

NOTA TÉCNICA

Flujo tecnológico para separar y prelavar envases de productos agrícolas postconsumo

Technological flow to separate and to pre-wash containers of agricultural products post consumption

M.Sc. María Victoria Gómez Águila¹, Dra. Rosa Laura Vázquez Grajales¹, Ing. José Orlando Jiménez P.¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, Instituto de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Texcoco, México.

¹Universidad Autónoma de Chiapas, México.

RESUMEN. El Tetra Pak y el Tetra Brik son envases compuestos por un 75% de celulosa, 20% de polietileno y 5% de aluminio, permitiendo la conservación de productos agrícolas durante más tiempo sin necesidad de usar productos conservadores. Una vez usados son tirados a la basura, pero las soluciones para reciclar los envases han evolucionado en los últimos tiempos. Este envase multicapa ha dejado de ser un residuo para convertirse en una fuente de materia prima para fabricar otros productos. Reciclar Tetra Pak y Tetra Brik de post consumo trae consigo reducir volúmenes en los vertederos y minimiza su impacto ambiental. Puesto que dicho producto está determinado a mantenerse en el mercado, si por lo menos se reciclara el 10% de los envases multicapa anualmente, se salvarían el equivalente a la mitad de los árboles que tiene el Bosque de Chapultepec, se ahorraría la misma cantidad de agua que consumen 1 500 personas anualmente, y el combustible que utilizan 100 000 tractores. En el presente trabajo se define el flujo tecnológico para separar y prelavar envases de Tetra Pak y Tetra Brik de post consumo y se determinan los parámetros fundamentales que intervienen en su diseño.

Palabras clave: envase, flujo tecnológico, tecnología de reciclado.

ABSTRACT. The Tetra Pak and the Tetra Brik containers composed of 75% cellulose, 20% polyethylene and 5% aluminum, allowing the conservation of agricultural products during more time without the necessity of using conservative products. Once used, they are thrown to the garbage, but the solutions to recycle these boxes have evolved in the last times. This multilayer container has stopped to be a residual to transform into a matter source to manufacture other products. To recycle Tetra Pak and Tetra Brik of postconsumption made possible to reduce volumes in the garbage dumps, so minimizing their environmental impact. Since this product is certain to stay in the market, if at least 10% of the multilayer containers were recycled annually, would be saved the equivalent of one half of the trees that has the Chapultepec Park, the same quantity of water that 1 500 people consume annually, and the fuel that use 100 000 tractors. In this paper is defined the technological flow to separate and prewashing containers of Tetra Pak and Tetra Brik of post consumption and are determined the fundamental parameters that intervene in its design.

Keywords: container, technological flow, technology of recycling.

INTRODUCCIÓN

El Tetra Pak y Tetra Brik, son envases compuestos por un 75% de celulosa, 20% de polietileno y 5% de aluminio permitiendo la conservación durante más tiempo de los productos sin necesidad de usar conservadores y una vez usados son tirados a la basura. Las soluciones para reciclar los envases han evolucionado en los últimos tiempos. Este envase multicapa ha dejado de ser un residuo para convertirse en una fuente de materia prima para fabricar otros productos (*El sistema Tetra Brik. Tetra Pak Argentina*, 2012; *Tecnologías de reciclado-Tetra Pak*

Argentina, 2012; *Reciclaje y recolección-Tetra Pak Colombia*, 2012; *CRB-Horizontal Belt Conveyor*, 2012). Reciclar Tetra Pak y Tetra Brik de post consumo trae consigo reducir volúmenes (tiraderos) en los vertederos y minimiza su impacto ambiental. Dicho producto, está determinado a mantenerse en el mercado. En México se consume alrededor de casi tres millones de envases de Tetra Pak y Tetra Brik al día (Kohan, 2012). Con esto se puede cubrir diariamente el Zócalo de la Ciudad de México con envases multi-capa. Si por lo menos se reciclara el 10% de

los envases multicapa anualmente: Se salvaría el equivalente a la mitad de los árboles que tiene el “Bosque de Chapultepec”, Se ahorraría la misma cantidad de agua que consumen 1 500 personas anualmente, y, el combustible que utilizan un millón de autos a la semana. En el presente trabajo se define el flujo tecnológico para separar y pre-lavar envases de Tetra Pak y Tetra Brik de post consumo y se determinan los parámetros fundamentales que intervienen en el diseño.

