

ARTÍCULO ORIGINAL

## Diseño de un dispositivo para determinar la fuerza de desprendimiento del grano de la panícula en el cultivo de arroz

### *Design of a device to determine the force of detachment of the grain from the panicle in the rice crop*

Edenio Olivares Díaz<sup>1</sup>, Edry García Cisneros<sup>2</sup>, Neeldes Matos Ramirez<sup>3</sup> y Arturo Martínez Rodríguez<sup>4</sup>

**RESUMEN.** La producción de arroz (*oryza sativa*) en pequeña escala está incluida en el Programa Nacional de Arroz y es implementado por el gobierno para dar respuesta a la alta demanda del preciado grano en el consumo dentro de los cubanos; además, como vía para la sustitución de importaciones, importante tarea en la actualidad cubana. Pero existen varios problemas en la producción de arroz en pequeña escala; destacándose el estado de la maquinaria agrícola utilizada en el proceso de post-cosecha. La mayoría de la máquinas utilizadas en esta producción son construidas empíricamente por los pequeños productores utilizando resto de combinadas de arroz y otras piezas, además, realizan la construcción tomando como ejemplo máquinas importadas y sin contar con diseños científicamente fundamentados, trayendo consigo altas pérdidas en el proceso de post-cosecha. Analizando lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se realiza el diseño de un dispositivo para determinar las fuerzas de desprendimiento del grano de la panícula en el cultivo de arroz; teniéndose en cuenta estudios realizados en la temática y características para su fácil construcción en el país. Además, el dispositivo es un aspecto importante para el estudio y la determinación de las propiedades físico-mecánicas del sistema pedicelo-grano de arroz; permitiendo así diseños fundamentados en maquinarias agrícolas, fundamentalmente trilladoras, alcanzando disminuir las pérdidas en el proceso de post-cosecha.

**Palabras clave:** producción, arroz, pequeña escala, propiedad físico-mecánica grano-panícula de arroz,

**ABSTRACT.** The production of rice (*oryza sativa*) in small-scale is included in the National Program Rice and it is implemented by the Cuban government to give answer to the high claim of the grain in the consumption of population; besides, it is also a way for the import substitution, an important task in the present moment of Cuban people. But there are several problems in the small-scale rice production; standing out the status of the agricultural machinery utilized in the post-harvest process. A high percent of the machines used in this production are constructed empirically by the small producers utilizing rest of combined rice with another pieces; furthermore, they carry through the construction taking, for example imported machines without designs scientifically based, bringing high losses in the process of post-harvest. Examining the previously exposed in the present work, the designing of a device to determine the forces of detachment of the grain from the panicle in the crop of rice is accomplished; taking in account studies carried out in the subject matter and characteristics for its easy construction at our country. Furthermore, the device is an important aspect for the study and the determination of the physical-mechanical properties of the pedicel-grain system in rice crop; enabling in this way, to establish scientifically well-founded designs in agricultural machinery, basically thresher machines, being possible to decrease the losses in the post-harvest process.

**Keywords:** Rice, production, small scale, physical-mechanical property, grain-panicle of rice.

**Recibido** 12/10/10, **aprobado** 30/01/12, **trabajo** 18/12, **artículo original**.

<sup>1</sup> Ing. Mecánico, Profesor Asistente de la Universidad de Camagüey, miembro del Grupo Multidisciplinario Agrícola (GMA), E-✉: [edenio.olivares@reduc.edu.cu](mailto:edenio.olivares@reduc.edu.cu); Tel: (032) 261456.

<sup>2</sup> Ing. Mecánico, Dr. C., Profesor Titular de la Universidad de Camagüey, J<sup>r</sup> del GMA.

<sup>3</sup> Ing. Mecánico. Profesor Asistente de la Universidad de Camagüey. miembro del GMA.

<sup>4</sup> Ing. Mecánico. Dr. Cs., Profesor Titular. Centro de Mecanización Agropecuaria. Universidad Agraria de La Habana.

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*oryza sativa*) es el alimento básico para gran parte de la humanidad. Aunque la demanda global de arroz per cápita está disminuyendo, la demanda de este cereal, en su conjunto, continuará en aumento debido al crecimiento de la población y al aumento de los modelos de consumo en diferentes regiones. En Cuba hasta el año 1990 se reportaba un consumo de unos 46 kg/persona/año y en la actualidad esta cifra asciende a 60 kg, los 11.2 millones de cubanos consumen 11 lb de arroz como promedio mensual, para un consumo anual de más de 600 000 t (Cultivo de arroz en Cuba, 2008); (García, 2003). Para el 2011 Cuba tendrá que importar el doble del arroz que produce para el consumo en la isla a un precio que oscila entre los 150 y 460 dólares la tonelada, es por ello que la producción de arroz en nuestro país es importante. En 2009, el Programa de Arroz del Ministerio de Agricultura puso en marcha un plan estatal que se propuso sustituir el 29% de las importaciones en ese año y llegar hasta el 56% en 2013 (Cuba importará en 2011 el doble del arroz que produce, 2010). Cuba invirtió en 2009 más de 2 000 millones de dólares en importaciones de arroz para garantizar el suministro a la población (Agencia EFE, 2008). La producción de arroz no especializado se ha incrementado, pero se necesita mayor ritmo y participación al balance nacional. Desarrollar la producción de arroz popular y familiar para incrementar su participación en el balance nacional contribuyendo a la reducción de las importaciones será una meta seria en los próximos años (UNCTAD, 2011).

