

## ELEMENTOS DECELERADORES PARA TRANSFERENCIAS EN ÁNGULO RECTO EN LÍNEAS DE MANIPULACIÓN DE FRUTA

Ortiz-Cañavate, J.; F. J. García-Ramos; M. Ruiz-Altisent; I. Homer Bannister  
Laboratorio de Propiedades Físicas. Dpto. Ingeniería Rural. ETSI Agrónomos. UPM.  
Avda. Complutense s/n. 28040 Madrid  
[jortiz@iru.etsia.upm.es](mailto:jortiz@iru.etsia.upm.es)

Characterization of a 90° Transfer Point in a Fruit Packing Line. Characteristics of the impacts suffered by the fruit on a transfer point of an experimental fruit packing line were analysed. The transfer is made up by two transporting belts at different heights forming an angle of 90°. Different tests were carried out to study the effect of transfer height, velocity, belt structure and padding on the acceleration values recorded by an instrumental sphere (IS 100). Results showed that transfer height and belt structure affect mainly impact values on the belt base, and padding affects mainly impact values registered in lateral impact. Two powered transfer decelerators were tested at the same point with the aim of decreasing impacts suffered by the fruit.

Palabras clave: impacto, fruto electrónico, material amortiguador, calidad; impact, instrumented sphere, padding, quality.

### 1. Introducción

Junto con la recolección y el transporte, la confección del producto en las líneas de manipulación comerciales es uno de los puntos críticos del proceso poscosecha donde se producen daños mecánicos que disminuyen su calidad y valor comercial. Los daños más comunes son los producidos en los puntos de transferencia cuando la fruta impacta contra la superficie de las máquinas o contra otro fruto. Las características del impacto dependen de varios factores: velocidad, altura de caída, características de las superficies y diseño del punto de transferencia (Guyer et al., 1991).

Un punto de transferencia típico presente en la mayoría de las líneas de manipulación es la transferencia entre dos cintas transportadoras (o elementos de otro tipo) que forman un ángulo de 90° entre sí. En este caso, la fruta recibe al menos dos impactos: el primero sobre la superficie del elemento al que es aportada y el segundo contra la pared lateral de dicho elemento. Por otro lado, en las transferencias en ángulo aumenta el número de impactos fruto-fruto ya que, durante el tiempo que los frutos permanecen en elemento al que son aportados hasta que se adaptan a su velocidad, son golpeados por los frutos que les siguen.

Los frutos electrónicos (Zapp et al., 1989) son sensores dinámicos de carga que permiten analizar los impactos producidos en las líneas de manipulación de fruta (Brown et al., 1987; Miller and Wagner, 1991; García et al., 1996). Las características del impacto deben ser relacionadas con la susceptibilidad al daño de la fruta para establecer umbrales de daño al producto (Schulte et al., 1990).

El objetivo de este trabajo ha sido el análisis de los impactos producidos en una transferencia entre dos cintas transportadoras formando un ángulo de  $90^\circ$  en función de la velocidad de las cintas, altura de caída y características de los materiales de impacto. El objetivo final ha sido establecer valores límites para estos parámetros y desarrollar y analizar nuevos elementos deceleradores que minimicen los daños mecánicos en las transferencias en ángulo.

## 2. Materiales y métodos

Para la realización de los ensayos se ha utilizado un fruto electrónico IS 100 (161 g de masa y 7 cm de diámetro). El fruto electrónico recoge la aceleración producida en cada impacto en número de veces la aceleración de la gravedad ( $g$ ),  $1 g = 9.8 \text{ m/s}^2$ . Los ensayos se han realizado en una línea experimental de manipulación de fruta (Ortiz-Cañavate et al., 1999) situada en el Departamento de Ingeniería Rural de la UPM. El punto de transferencia analizado fue una transferencia en ángulo de  $90^\circ$  entre dos cintas transportadoras con anchuras de 30 cm.

En el mismo punto de transferencia se analizaron dos cepillos deceleradores (figura 1): cepillo rotativo de eje horizontal y cepillo rotativo de eje vertical, ambos accionados con un motor eléctrico.