MÉTODOS

El trabajo experimental se llevó a cabo en la empresa Ziklum, S.A. de C.V., ubicada en el Municipio de Acolmán, Estado de México y en el laboratorio de materiales de la Universidad Autónoma de Chiapas. Se simula la separación de las pacas de tetra pak compactado en pacas de 1,20 m x 0,6 m, las que se colocan sobre una plataforma con un grado de movilidad en la dirección lineal, de modo tal que al pasar frente a un ducto de aire comprimido se compruebe al hipótesis de la separación por medios neumáticos no contamina la celulosa con el polietileno y el aluminio (Norton, 2004 y 2005). Se realiza la prueba de separación por medios mecánicos e hidráulicos (Hall *et al.*, 2010; Hibbeler, 2010 y 2012¹). Así mismo, se consideraron las metodologías de Mott (2011); Shigley & Mischke (2011); Faïres (1999) y Neely *et al.* (2011), empleadas en los proyectos de diseño mecánico: identificación de la problemática, diseño conceptual, lluvia de ideas para generar alternativas de solución, elección y definición de la mejor alternativa (en conjunto

con la empresa Ziklum, S.A.), diseño a detalle, construcción y evaluación del prototipo. Se define el flujo de producción, recepción de las pacas, separación, pre-selección, pre-lavado y la entrega (salida) del material listo para llegar a la siguiente máquina (hidro pulper).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar la separación de la paca compactada de Tetra Pak (Figura 1), por medios mecánicos (empleo de cuchillas), se observa que al producirse el corte, estas se separan pero se une el cartón con el aluminio y el polietileno, lo cual implica que la calidad de la celulosa disminuye y no se pueda comercializar (Kohan, 2012). Como segunda alternativa se emplea la separación de las pacas por medios hidráulicos, pero esto hace que la suciedad contamine la celulosa tiñéndola de color oscuro, y tampoco alcanza los parámetros de calidad para ser comprada por las plantas papeleras. Finalmente se observa que al separarse de forma neumática (Figura 2) se logra el resultado (descompactar las pacas). El resultado del método de separación posibilita dar paso al diseño de la línea de producción (*Tecnologías de reciclado-Tetra Pak Argentina*, 2012; *Reciclaje y recolección-Tetra Pak Colombia*, 2012; *CRB-Horizontal Belt Conveyor*, 2012): separación de las pacas, pre-selección de los envases, se retiran los que no lo son, ya que esto sigue siendo basura, pre-lavado (se retira parte de la suciedad) traslado a los hidro-pulper hasta completar el proceso de obtención de la celulosa.



FIGURA 1. Separación de las pacas.

Considerando el método de separación, se pasa a la definición del diseño conceptual (Anexo 1) del flujo tecnológico (*El sistema Tetra Brik. Tetra Pak Argentina*, 2012; *Reciclaje y recolección-Tetra Pak Colombia*, 2012).

Etapas 1. Recepción de material. La empresa recibe el Tetra Pak de manera compactada en “pacas” de aproximadamente 500 kg y 1,20 x 0,6 m por lado (Kohan, 2012).

Etapas 2. Separación de material compactado/empaquetado. La paca compactada es lo suficientemente dura como para dificultar su separación de manera manual. Actualmente varios trabajadores dedican varias horas de esfuerzo para lograr la separación del Tetra Pak.

Etapas 3. Selección de material útil. Puesto que en el mercado existen variedades de envases de Tetra Pak a las que se les agregan colorantes, a algunos en gran medida (e.g. Jumex), no todos le son útiles a la empresa para el proceso de obtención de celulosa de papel.

Etapas 3. Prelavado. Con el material útil seleccionado se enjuaga para quitar los restos sólidos, tierra, etc. que pudieran encontrarse presentes, se almacenan y transportan a la siguiente fase.

Etapas 4. Pulpeado” o separación en hidropulper. Este proceso consiste en colocar los Tetra Pak en un recipiente con agua, donde con el movimiento a velocidad moderada y continua de unas aspas se logra la separación del papel del polietileno y el aluminio.

¹ HIBBELER, R.C.: Dinámica, Prentice Hall, decimosegunda edición, México, DF, 2012.

Eta 5. Obtención de celulosa. Las fibras de cartón y papel compuestas por celulosa son filtradas.