Como se puede detectar, la producción de arroz en pequeña escala es fundamental para el consumo de la población cubana (Sánchez y Socorro, 2008). No obstante, existen debilidades en el proceso de post-cosecha. Entre las problemáticas existente, se puede observar, según estudios realizados, que los pequeños productores presentan maquinarias construidas empíricamente con restos de combinadas y otras piezas para realizar el proceso de post-cosecha; es decir, no utilizan máquinas con diseños y estudios fundamentados; esto provoca ineficiencias, baja calidad del producto y pérdidas de granos en el proceso de post-cosecha. (Olivares *et al.*, 2011; Olivares, 2010).

Resultando como problema científico:

- Altas pérdidas en el proceso de trilla de arroz en la producción a pequeña escala debido al estado actual de las máquinas trilladoras.
- No existencia de dispositivos que permitan determinar las fuerzas de desprendimiento del grano de la panícula en el cultivo de arroz.
- No existencia de estudios previos de las propiedades físico-mecánicas en el sistema grano-pedicelo-panícula en el cultivo de arroz en Cuba.

Para dar solución al problema se establece como idea a defender si se considera estudios previos realizados sobre dispositivos para determinar la fuerza de separación del grano de la panícula, se podrá entonces desarrollar el diseño de un dispositivo técnico para determinar las fuerzas de desprendimiento o separación del grano de la panícula en el cultivo de arroz; permitiendo determinar las propiedades físico-mecánicas del sistema grano- pedicelo-panícula en dicho cultivo.

Como objetivo del trabajo se plantea lo siguiente: realizar el diseño de un dispositivo para determinar las fuerzas de desprendimiento del grano de la panícula en el cultivo de arroz.

El objeto de la investigación es el órgano de trilla de las máquinas trilladoras destinada a la producción de arroz en pequeña escala: teniendo como campo de la investigación determinación de las propiedades físico-mecánica del sistema grano-pedicelo-panícula en el cultivo de arroz.

## MÉTODOS

El diseño del dispositivo se realizó por medio de un software profesional para modelado mecánico, que permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. El software utilizado es el Solidworks.

La idea original del dispositivo pertenece al BRAIN: Bio-oriented Technology Research Advancement Institute (Ichikawa *et al.*, 1990; Inoue *et al.*, 1998; Kuhn *et al.*, 1982). Basándose en esa idea se realizó el diseño de este dispositivo, pero teniendo en cuenta las características y condiciones actuales por las que atraviesa nuestro país, por esta razón se previó la utilización de materiales de bajo costo y de fácil acceso.

Para la realización del diseño se empleó la ingeniería inversa, se partió de la experiencia adquirida de investigadores japoneses acopiándose importante información gráfica de aparatos similares. Se tuvo en cuenta además los valores máximos de fuerza que existirá durante los experimentos, los cuales -basándonos en estudios anteriores- oscilarán entre los 1 y 3 N.

Para la futura elaboración de sus partes se consideró la utilización de máquinas herramientas convencionales como el torno, el taladro vertical y la fresadora, equipos de soldar oxiacetilénicos, electro esmeriladora y otros, los cuales pueden encontrarse en el taller de maquinado y el taller de soldadura pertenecientes a la Facultad de Electromecánica de la Universidad de Camagüey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El dispositivo permite la medición en la espiga de arroz, la resistencia a la separación entre el grano de arroz con cáscara y su pedicelo a tracción y flexión. El dispositivo está compuesto por tres sistemas fundamentalmente, el sistema de tracción, el sistema de agarre y el sistema de medición, como se observa en la Figura 1.

Además en la figura se puede observar las dimensiones de la base del dispositivo.

El sistema de agarre, se puede ver en la Figura 2; el mismo consta de varias partes que se relacionan a continuación:

- Pinzas de agarre, posibilitan el agarre de las espigas o de los granos de arroz.
- Clip, es el dispositivo que sujeta la espiga de la planta de arroz por su cuello.
- Mordazas, permiten el agarre del grano de arroz con cáscara.
- Acoples, permite la unión de las pinzas con los demás sistemas.