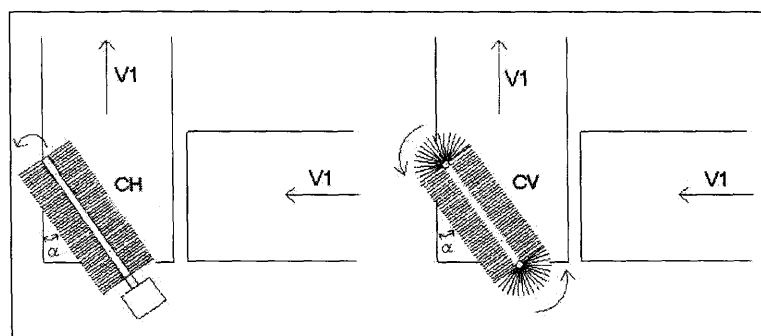


Figura 1. Elementos deceleradores accionados. CH: cepillo horizontal; CV: cepillo vertical

### 2.1. Características de los impactos

Cuando la fruta es transferida de la cinta superior a la inferior o receptora, se producen dos impactos (figura 2): 1. Sobre la base de la cinta transportadora inferior. 2. Sobre el lateral de la cinta transportadora inferior. El impacto 1 varía en función de la estructura de la cinta transportadora inferior. Esta estructura fue modificada colocando una chapa metálica bajo la zona de impacto o dejando la zona de impacto hueca, sin elementos estructurales. El impacto 2 varía en función de las características del lateral de la cinta transportadora inferior. Para analizar este efecto se colocó sobre el lateral un material amortiguador de 4 mm de espesor consistente en poliéster con poliuretano expandido. Ambos impactos (base de la cinta y lateral de la cinta) están afectados por la altura de la transferencia y la velocidad de las cintas.

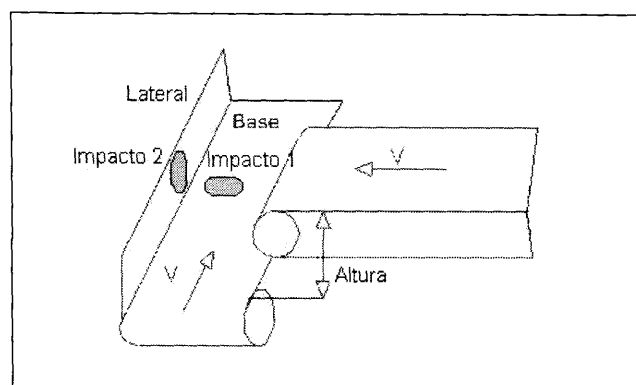


Figura 2. Impactos producidos en el punto de transferencia en 90° entre dos cintas transportadoras

Para llevar a cabo el ensayo se realizó un diseño factorial reflejado en la Tabla 1. Para cada combinación de factores se realizaron 20 tomas de datos con el fruto electrónico IS 100, realizando un total de 1200 medidas.

Fecha del ensayo: noviembre 1999 - febrero 2000	
Factor	Denominación
Altura de caída entre las cintas transportadoras	8 cm
	14 cm
	20 cm
	26 cm
	32 cm
Estructura de la cinta transportadora receptora de producto (base estructural de la cinta transportadora)	hueca
	chapa metálica
Presencia de material amortiguador en el lateral de la cinta receptora de producto	si
	no
Velocidad de las cintas transportadoras (la misma para ambas)	10 m/min
	20 m/min
	30 m/min

Tabla 1. Factores analizados en el ensayo de las características de los impactos producidos en una transferencia en ángulo de 90° entre dos cintas transportadoras

## 2.2. Elementos deceleradores

Dos elementos deceleradores accionados fueron analizados para dos alturas de caída: 8 y 14 cm. Para cada altura se analizaron tres velocidades de las cintas transportadoras: 10, 20 y 30 m/min. La velocidad periférica de los cepillos fue un 15% mayor que la de las cintas transportadoras. Los deceleradores se ubicaron formando dos ángulos  $\alpha$  con la dirección de la cinta transportadora receptora ( $\alpha_1 = 26^\circ$  y  $\alpha_2 = 37^\circ$ ). Para cada combinación de factores se realizaron 20 medidas con el fruto electrónico, realizando un total de 960 medidas (480 por cepillo).