Eta 6. Obtención de poli-aluminio. La mezcla de polietileno y aluminio que queda del proceso se calienta y extruye formando barras de material conocido como polialuminio el cual se utiliza en la industria de la construcción como en casas y muebles (Kohan, 2012).

La etapas 4, 5 y 6 se realizan de forma mecanizada y no se examinan en el trabajo.

Módulo #01, Recepción: El primer módulo (Figura 2) del sistema corresponde a la zona de recepción de pacas de tetra pak. Las pacas son colocadas en este módulo iniciando con esto el proceso de separación. El objetivo de esta sección se puede dividir en dos tareas: Recepción de las pacas de recepción y separación manual de las pacas de tetra pak. El módulo está formado por una banda transportadora soportada en una armadura. La longitud total del módulo se especifica en los planos que se anexan. A ambos lados de la banda transportadora se colocan dos tarimas que permitirán a varios trabajadores iniciar el proceso de separación de pacas de manera manual. Al final de la banda transportadora se espera que la paca esté separada en bloques más pequeños que ingresarán al módulo # 2 (Figura 3) para una separación completa. Inicialmente, las pacas serán colocadas en la banda con la ayuda de un sistema de polipasto con eslingas. Una vez depositada la paca en el módulo 1, inicia el recorrido y la separación manual hasta llegar al módulo 2. El sentido de las flechas (Figura 2) indica la dirección en la cual se moverá la paca. El módulo de separación es el que mayor altura tiene; esto se debe a que la transición entre cada módulo deberá permitir el flujo del material sin que se provoquen el atascamiento de los mismos. Esto se refiere a que; al llegar al borde del módulo de separación, los Tetra Pak separados irán cayendo por gravedad en el inicio del módulo de separación. Este mecanismo es el mismo para el resto de las transiciones, por lo tanto, la altura de cada uno de los módulos va disminuyendo (Norton, 2004 y 2005).

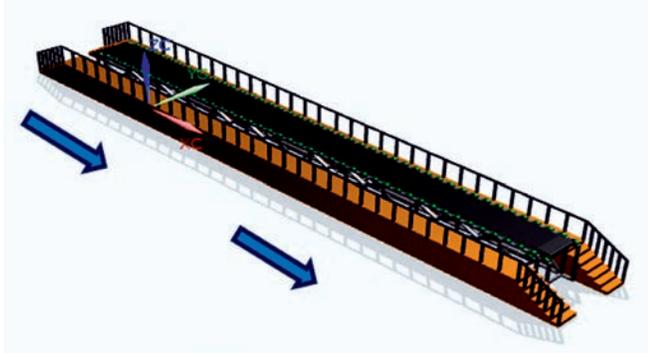


FIGURA 2. Módulo 1. Recepción.

Al módulo de recepción se le ensambla una tarima (Figuras 3, 4 y 5) para que los trabajadores puedan subirse y trabajar sin dificultad.

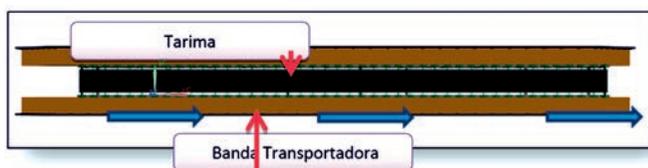


FIGURA 3. Vista superior módulo 1. Tarima.

Módulo #02. Separación. El principio de funcionamiento del módulo 2 (Figura 6, 7, 8 y 9) es similar al primer módulo. El módulo de separación se encuentra por debajo de la salida del módulo de recepción. En esta segunda etapa del sistema, el separado, como su nombre lo indica, que se busca lograr es una separación completa del Tetra Pak de post consumo. El material va entrando al sistema y comienza su circulación a lo largo de la banda. En esta sección también se cuenta con una tarima para facilitar el trabajo de los obreros.



FIGURA 4. Vista frontal. Módulo 1.

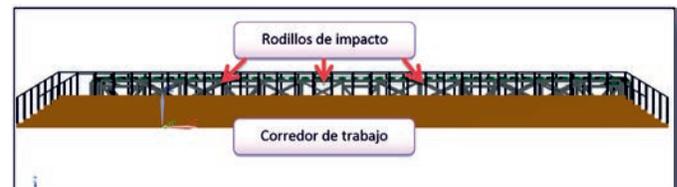


FIGURA 5. Vista lateral. Módulo I.