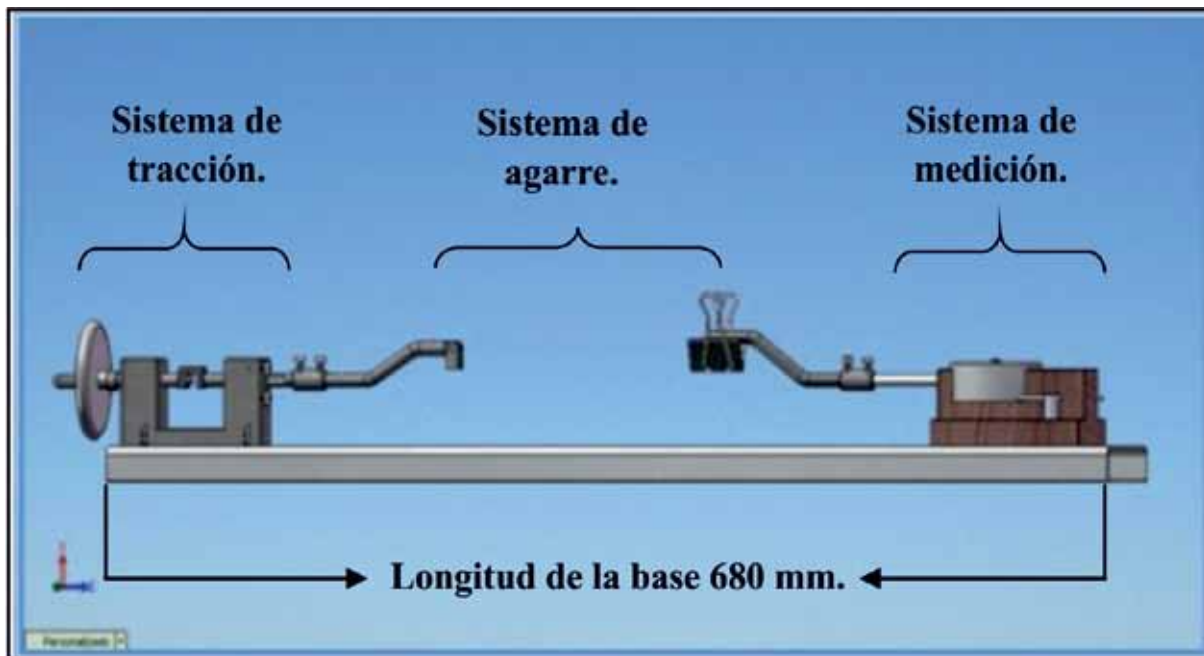


FIGURA 1. Ensamble general del dispositivo.

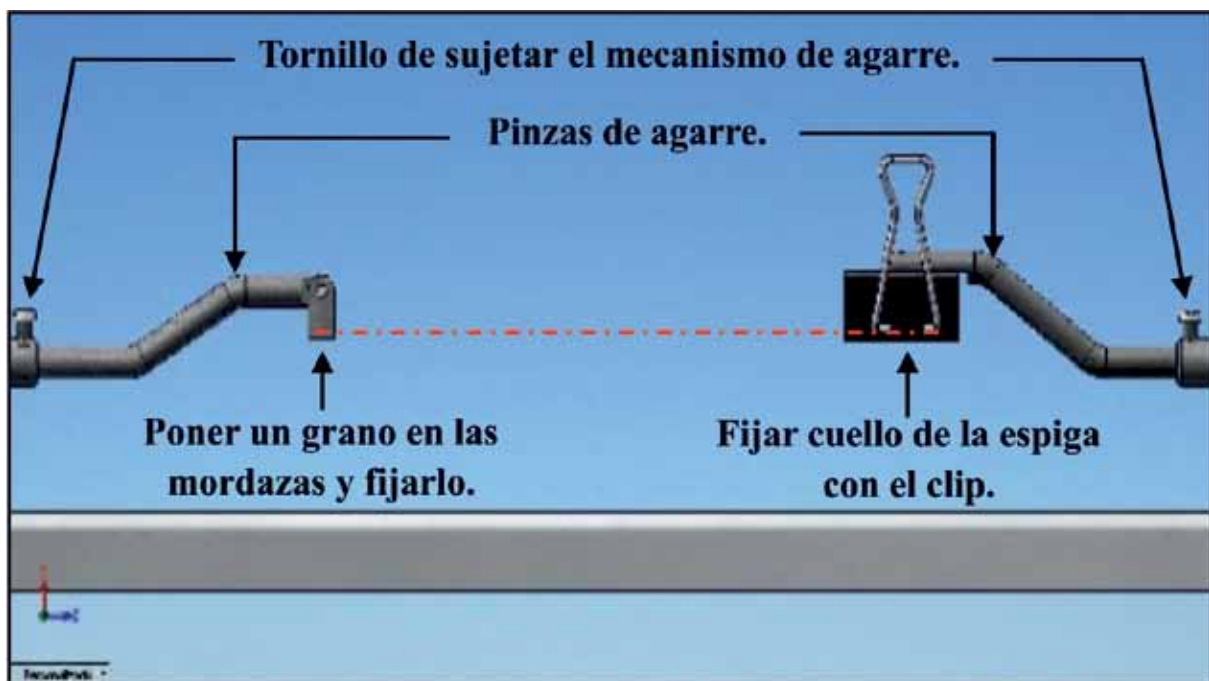


FIGURA 2. Sistema de agarre.

