresponda. Se aplica el factor de potencia y el factor K.

El comportamiento del factor K durante la campaña de papa transcurre como se ilustra en la tabla # 4.

Tabla # 4: Comportamiento del factor K

<b>Factor K</b>	
Diciembre	5.6472
Enero	6.1185
Febrero	6.1708
Marzo	6.1971
Abril	6.0953

## Capítulo III: Resultados y Discusión.

### 3.1. Consumo de combustible en las labores mecanizadas realizadas al cultivo de la papa en la UBPC # 3.

Para el cultivo de la papa de la UBPC se realizan un total de 13 labores con el empleo de la maquinaria. Dicha maquinaria es brindada en forma de prestación de servicio por la UEB Integral de Servicios Técnicos. A continuación en la tabla # 5 se relacionan las labores, el tractor e implemento agregado con los índices de consumo por hectáreas de combustible que emplea la UEB para la explotación de la maquinaria.

Tabla # 5. Balance de combustible del cultivo de la papa de la UBPC# 3.

Labores	Tractor	Implemento	L/ha	Área(ha)	L/Área(ha)
Rotura	YUNZ- 6K	ADI-3	25.2	16.10	284.72
Cruce	YUNZ- 6K	ADI-3	17.7	16.10	111.86
Tiller	DT-75	Tiller de 11 órganos	7.92	8.5	67.32
Tiller	T-150K	Tiller de 11 órganos	13.33	8.5	113.30
Surque	YUNZ- 6K	Surcador de 5 órganos	5.8	16.10	93.38
Surque	YUNZ- 6K	Surcador fertilizador	10.62	16.10	170.66

Tape	YUNZ- 6K	Cultivador de 5 órganos	7.92	16.10	127.51
Siembra	YUNZ- 6K	Plantadora de tubérculos TR	11.3	16.10	181.93
Cultivo(3)	YUNZ- 6K	Yabu -3	5.5	16.10	265.65
Fitosanitarias(5)	YUNZ- 6K	Asperjadora	2.92	16.10	233.45
Defoliar	YUNZ- 6K	Chapeadora CH-60	5.32	16.10	85.33
Cosecha	YUNZ- 6K	Sacadora de tubérculos	11.5	16.10	185.15
Resaque	YUNZ- 6K	Sacadora de tubérculos	11.5	16.10	185.15

El total de combustible que se gastó en la preparación de suelo, labores de cultivo, labores fitosanitarias y la cosecha fue de 2105.41L. Además se gastó 328L para trasportar la cosecha y 40L de transporte de personal. En la campaña de papa 2012-2013 de la UBPC#3 Jesús Menéndez el gasto final de combustible fue 2473.41L.

### **3.2. Parámetros de calidad de riego que influyen en el consumo de portadores energéticos en la máquina de riego de pivote central.**

Se revisó la instalación de los aspersores según la carta de distribución que recomienda el fabricante, al igual que la altura con respecto al suelo que

debe ser de un metro. Detectándose que solo el primer aspersor no era el recomendado además de no cumplir con la altura correspondiente.

A su vez se comprobó periódicamente durante los riegos que la máquina cumple con los 1.9 bar de presión con que debe trabajar el sistema. Estas observaciones se realizaron en el manómetro con que cuenta la máquina en el pivote.

### **3.3. Consumo eléctrico de la labor de riego con la máquina de pivote central en la UBPC # 3.**

En esta campaña de papa en la UBPC # 3 se dio un mine antes de la siembra para llevar el suelo a capacidad de campo (CC) y durante la el desarrollo del cultivo se proporcionó un total de 15 riegos a diferentes porcentos en dependencia de la etapa fenológica del cultivo. Ver tabla # 6.

Tabla # 6. Riegos aplicados al cultivo de la papa.

<b>Numero</b>	<b>de %</b>	<b>Inicio</b>	<b>Terminación</b>
1	8	20-11-12	23-11-12
2	8	17-12-12	19-12-12
3	8	25-12-12	28-12-12
4	20	2-1-13	5-1-13
5	30	9-1-13	11-1-13
6	20	15-1-13	19-1-13
7	16	21-1-13	25-1-13

8	16	30-1-13	31-1-13
9	16	7-2-13	10-2-13
10	16	12-2-13	14-2-13
11	13	17-2-13	20-2-13
12	13	21-2-13	24-2-13
13	13	25-2-13	28-2-13
14	13	1-3-13	7-3-13
15	16	11-3-13	12-3-13

En la carta de explotación de la máquina de riego de pivote central (tabla# 7) se aprecia según la regulación del cronometro la lámina de agua que aplica, la velocidad de la última torre y el tiempo total de duración del riego. En ella no se contempla las regulaciones al 5%, 8 %, 13% y al 16%, las cuales se utilizan porque son las que ofrecen una lámina de agua apropiada para las diferentes etapas del cultivo donde se utilizan. Por lo tanto el tiempo de duración del riego con la maquina regulado a estos porcentos son: al 5% - 110.40h, al 8% -78.51h, al 13% - y al 16% - 56.53h.