Un segundo test fue realizado con fruta (manzanas "Golden"). Las alturas de las transferencia fueron 8 y 14 cm, la velocidad de las cintas 30 m/min y la velocidad periférica de los cepillos 34,5 m/min. Se analizaron dos ángulos ( $\alpha_1 = 26^\circ$  y  $\alpha_2 = 37^\circ$ ). Para cada combinación de factores se realizaron 20 medidas con el fruto electrónico, con un total de 160 medidas (80 por cepillo). Para comparar la eficiencia de los dos elementos deceleradores, se realizó un ensayo similar sin elementos deceleradores y con

material amortiguador en el lateral de la cinta receptora en dos condiciones de trabajo: vacío y con flujo de fruta. Para cada caso se realizaron 20 medidas con el fruto electrónico (80 en total).

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Impactos contra la base y el lateral de la cinta receptora

##### 3.1.1. Impacto contra la base de la cinta receptora

La aceleración registrada en cada impacto varía en función de la velocidad, altura de la transferencia y estructura bajo la cinta transportadora (figura 3). Los valores de aceleración máxima aumentaron drásticamente cuando hubo estructura metálica bajo la cinta transportadora, siendo el valor de dicha aceleración entre 5 y 10 veces mayor que cuando no hubo dicha estructura.

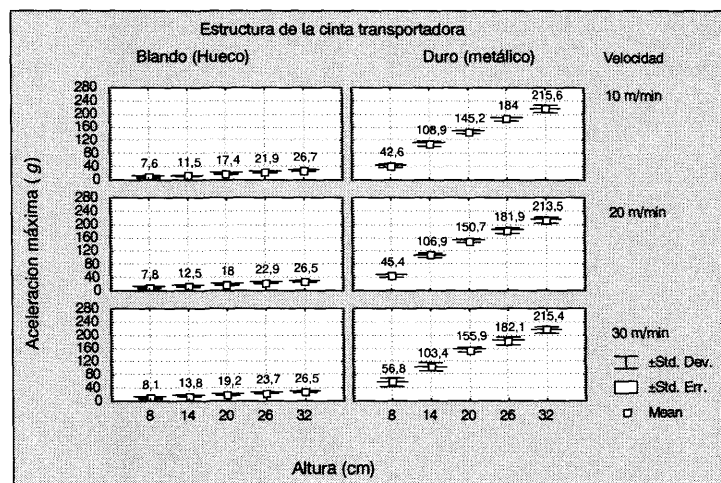


Figura 3. Aceleración máxima (g) registrada por la IS 100 en función de la velocidad, altura de caída y estructura de la cinta transportadora receptora bajo la zona de impacto

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza siendo las variables: estructura bajo la cinta (dura o blanda) y altura de caída las que influyen de forma más significativa. El efecto de la velocidad no es significativo.

Mediante un análisis de regresión múltiple se obtuvieron curvas de iso-aceleración (figura 4) para los casos de estructura metálica (duro) y ausencia de estructura (blando) bajo la cinta transportadora. El coeficiente de determinación  $R^2$  es de 0,95 para ambos casos. Hay que tener en cuenta que impactos superiores a 50g sobre superficies duras son causa de daños superficiales en la mayoría de las frutas (Barreiro, 1994).