Las pinzas de agarre se pueden poner y quitar fácilmente, el clip que sujeta el cuello de la espiga de arroz se encuentra a la venta en lugares para artículos de oficina. Se puede medir la resistencia a la separación por tracción y flexión, mediante el cambio de las pinzas, (pinza de tracción o pinza de flexión). Aspecto que será detallado más adelante en este artículo. La línea roja indica la línea central del sistema.

El sistema de tracción o accionamiento, como se distingue en la Figura 3, posee las siguientes partes:

➤ Manivela, se utiliza para hacer girar el tornillo de tracción, está unido a este por medio de una pequeña soldadura.

- Tornillo de tracción, posee varias zonas, entre ellas una rosca fina, la cual permite un desplazamiento lento y estable del mecanismo.
- Enganche, permite la unión entre el tornillo de tracción y el vástago.
- Vástago, su función es desplazarse hacia adelante o hacia atrás sin movimiento giratorio.
- Limitador de giro, su función es limitar que el Vástago gire, y esta unido al Cuerpo por tornillos.
- Cuerpo, esta pieza es la que sostiene todas las demás partes anteriormente descritas.

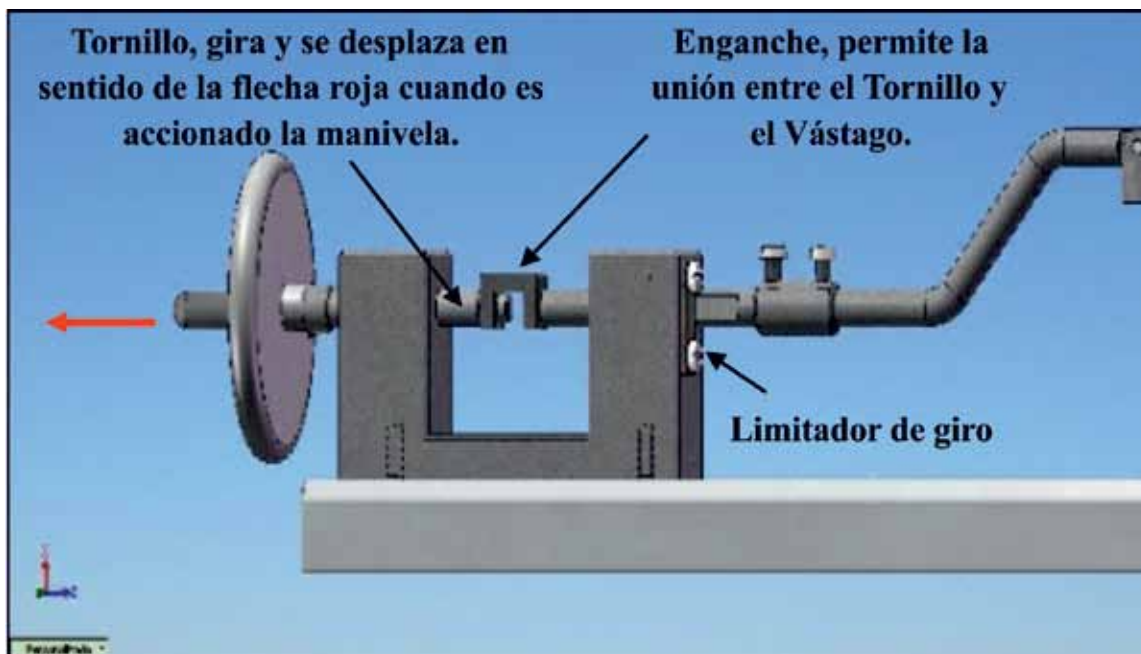


FIGURA 3. Sistema de tracción.

En los sistemas de accionamiento y de agarre se puede utilizar el acero AISI1020, el cual es relativamente barato y de fácil adquisición.

El sistema de medición, se señala en la Figura 4, está compuesto de las siguientes partes:

- Dinamómetro (Rango de medición de 0-5 N), se utiliza para la medición rápida y precisa de las fuerzas en estudio, con

la característica de dejar marcada la lectura final antes del desprendimiento del grano.

- Base del dinamómetro, esta pieza sostendrá el dinamómetro, contará con dos agujeros en los extremos que permitirán la unión de esta pieza con la base del dispositivo.
- Tuercas ciegas, ajustan la base del dinamómetro en el lugar adecuado.