Tabla # 7. Carta de explotación de la máquina de riego de la UBPC # 3.

<b>Aplicación de Agua (mm)</b>	<b>Regulación Cronometro (%)</b>	<b>Velocidad Ultima Torre (m/min)</b>	<b>Tiempo por Revolución (Horas)</b>
3.68	100	3.05	7.45
4.09	90	2.74	8.83
4.6	80	2.44	9.94
5.26	70	2.13	11.36
5.67	65	1.98	12.23
6.14	60	1.83	13.25
6.7	55	1.68	14.45
7.37	50	1.52	15.9
8.19	45	1.37	17.67
9.21	40	1.22	19.87
10.53	35	1.07	22.71
12.28	30	0.91	26.5
14.74	25	0.76	31.8
18.42	20	0.61	39.75
24.56	15	0.46	53
30.7	12	0.37	66.24
40.93	9	0.27	88.33
61.4	6	0.18	132.49
122.8	3	0.09	264.98

Las mediciones realizadas con el amperímetro de gancho para determinar el consumo de la corriente en cada porcentos que se regulo la máquina en la aplicación de los riegos y en la estación de bombeo. Las cuales se ofrecen a continuación en las siguientes tablas.

Tabla # 8. Mediciones de la máquina de riego regulada a un 5 % en el Mine.

<b>Fase</b>	<b>Medición # 1</b>	<b>Medición # 2</b>	<b>Medición # 3</b>	<b>Medición # 4</b>	<b>Medición # 5</b>	<b>Medición # 6</b>	<b>Promedio</b>
1	3.3	3.2	3.0	3.4	3.1	3.4	3.2
2	1.9	2.1	1.9	2.0	1.7	1.8	1.9
3	5.4	5.2	5.3	5.5	5.3	5.5	5.4

Tabla # 8.1. Mediciones de la máquina de riego regulada a un 8 %.

<b>Fase</b>	<b>Medición # 1</b>	<b>Medición # 2</b>	<b>Medición # 3</b>	<b>Medición # 4</b>	<b>Medición # 5</b>	<b>Medición # 6</b>	<b>Promedio</b>
1	5.8	5.6	5.9	5.8	5.7	5.9	5.8
2	1.7	1.5	1.9	1.7	1.8	1.6	1.7
3	3.3	3.1	3.5	3.4	3.2	3.3	3.3

Tabla # 8.2. Mediciones de la máquina de riego regulada a un 13 %.

<b>Fase</b>	<b>Medición # 1</b>	<b>Medición # 2</b>	<b>Medición # 3</b>	<b>Medición # 4</b>	<b>Medición # 5</b>	<b>Medición # 6</b>	<b>Promedio</b>
1	4.5	4.8	4.5	4.4	4.6	4.4	4.5
2	7.0	7.1	6.9	6.7	6.8	6.9	6.9
3	5.6	5.6	6.1	5.7	6.0	5.8	5.8

Tabla # 8.3. Mediciones de la máquina de riego regulada a un 16 %.

<b>Fase</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Promed</b>
<b>s</b>	<b>ón # 1</b>	<b>ón # 2</b>	<b>ón # 3</b>	<b>ón # 4</b>	<b>ón # 5</b>	<b>ón # 6</b>	<b>io</b>
1	7.0	6.6	6.8	6.9	6.8	6.7	6.8
2	6.7	6.8	6.6	7.0	6.9	6.8	6.8
3	5.0	4.8	4.9	4.6	5.0	5.1	4.9

Tabla # 8.4. Mediciones de la máquina de riego regulada a un 20 %.

<b>Fase</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Promed</b>
<b>s</b>	<b>ón # 1</b>	<b>ón # 2</b>	<b>ón # 3</b>	<b>ón # 4</b>	<b>ón # 5</b>	<b>ón # 6</b>	<b>io</b>
1	5.0	4.7	4.6	4.8	4.8	4.9	4.8
2	3.0	2.9	2.9	2.7	3.1	2.8	2.9
3	6.9	7.0	6.7	7.1	6.8	6.9	6.9

Tabla # 8.5. Mediciones de la máquina de riego regulada a un 30 %.