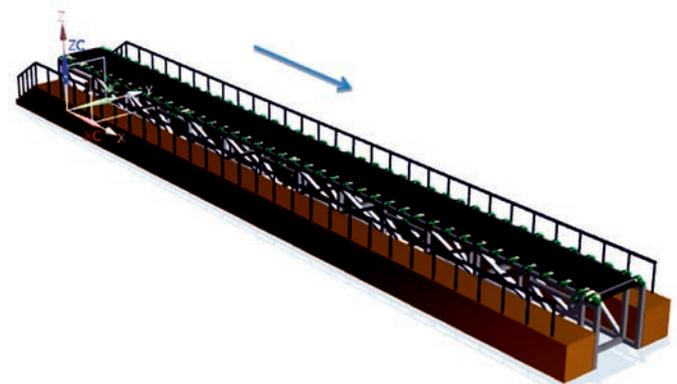


FIGURA 6. Módulo Separación.

Un aspecto importante a considerar es que hacia el final de la banda (salida del material) se deberá garantizar la reducción de la misma para lograr la separación del material no deseado (tetra pack de pos consumo, ej, de Bonafina) y que trabajadores a ambos lados puedan acceder al Tetra Pak con su manos y abarcar todo el ancho de trabajo del material trasladado por la banda (Budynas y Nisbett, 2008 y 2012).

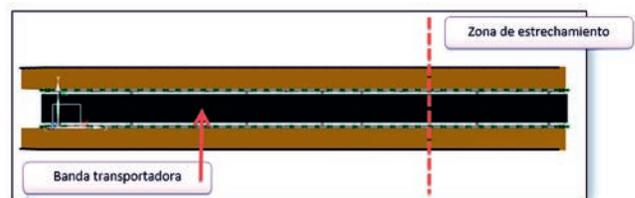


FIGURA 7. Vista superior. Módulo II. Separación.

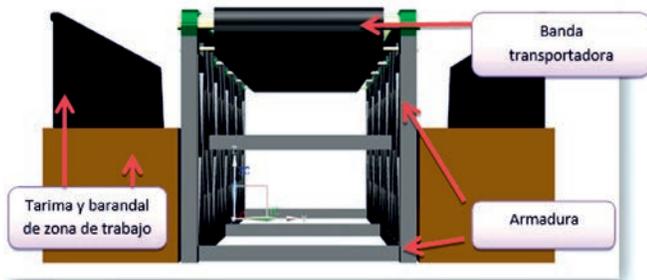


FIGURA 8. Vista frontal. Módulo II. Separación.



FIGURA 9. Vista lateral. Módulo II. Separación.

#03. Clasificación. En esta sección (Figuras 10, 11, 12 y 13), las pacas de Tetra Pak entran completamente separadas, (envases individuales), se eliminan aquellos que comprometen la calidad del resto de los envases.



FIGURA 10. Clasificación. Módulo 3.

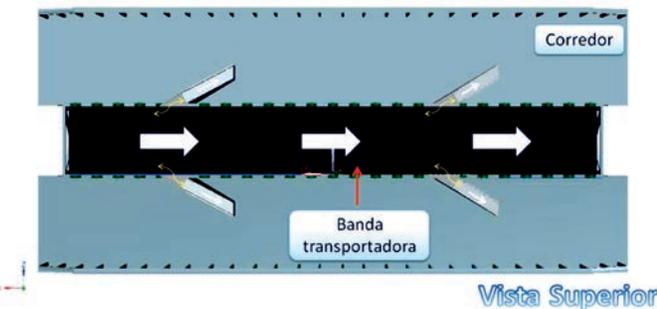


FIGURA 11. Vista superior. Módulo 3. Clasificación.

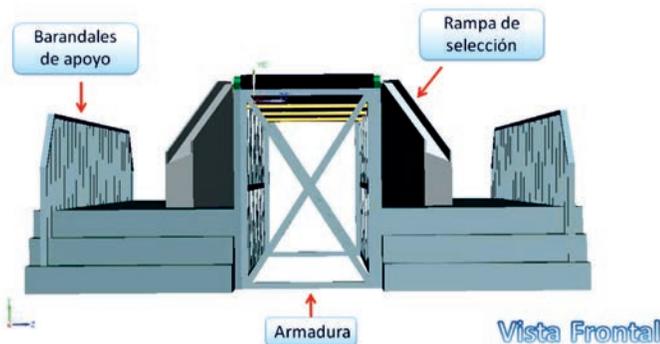


FIGURA 12. Vista frontal. Módulo 3. Clasificación.