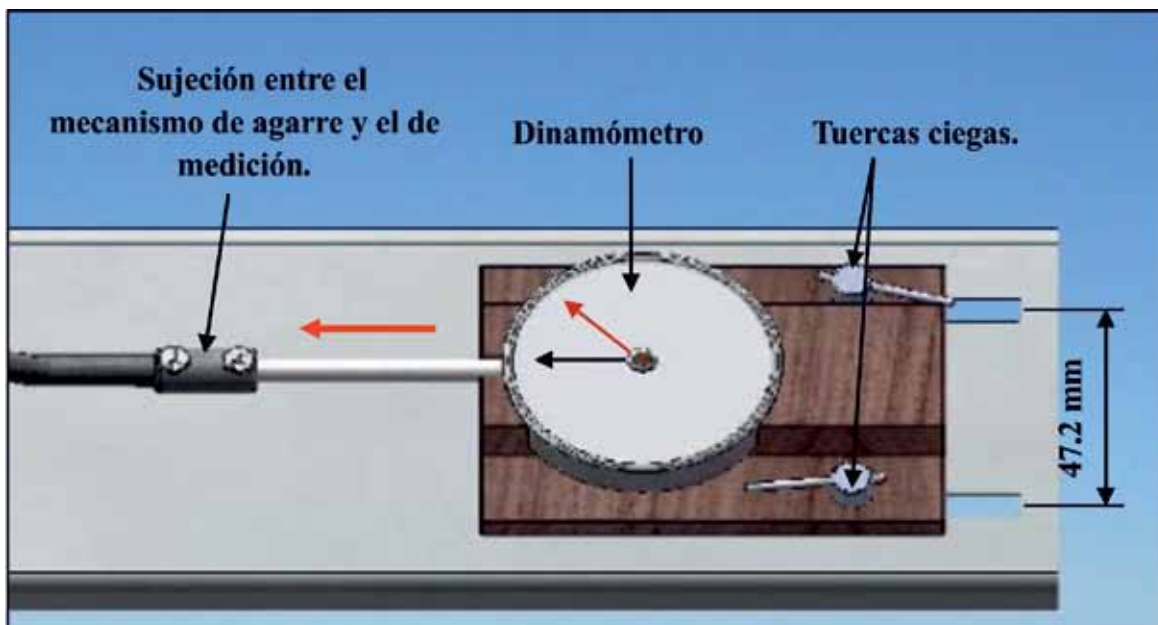


FIGURA 4. Sistema de medición.

El dinamómetro junto a su base se moverán por las ranuras en dependencia del largo de la espiga de arroz. Las tuercas ciegas ajustan el sistema en el lugar adecuado.

Como se ha explicado anteriormente, la máquina presenta la posibilidad de realizar mediciones de fuerza de tracción y

determinar el momento flector; a continuación se elabora una descripción detallada de cómo se puede obtener cada uno de los aspectos.

La fuerza axial N (central) actúa a lo largo del eje (sistema grano pedicelo); se denomina fuerza de tracción ya que la fuerza

N tiene una acción hacia fuera (Stiopin, 1979). Como se observa en la Figura 5.

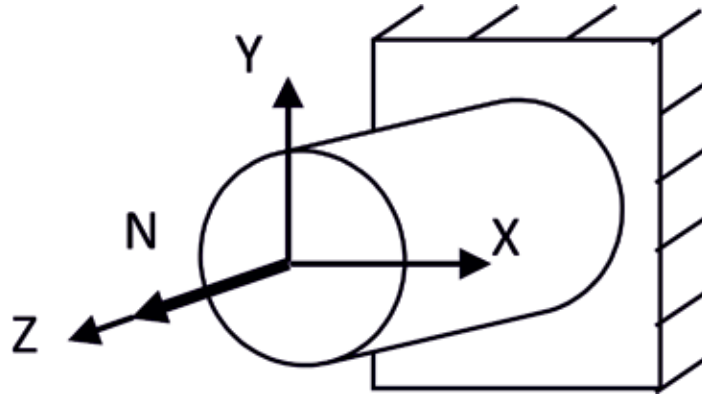


FIGURA 5. Sentido de la fuerza de tracción N.

Para lograr la tracción es necesario un agarre que actúe a lo largo del eje central del sistema grano-pedicelo. Nótese en la Figura 6.

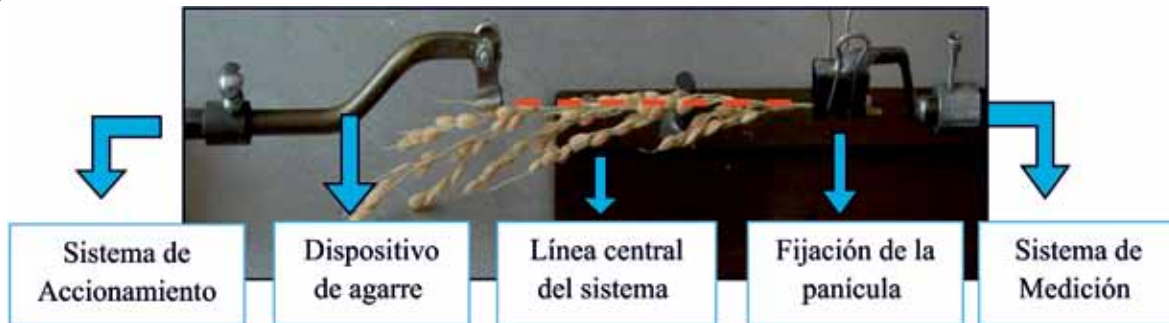


FIGURA 6. Agarre del dispositivo al grano de arroz para lograr la tracción.

Como se puede analizar, mediante el dispositivo de agarre se logra que exista la acción de una fuerza que actúa a lo largo del eje axial del sistema grano-pedicelo-panícula (Lin-hua, 2008).