<b>Fase</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Medici</b>	<b>Promed</b>
<b>s</b>	<b>ón # 1</b>	<b>ón # 2</b>	<b>ón # 3</b>	<b>ón # 4</b>	<b>ón # 5</b>	<b>ón # 6</b>	<b>io</b>
1	8.4	8.3	7.9	8.2	8.3	8.1	8.2
2	6.3	6.1	6.1	6.0	5.9	6.2	6.1
3	3.4	3.7	3.4	3.3	3.7	3.5	3.5

Tabla # 8.6. Mediciones en la entrada de la Bomba.

<b>Fase</b>	<b>Medición # 1</b>	<b>Medición # 2</b>	<b>Medición # 3</b>	<b>Medición # 4</b>	<b>Medición # 5</b>	<b>Medición # 6</b>	<b>Promedio</b>
1	14.7	14.5	14.2	14.5	14.3	14.8	14.5
2	14.7	15.0	14.8	14.6	14.9	14.8	14.8
3	15.4	15.6	15.2	15.5	15.4	15.3	15.4

Determinado el consumo de la corriente en amperes se calcula, se calcula el consumo eléctrico en kw/h según la cantidad de riegos aplicados a los diferentes porcentajes que se regula la máquina y el tiempo total que duraron.

Estos resultados están reflejados en las siguientes tablas

Tabla # 9. Consumo total eléctrico a diferentes regulaciones de la máquina de riego.

<b>Regulación (%)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Cantidad de riegos</b>	<b>Tiempo total (h)</b>	<b>Consumo de kw en una hora</b>	<b>Consumo total (kw/h)</b>
5	110.40	1	110.40	2.18	240.67
8	78.51	3	235.53	2.23	525.23
13	71.76	4	287.04	3.55	1 018.99
16	56.53	5	277.65	3.82	1 060.62
20	39.75	2	79.5	3.01	291.76
30	26.5	1	26.5	3.67	97.25
<b>Total</b>	-	16	1016.62	-	3 234.52

**Tabla # 9.1. Consumo eléctrico de la bomba.**

<b>Consumo de kw en una hora</b>	<b>Tiempo total (h)</b>	<b>Consumo total (kw/h)</b>
9.23	1016.62	9 383.40

### **3.4. Valoración económica del cultivo de la papa de la UBPC # 3.**

Para determinar cuánto cuesta en valor el consumo de kw/h se aplica la tarifa M3- B para el horario de las 06:00 a las 18:00 hora, expuesta en el capítulo anterior así mismo el precio del combustible consumido por la maquinaria con el fin de este cultivo es de 0.90 pesos. . Los resultados de la evaluación económica se presentan en la tabla # 10.

**Tabla # 10. Índices económicos del cultivo de la papa de la UBPC # 3.**

<b>Denominación de los índices</b>	<b>Valor</b>
Semillas y posturas	35 020.04
Fertilizantes	3 377.01
Plaguicidas	8 543.54
Combustibles	2 226.06
Energía	1 564.76
Anticipos	21 067.15
Salario complementario	1 915.00
Seguridad social	2 872.78
Servicios productivos comprados	8 470.41
Otros gastos monetarios	2 330.00
Saldo inicial producción. proceso	49 016.09

Traspaso	24 579.09
Total	160 981.93

La tabla # 10 muestra los gastos directos del cultivo de la papa de la UBPC # 3 “Jesús Menéndez” en la campaña 2012- 2013. , la mayor influencia la tienen los gastos de la compra de semilla y posturas, fertilizantes, traspaso y proceso, esto sin contar el pago a los obreros auxiliares que se ocupan de recoger la papa en el campo. Se muestran los gastos de salario, anticipos, la seguridad social y gastos energéticos. Es de vital importancia conocer el gasto energético del cultivo de la papa ya que representa un 2.35% del total de los gastos.

## **Conclusiones.**

- 1- El total del combustible consumido para el cultivo de la papa de la UBPC # 3 fue de 2 473.41L y un costo de 2 226.06 pesos.
- 2- En la máquina de riego de pivote central de la UBPC # 3 cumple con los parámetros de calidad y las normas del fabricante.
- 3- El consumo eléctrico de la actividad de riego fue de 12 617.92kw/h con un valor ascendente a 1 564.76 pesos.

## **Recomendaciones.**

- 1- Para las próximas campañas se realicen las labores de preparación del suelo con los tractores t-150k que poseen una mayor productividad y menor índice de consumo.
- 2- Mantener una sistematicidad en el control de los parámetros de calidad riego de la máquina de pivote central.
- 3- Realizar los riegos en el horario de la madrugada que la tarifa eléctrica es de menor cuantía.