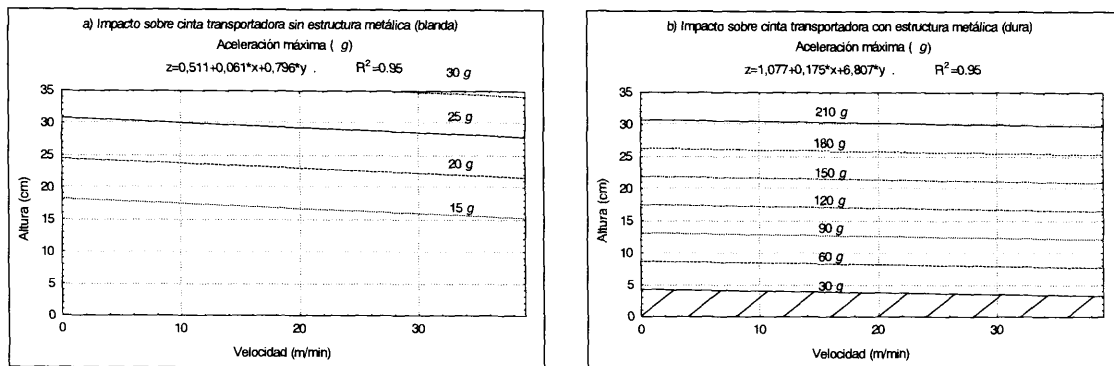


Figura 4. Curvas de isoaceleración, en función de la altura de la transferencia y la velocidad, para los casos de impacto sobre cinta sin estructura metálica (a) y con estructura metálica (b)

Analizando la figura 4, se puede concluir que las estructuras metálicas deben ser eliminadas en aquellas zonas de las cintas transportadoras donde la fruta impacta (rodillos o chapas). En el caso de presencia de estructura metálica en dicha zona la máxima altura de caída que produce impactos menores de 30g (umbral de seguridad) es de 5cm. En el caso de impactos sobre blando (cinta sin estructura metálica) la aceleración se mantiene siempre por debajo de 30g, evitando los daños al producto.

### 3.1.2. Impacto contra el lateral de la cinta receptora

Las aceleraciones registradas cuando el fruto electrónico impactó contra el lateral de la cinta receptora tuvieron una evolución diferente que las producidas al impactar contra la base. La presencia de material amortiguador en el lateral de la cinta produce diferencias en torno a 100g en el valor de la aceleración para cualquier altura de caída.

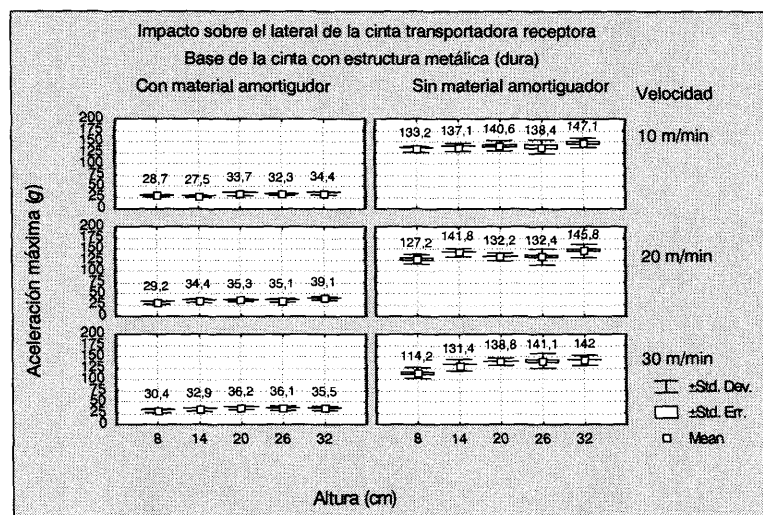


Figura 5. Aceleración máxima del impacto producido sobre el lateral de la cinta receptora en función de la velocidad, la altura de caída, y la presencia de material amortiguador, para el caso de presencia estructura metálica bajo la cinta transportadora receptora