Además, es importante tener en cuenta que el sistema de accionamiento debe proporcionar que el sistema de agarre presente un desplazamiento uniforme y sin giro.

Para la comprensión de cómo se puede obtener el momento flector sea necesario plantear el teorema del traslado paralelo de fuerzas (Beer, 1981).

Analizando la Figura 7, se puede observar que el efecto de la fuerza  $F$  sobre el sólido, depende de su punto de aplicación  $A$ .

Si se fija un punto de referencia  $G$  cualquiera en el sólido, y fijamos la posición de  $A$  mediante el vector de posición  $h$ .

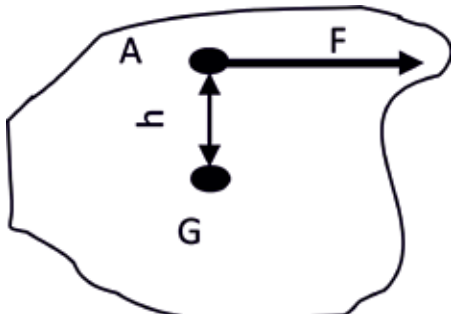


FIGURA 7. Efecto de la fuerza  $F$  sobre un sólido.

En el punto  $G$  se aplican dos fuerzas iguales y contrarias. Por tanto la fuerza  $F$  aplicada en el punto  $A$  y la fuerza  $-F$  aplicada en  $G$ , forman el par  $M_f = F \times h$ . Por lo tanto el efecto del traslado paralelo deja como resultado la fuerza  $F$  y el momento Flector  $M_f$  aplicado en el punto deseado, en el caso que se analiza es  $G$ , como se detalle en la Figura 8.

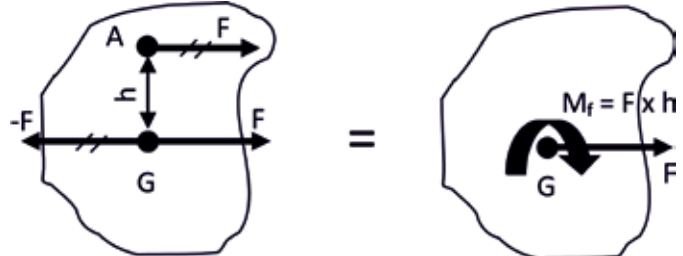


FIGURA 8. Aplicación del Teorema del traslado paralelo de fuerzas.

Luego de analizado el teorema de traslado paralelo de fuerzas, se analiza a continuación como debe ser el diseño del dispositivo de agarre, además, como se logra el momento flector. Como se expresó anteriormente, para lograr un momento flector es necesario poner en práctica el teorema antes descrito; nótese en la Figura 9a se puede observar como el dispositivo de agarre para obtener el momento flector permite desplazar la acción de la fuerza de tracción  $F$  que actúa en la línea de acción central, una distancia  $e$  hacia arriba, permitiendo así, la aplicación del teorema de traslado de fuerza.

En la Figura 9b se nota el resultado final del teorema de traslado de fuerza, obteniéndose el momento flector por la siguiente ecuación:

$$M_f = F \cdot e$$

donde:

F: Fuerza obtenida;

e: excentricidad.

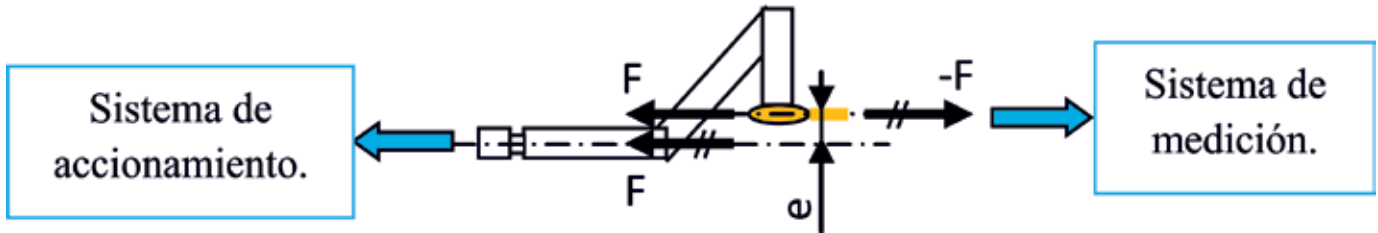


FIGURA 9a). Sistema de fuerzas para aplicar teorema de traslado paralelo.

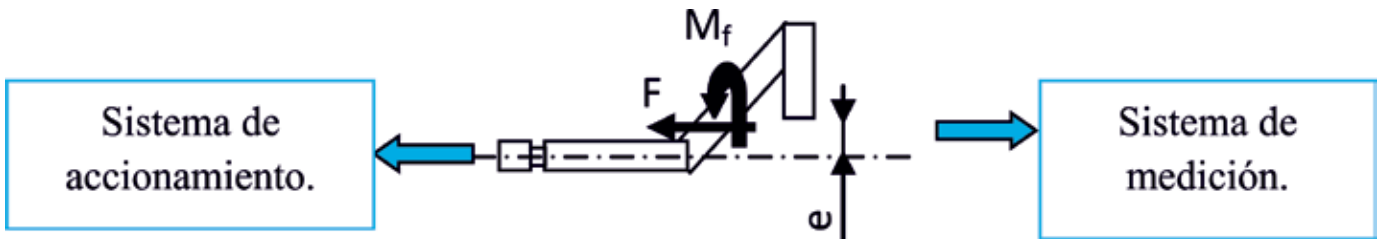


FIGURA 9b). Aplicación del teorema del traslado paralelo de fuerzas.