## Referencias Bibliográfica.

ÁLVAREZ, L.; P. PANEQUE y O. ÁLVAREZ: *Costo energético de las operaciones de siembra más comunes en Cuba [en línea]. vol. 1 no. La Habana.*

AUTORES, C. D.: 2006.

BORROTO, A. y P. MONTEAGUDO: *Gestión energética en el sector productivo y los servicios*, 55pp., **Investigativa**, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, 2008.

BOTO, J.; P. PASTRANA y M. SUÁREZ: "Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España", *Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura*, 1: 28, 2003.

CAMACHO, P.; A. RODRIGUEZ; P. MONTESINOS y T. CARRILLO: *Ahorro de Energía en el Riego*, 44pp., **Investigativa**, Universidad de Córdoba, Córdoba, 2010.

CÁRDENAS, J.: *Estudio del uso de la boquilla difusora cubana en la máquina de riego de pivote central*, Universidad agraria de la Habana La Habana, 2000.

EFFICIENCY, I. E.: *Eficiencia energética en los sistemas de riego [en línea]. vol. 1 no. 1 California.*

ENERGÍA, I. P. L. D. Y. A. D. L.: *Ahorro, Eficiencia Energética y Estructura de la Explotación Agrícola [en línea]. vol. 1 no. 1 Madrid.*

ENRÍQUEZ, E. y W. GREVENSON: Simposio Internacional de Fertirrigación. En: Conferencia Regional panamericana ICID, pp. 10, Mérida, Yucatán. 2000.

- ESPINOSA, E.; M. GONZÁLEZ y R. HERNÁNDEZ: "Estudio de la uniformidad de riego, en una máquina de pivote central", *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1): 73-78, 2010.
- GARCÍA, S. y E. VAZQUEL: *Fisiología Vegetal Parte 2*, Ed. Pueblo y educación, La Habana, 2006.
- GARRIDO, J.: *Implementos, Maquinas Agrícolas y fundamentos para su explotación*, Ed. Científico Técnica, La Habana, 1984.
- GONZALEZ, P. y F. NAVARRO: "Programa de Computación "Pivot" para el cálculo de la distribución de boquillas y aspersores en las máquinas de pivote central", *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 8(2/99): 33-35, 1999.
- GONZÁLEZ, P.; J. STINCER y R. ROQUE: "Algunas consideraciones para el diseño, explotación y adquisición de máquinas de pivote central", *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 1: 23, 2001.
- HERNÁNDEZ, R.; M. GONZÁLEZ y E. ESPINOSA: "Parámetros de Explotación y Uniformidad de Riego en la Máquina de Pivote Central", *Otech-Irrimec*, 1: 11, 2010.
- LAGOS, L.; C. URIBE y E. HOLZAPHEL: *Pivote central*, 34pp., **tesis de maestría**, Universidad de Concepción, Quilamapu, 2010.
- LÓPEZ, S.: *Determinación de los parámetros técnico-hidráulicos de los emisores de baja presión que utilizan las máquinas de pivote central eléctrica en la provincia de Ciego de Ávila*, 67pp., **Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias de Riego y Drenaje)**, Universidad Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, 2010.

- MARTÍNEZ, E.: *Electrotecnia Básica*, Ed. Pueblo y educación, La Habana, 1986.
- ORTIZ, J.: "Las máquinas agrícolas y su aplicación", *Mundi Prensa*, 1: 22, 2010.
- ORTIZ, L.: ""La papa (*Solanum tuberosum*). Generalidades y fitotecnia del cultivo": 2005.
- PAPA., I. T. P. E. C. D. L.: *Instructivo técnico de la papa*, Ed. Producciones Graficas Versal, La Habana, 2010.
- PARRA, L. y A. ORTIZ: *La Papa (Patata) (Solanum tuberosum). Generalidades y fitotecnia del cultivo.*, **Tesis de maestría**, Universidad de Granma, Granma, 2005.
- RAMÓN PÉREZ, C. B. A. L. V.: Costo de operación de sistemas de riego mecanizado de pivot central. *Ingeniería Hidráulica Ambiental*. pp. 12-23. 2009.
- REQUENA, R.: "El riego con grandes máquinas", *Fruticultura y Diversificación*, 1: 23-29., 2010.
- SILVEIRA, J.: *Teoría y Cálculo de Máquinas Agrícolas*, Ed. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1998.
- TARJUELO, J.: *El riego por aspersión y su tecnología*, Ed. Ediciones Mundial- Prensa, Madrid, 2005.
- VILLALOBOS, C.: *Eficiencia de riego tecnificado [en línea]. vol. 1 no. Chile*.