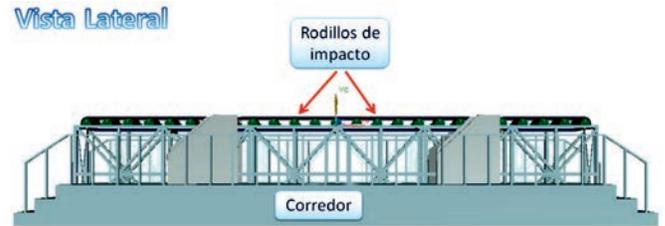


FIGURA 13. Vista Lateral. Módulo 3. Clasificación.

Módulo #04. Prelavado. Las pacas entran (Figuras 14, 15 y 16) a este sistema completamente separada y seleccionada. El Tetra Pak cae por gravedad y entra a un sistema de aspersores que se encargan de humedecer y comenzar a retirar las impurezas. El material se desplazada según Figura 15 (Neely *et al.*, 2011).

Los parámetros de diseño se determinan considerando el peso de la paca y el peso por metro lineal de los rodillos, según Von Mises y se comprueba según el método de elementos finitos. El tiempo de vida útil de la máquina es de 5 años (Beer *et al.*, 2010, 2013a y 2013b).

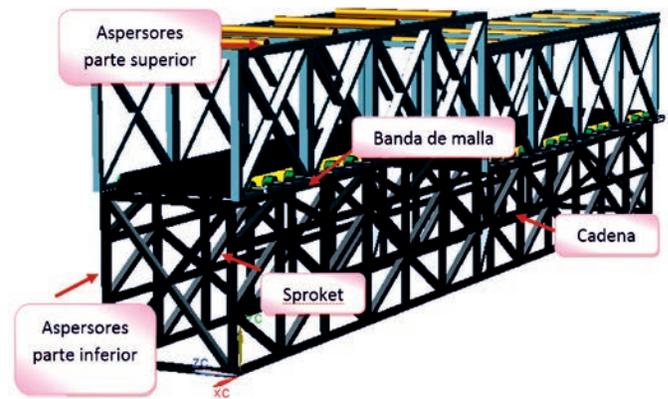


FIGURA 14. Vista Isométrica del sistema de prelavado.

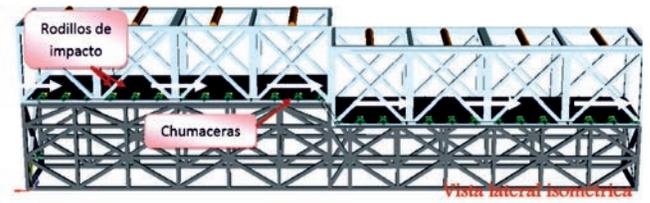


FIGURA 15. Vista lateral isométrica. Modulo 4. Prelavado.

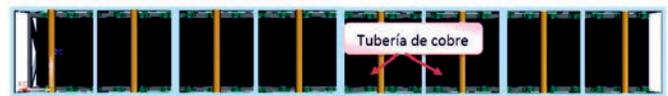


FIGURA 16. Vista superior. Módulo 4. Prelavado.

CONCLUSIONES

- Se diseñó, construyó y evaluó un prototipo de máquina con la finalidad de aumentar de humanizar la labor de separación de las pacas de forma manual, y que posibilitará

la separación y el pre-lavado de los envases de Tetra Pak y Tetra Brik. Las dimensiones principales son: los cuatro módulos tendrán una longitud de 15 m, la armadura está hecha de PTR de 51 mm de lado y 2,81 mm de espesor. El módulo de pre-lavado tendrá una altura de 0,9 m. Los rodillos donde descansa la banda tienen una longitud de 152 mm y distancia entre rodillos de 0,15 m. Al inicio de