Después de analizado como se obtiene el momento flector mediante la aplicación del teorema de traslado paralelo de fuerzas, se observa que el diseño del dispositivo de agarre tiene un factor determinante, ya que toma un papel determinante la excentricidad y la misma se obtiene mediante el diseño del dispositivo de agarre, el cual puede verse en la Figura 10.

Un aspecto importante es como se debe colocar el sistema de agarre en el grano para lograr los efectos deseados al aplicar las fuerzas, en la Figura 11 se observa de forma detallada como se logra la tensión tracción y el momento flector debido a la excentricidad obtenida (Shitanda *et al.*, 2002); Szot *et al.*, 1998).

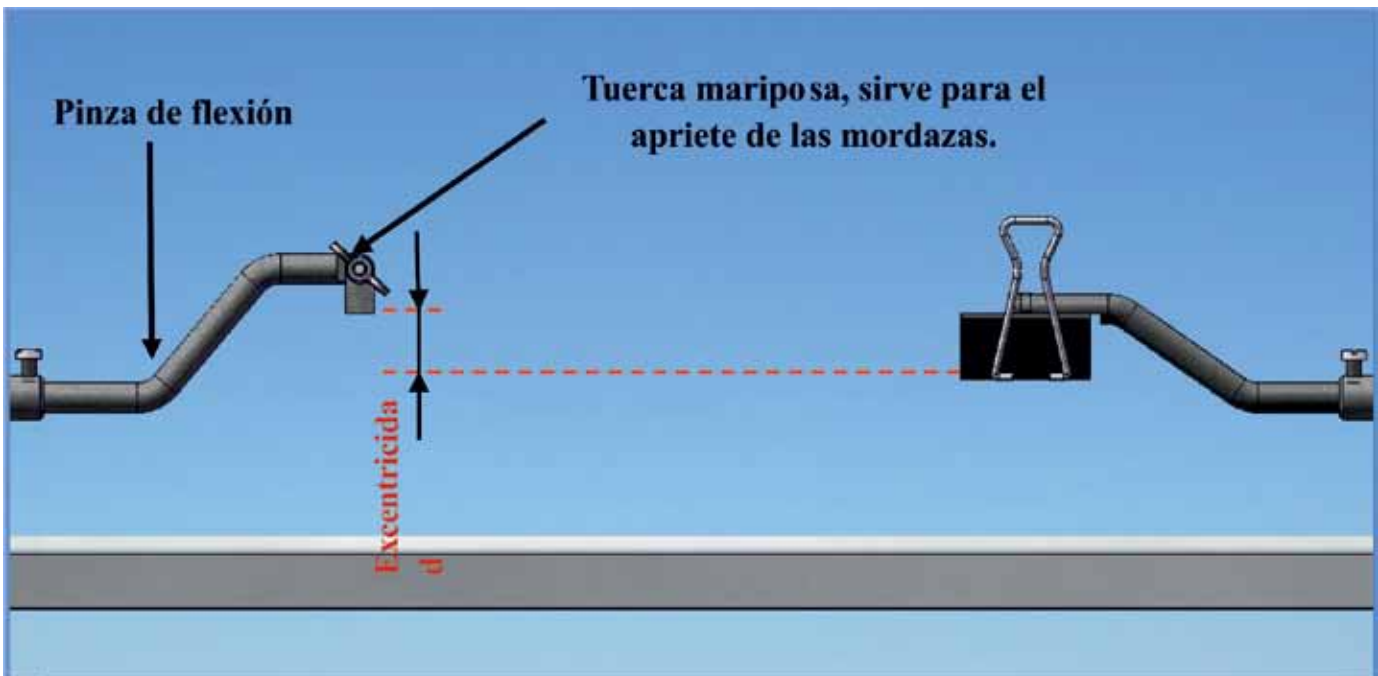


FIGURA 10. Colocación de los elementos de fijación en el dispositivo para lograr la excentricidad.



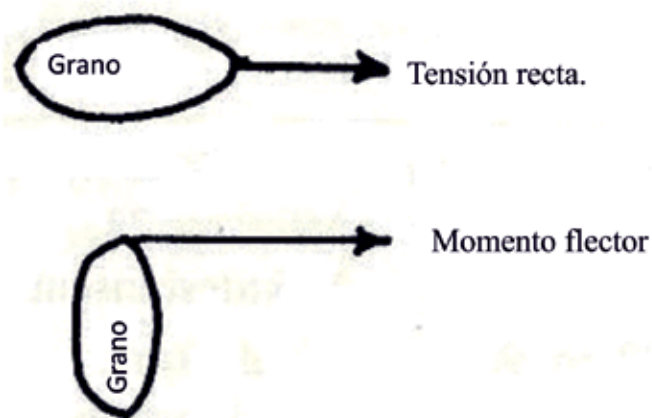


FIGURA 11. Agarre en los granos del dispositivo de agarre para lograr efectos deseados.