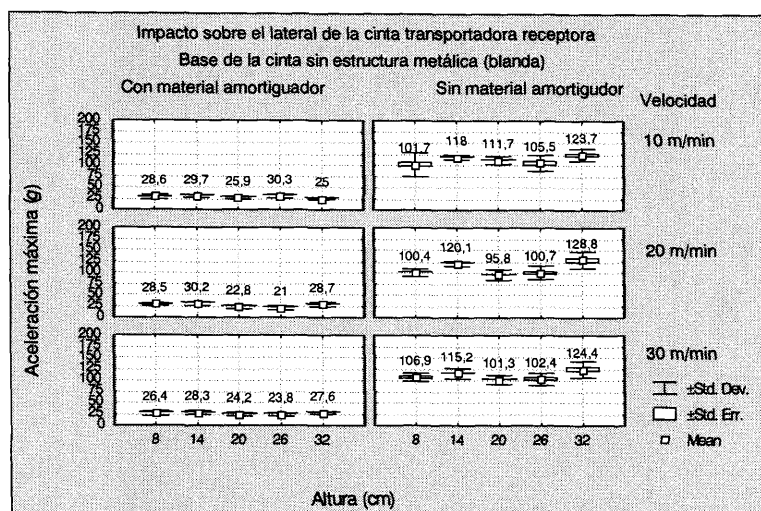


Figura 6. Aceleración máxima del impacto producido sobre el lateral de la cinta receptora en función de la velocidad, la altura de caída, y la presencia de material de ausencia estructura metálica bajo la cinta transportadora receptora

Se realizó un análisis de varianza que refleja que el material amortiguador es la variable más influyente sobre los valores de aceleración. El efecto de la velocidad de las cintas y la altura de caída es significativo pero claramente inconsistente. El impacto 1 (contra la base de la cinta) afecta significativamente a los valores de aceleración en función de la estructura de la cinta. Este efecto es bajo pero claramente consistente: los valores de aceleración del impacto 2 (lateral) son mayores (en torno a 20g) cuando el primer impacto se produce sobre estructura dura (cinta con chapa metálica) respecto a cuando se produce sobre estructura blanda (cinta hueca). Este hecho muestra que la velocidad con que la fruta llega al lateral de la cinta es mayor en el primer caso que en el segundo.

### 3.2. Elementos deceleradores

Los impactos registrados por el fruto electrónico trabajando sin flujo de fruta se mantuvieron por debajo de 8g para ambos deceleradores (cepillo vertical y horizontal). Comparando este valor con los obtenidos al impactar contra la pared lateral con material amortiguador la reducción del nivel de aceleración se sitúa en torno a 25g (tabla 2)

	Altura de caída (H), cm	Velocidad de las cintas (VC), m/min	Aceleración máxima, g
Elementos deceleradores accionados	8	Todas	< 8
Lateral de la cinta transportadora receptora con material amortiguador de 4 mm de espesor	8	10	26,7
		20	29,2
		30	30,4
	14	10	27,5
		20	34,4
		30	32,9

Tabla 2. Niveles máximos de aceleración con elementos deceleradores y con material amortiguador en la pared de la cinta receptora. CH: cepillo horizontal; CV: cepillo vertical; H: altura (cm); VC: velocidad de la cinta (m/min)

Trabajando con flujo de fruta, el número de impactos IS-manzana (considerados como impactos fruto-fruto) varía en función de la presencia de elemento decelerador y su regulación (figura 7). El cepillo vertical en sus dos ángulos de regulación ( $26^\circ$  y  $37^\circ$ ) y el cepillo horizontal situado a  $37^\circ$  ( $\alpha 2$ ), disminuyen drásticamente el número de impactos fruto-fruto (figura). Para el caso específico de cepillo vertical a  $26^\circ$  ( $\alpha 1$ ) la reducción varía entre 60% y 43% (para 8 y 14 cm de altura de caída respectivamente) en comparación del caso de transferencia sin elementos deceleradores.

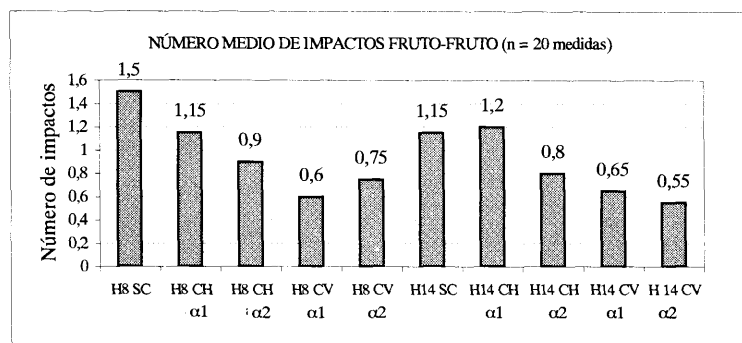


Figura 7. Número de impactos fruto-fruto (IS 100 -manzana). H: altura (cm); CH: cepillo horizontal; CV: cepillo vertical;  $\alpha 1 = 26^\circ$ ;  $\alpha 2 = 37^\circ$