cada módulo se colocaran rodillos de impacto. La transmisión es por cadenas y catarinas, se emplean rodamientos según la norma SKF con designación 7220 BECBM. Se recomienda hacer el mantenimiento preventivo antes de iniciar las labores. El costo total de la máquina es de un millón de pesos y la inversión se recuperará a los cinco meses de operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEER, F. P.; E RUSSELL J. JR.; DEWOLF, J. T. MAZUREK, D.: *Mecánica de Materiales*, Quinta Edición Edición. Mc Graw Hill. ISBN 978-607-15-0263-6, México, 2010.
- BEER, F. P.; E RUSSELL J. JR.; DEWOLF, J. T. MAZUREK, D.: *Mecánica de Materiales*, Sexta Edición Edición. Mc Graw Hill. ISBN.978-607-15-0934-5, México, 2013a.
- BEER, F. P.; E RUSSELL J. JR.; CORNWELL PH. J.: *Mecánica Vectorial para Ingenieros*, Décima Edición. Mc Graw Hill, ISBN 978-607-15-0923-9, México, 2013b.
- BUDYNAS, R. G. y K. NISBETT: *Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley*, Octava Edición, Mc Graw Hill, ISBN 978-970-10-6404-7, México, 2008.
- BUDYNAS, R. G. y K. NISBETT: *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, Novena Edición, Mc Graw Hill, ISBN 978-607-15-0771-6, México, 2012.
- CRB-Horizontal Belt Conveyor product specifications*, Hytrol Conveyor Company, Inc. 2011 Product Catalog [en línea], Disponible en: <http://www.hytrol.com/web/products-services/catalog.php?prodid=11>.
- El sistema Tetra Brik. Tetra Pak Argentina, Composición del envase (s.f.) Productos/Servicios*, [en línea], Disponible en: http://www.tetrapak.com/ar/products_and_services/elsistemetetrapak/composicion%20del%20envase/Pages/default.aspx. [Consulta: enero 22 2012].
- FAIRES, V. M.: *Diseño de elementos de máquinas*, Limusa Noriega, ISBN: 9786070504365, México, 1999.
- HALL, A.S., A.R. HOLOWENCO & H. LAUGHLIN: *Diseño de máquinas*, Ediciones McGraw-Hill, ISBN: 9789684510777, México, 2010.
- HIBBELER, R.C.: *Mecánica de materiales*, Prentice Hall, decimosegunda Edición, ISBN **9786074425604**, México, DF, 2010.
- HIBBELER, R.C.: *Dinámica*, Prentice Hall, decimosegunda edición, México, DF, 2012.
- KOHAN, P.: *Consumo de envases de Tetra Pak y Tetra Brik al día en México [CD]*, entr. Pablo Kohan, México, 2012.
- MOTT, R.: *Machine Elements in Mechanical Design*, Merrill Pub Co. Hardcover, ISBN: [0675222893](https://doi.org/10.1002/9780470222893) / [0-675-22289-3](https://doi.org/10.1002/9780470222893), USA, 2011.
- NEELY, J. E.; R. MEYER & W. BLANCO: *Manual de Máquinas Herramientas*, Prentice Hall, 0132702320/978013270234, Sexta Edición México, 2011.
- NORTON, R. L.: *Diseño de Maquinaria, Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*, Segunda Edición. ISBN 970-10-2655-1, McGraw-Hill Interamericana, México, 2004.
- NORTON, R. L.: *Diseño de Maquinaria, Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*, Tercera Edición. ISBN 970-10-4656-0, 2005. McGraw-Hill Interamericana, México, 2005.
- Reciclaje y recolección–Tetra Pak Colombia, Tecnologías de reciclaje (s.f.) Medio Ambiente [en línea]*, Disponible en: http://www.tetrapak.com/co/environment/recycling_and_recovery/recycling_technologies/pages/default.aspx. [Consulta: enero 22 2012].
- SHIGLEY, J.E. & CH.R. MISCHKE: *Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill, Décima edición, ISBN: 0071077839, México, 2011.
- Tecnologías de reciclado-Tetra Pak Argentina, Del cartón al papel (s.f.) Medio Ambiente [en línea]*, Disponible en: http://www.tetrapak.com/ar/environment/recycling_and_recovery/recycling_technologies/from_carton_to_paper/Pages/default.aspx. [Consulta: enero 22 2012].

Recibido: 17 de febrero de 2013.

Aprobado: 10 de julio de 2014.

Publicado: 24 de octubre 2014

María Victoria Gómez Águila, Profesora, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola (DIMA), km 38.5 Carretera México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Texcoco, México, Correo electrónico: mvaguila@hotmail.com

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

ANEXO 1