Los procedimientos para medir la fuerza de separación de un grano del pedicelo son como sigue:

1. Sostenga el cuello de la espiga en el clip y un grano en las mordazas.
2. Mueva el manubrio a razón de una rotación por segundo para que las mordazas se desplacen lateralmente por la línea del sistema con una velocidad constante y tire del grano.
3. Lea la medida de la fuerza máxima cuando el grano es separado del pedicelo

4. Mida la fuerza máxima de cada grano en las tres partes de la espiga, desplazando el sistema de medición como fue explicado anteriormente.
5. Repita la prueba por lo menos en tres panículas de cada variedad, divida las mediciones de forma tal que al final allá realizado las mediciones según el tamaño de muestra obtenido; y tome un promedio de todas las medidas y eso representa la fuerza de separación de esa variedad.

## CONCLUSIONES

- Una vez realizadas las tareas del presente trabajo; se llegaron a las siguientes conclusiones generales:
- Se realizó el diseño de un dispositivo técnico que determinar la fuerza de desprendimiento del grano de la panícula en el cultivo de arroz a tracción y flexión, teniendo en cuenta materiales de construcción de fácil acceso, lo que permitirá realizar un estudio detallado de las propiedades físico-mecánicas del sistema grano- pedicelo-panícula en dicho cultivo.
- Se podrá disminuir las pérdidas en el proceso de trillado de arroz en la producción en pequeña escala debido a que el diseño del dispositivo permitirá la construcción de máquinas trilladoras con diseños fundamentados científicamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA EFE: *cubanos proyectan sustituir el 29 por ciento de importaciones de arroz*, [en línea] 2008 Disponible en: <http://www.radiolaprimerisima.com/noticias/alba/35833> [Consulta: mayo 8 2011].
2. BEER, F.: *Estática*, Tomo I, Ed. MIR URSS, 1981.
3. *Cuba importará en 2011 el doble del arroz que produce*, [en línea], 2010, Disponible en: <http://economy.cubana.blogspot.com> [Consulta: marzo 16 2011].
4. *Cultivo de Arroz en Cuba*: Instituto de Investigaciones del Arroz, La Habana, Cuba, 2908.
5. GARCÍA, A.: *Sustitución de importaciones de alimentos en Cuba: necesidad vs posibilidad*, [en línea] 2003 Disponible en: <http://www.uh.cu/centros/ceec/> [Consulta: febrero 5 2011].
6. ICHIKAWA, T., T. SUGIYAMA & H. TAKAHASHI: "Equipment for Quantitative Measurement of Shattering Hagit of paddy", [versión electrónica], *Journal of Food Engineering*, 23: 36-42, 1990.
7. INOUE, E.; K. KIM; K. HASHIGUCHI; T. OKAYASU & J. KASHIMA: "Mechanical characteristics of rice stalk", [versión electrónica], *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery*, 60(2): 145-150, 1998.
8. KUHN, W.; L. WANG & R. CLELAND: "Mechanical properties of the rice panicle", [versión electrónica], *Plant Physiol*, 70: 460-464, 1982.
9. LIN-HUA, X.: "Investigaciones sobre la fuerza de tensión entre el grano de arroz y el tallo", *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3(1): 325-329, 2008.
10. OLIVARES, E.: *Investigación del proceso de desprendimiento de los granos dirigido al perfeccionamiento del proceso de trilla en la producción de arroz a pequeña escala*, Universidad de Camagüey, láms., Camagüey, Cuba, 2010.
11. OLIVARES, E.; E. GARCÍA; G. PÉREZ y A. MARTÍNEZ: *Estudio del estado actual de las máquinas trilladoras destinadas a la producción popular de arroz en Cuba* [en línea] Disponible en: <http://www.mac.blospot.com> [Consulta: enero 24 2011].
12. SÁNCHEZ, S. y M. SOCORRO: *Tecnología del cultivo del arroz en pequeña escala* (1era. Ed), Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, La Habana, Cuba, 2008.
13. SHITANDA, D.; Y. NISHIYAMA & S. KOIDE: "Compressive strength properties of rough rice considering variation of contact area", [versión electrónica], *Journal of Food Engineering*, 53: 53-58, 2002.
14. STIOPIN, P. A.: *Resistencia de Materiales*, (4ta Ed.), Ed. MIR, URSS, 1979.
15. SZOT, B.; A. FERRERO & M. MOLEND: "Binding force and mechanical strength of rice grain", [versión electrónica], *Int. Agrophysics*, 12: 227-230, 1998.
16. UNCTAD: *Información de mercado sobre productos básicos*, [en línea] Disponible en: <http://www.unctad.org/infocomm/espanol/arroz/mercado.htm> [Consulta: abril 5 2011].