## 4. Conclusiones

### 4.1. Impactos contra la base y el lateral de la cinta receptora

#### 4.1.1. Impacto contra la base de la cinta receptora

- ✓ Las características del impacto dependen de la altura de caída y de la presencia de elementos estructurales bajo la cinta transportadora. Los valores de aceleración aumentan con la altura de caída. En el caso de cinta con estructura metálica, alturas de 8 cm pueden producir daño al producto (valores de aceleración en torno a 50g). Cuando no hay estructura metálica bajo la cinta transportadora son admisibles alturas de caída mayores de 30 cm (niveles de aceleración  $< 30g$ ).
- ✓ El efecto de la velocidad de las cintas en los valores de aceleración es bajo en comparación con el de las otras variables (altura de caída y estructura de la cinta)

#### 4.1.2. Impacto contra el lateral de la cinta receptora

- ✓ Los valores de aceleración varían con la presencia de material amortiguador en el lateral de la cinta transportadora. La utilización de material amortiguador puede reducir los valores de aceleración en más de 100g.
- ✓ Los valores de aceleración son ligeramente mayores (en torno a 20g) cuando el impacto contra la base de la cinta se produce en una zona con estructura metálica en comparación con cuando se produce en una zona hueca.

### 4.2. Elementos deceleradores

- ✓ Los elementos deceleradores accionados reducen la aceleración del impacto experimentado por la fruta al chocar contra ellos a valores menores de 8g. Su uso es muy importante en zonas donde la fruta viaja de forma aislada, como por ejemplo a partir del calibrado.

- ✓ Los impactos fruto-fruto se pueden reducir en más del 60% utilizando el decelerador de eje vertical situado a 26°. El cepillo vertical para cualquier regulación y el cepillo horizontal a 37° reducen drásticamente el número de impactos fruto-fruto.

## **5. Agradecimientos**

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología y a la Comunidad Autónoma de Madrid por la financiación de este proyecto.

## **6. Referencias bibliográficas**

- Barreiro, P (1994). Modelos para la simulación de daños mecánicos y desarrollo de un algoritmo de evaluación de maquinaria para los principales cultivos de albaricoque manzana melocotón y pera. Doctoral thesis 1994.
- Brown, G. K.; Burton, C. L.; Sargent, S. A.; Schulte, N. L.; Timm, E. J.; Marshall, D. E (1987). Apple packing line damage assessment. ASAE Winter Meeting; 1987; Chicago, Illinois.: Paper 87-6515.
- García, F.; Riquelme, F.; Ruiz-Altisent, M.; Barreiro, P (1996). Study of packing lines for stone fruits and citrus using two instrumented spheres in some cooperatives in the region of Murcia (Spain). AGENG 96; 1996; Madrid.: Paper 96F-038.
- Guyer, D.E.; Schulte, N. L.; Timm, E. J.; Brown, G.K (1991). Minimizing apple bruising in the packing line. Cooperative Extension Service. Michigan State University. Extension Bulletin E-2290. March, 1991.
- Miller, W. M.; Wagner, C. J (1991). Florida citrus packing line studies with an Instrumented Sphere. Applied Engineering in Agriculture. 1991; 7(5):577-581.
- Ortiz-Cañavate, J.; García-Ramos, F. J.; Ruiz-Altisent, M (1999). Testing equipment for the improvement of mechanical devices to minimize damage to fruit in commercial packing lines. Symposium: Actual Tasks on Agricultural Engineering; 1999; Opatija, Croatia; 223-229. ISBN: 953-6135-26-4.
- Schulte, N. L.; Timm, E. J.; Brown, G. K (1990). Apple, peach and pear impact damage thresholds. ASAE Summer Meeting; 1990; Columbus.: Paper 90-6002.
- Zapp, H. R.; Ehlert, S. H.; Brown, G. K.; Armstrong, P. R.; Sober, S. S (1989). Advanced Instrumentation Sphere (IS) for impact measurement. ASAE Summer Meeting; 1989; Paper 89-6046.