

Maquinaria de procesamiento en las centrales hortofrutícolas

Sistema de volcado, envasado y calibrado de las frutas y hortalizas

En este artículo nos centraremos en analizar los tres componentes básicos de las líneas de manipulación (volcado, calibrado y envasado), haciendo un análisis más profundo del segundo por ser el componente clave de la cadena de máquinas, ya que es el que clasifica el producto en función de su calidad externa (peso, dimensiones y color) e interna (azúcares, ácidos, firmeza y defectos internos).

F. Javier García Ramos.
Escuela Politécnica Superior
de Huesca.

Belén Diezma Iglesias.
ETSI Agrónomos. UPM.

Las frutas y hortalizas para consumo en fresco deben ser confeccionadas en función de la demanda de los consumidores, por lo que es preciso poder ofertar al mercado, para una misma variedad, diferentes calibres, envases, presentaciones, etc. Para ello se utilizan las líneas mecánicas de manipulación (**foto 1**) ubicadas en las centrales hortofrutícolas. Estas líneas están formadas por un conjunto de máquinas con funciones específicas, unidas entre sí por cintas transportadoras, transportadores de rodillos, elevadores, etc. El producto, una vez recolectado, se transfiere a las centrales de confección, donde es clasificado y envasado con diferentes presentaciones para su venta a las plataformas comerciales.

La capacidad de trabajo de estas líneas es muy variable, pudiendo oscilar desde 10 hasta 40 toneladas por hora. Cada línea tiene tres componentes básicos: sistema de volcado, sistema de calibrado o clasificación y sistema de envasado. Adicionalmente, dependiendo del tipo

de producto, puede haber otros procesos como precalibrado, lavado, secado, encerado, control de enfermedades, etiquetado, etc. Durante todo el proceso, principalmente después del volcado, se realiza una tria manual para eliminar los frutos en mal estado. En la **figura 1** se puede observar el esquema de una línea de manipulación con los procesos más usuales aplicados a la fruta.

Sistema de volcado

El sistema de volcado introduce el producto proveniente de campo en cajas o cajones de diferentes tamaños en la línea de manipulación. Según el tipo de fruta, hay dos clases de volcadores: en agua y en seco.

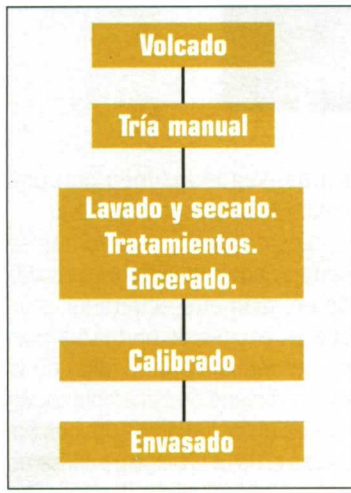
- **Volcadores en agua.** Están poco extendidos en España y son usados especialmente para frutas como pera y manzana. Tienen la ventaja de que el trato al producto es más delicado, disminuyendo los daños por impacto en la zona de volcado. Los hay de dos tipos, unos vuelcan la fruta directamente desde la caja a un tanque de agua, otros sumergen la caja en su totalidad y la fruta flota libremente (**foto 2**), entonces la caja vacía es sacada del tanque.

- **Volcadores en seco.** Los más usuales son los de torsión y los volcadores con tapa. En los primeros, las cajas individualizadas



Foto 1. Vista general de la línea de manipulación de una central hortofrutícola.

FIGURA 1.
ESQUEMA DE COMPONENTES
DE UNA LÍNEA DE
MANIPULACIÓN.



son volcadas mediante un cambio de inclinación en las mismas provocado por la presencia de una guía en la cadena por la que avanzan. Los volcadores con tapa presentan varios diseños (revólver, tapa basculante, tapa deslizante, etc.), todos ellos basados en cubrir las cajas con una tapa antes de invertirlas para volcar el producto (foto 3). Una vez invertida la caja, la tapa se retira y el producto cae suavemente sobre una cinta transportadora de recepción que lo introduce en la línea. Se basan en la utilización de sistemas neumáticos que facilitan el movimiento de la tapa y de las mordazas que sujetan las cajas. Estos volcadores se suelen usar con cajas de campo de 20 kg, aunque los fabricantes de maquinaria ofrecen volcadores específicos para los diferentes tipos de cajas y cajones existentes.

Sistema de envasado

El envasado es el último proceso a realizar en la línea. Actualmente, el mecánico está muy implantado, si bien sigue haciéndose envasado manual.

- **Envasado manual.** En él los trabajadores confeccionan manualmente el producto (foto 4) en diversos tipos de envases. Para facilitar la labor de envasado, los

envases suelen llegar a las mesas a través de cadenas mecánicas de alimentación. En esta etapa se realiza el último proceso de selección, desechando los frutos no válidos que no han sido eliminados con anterioridad. Los envases tienen diferentes diseños, presentando elementos para inmovilizar los frutos, protegerlos, etcétera.

- **Envasado mecánico.** Existen numerosos tipos de máquinas (encajadoras, enmalladoras, etc.) para la confección de la fruta. Las máquinas están preparadas para proporcionar la cantidad de frutos necesaria para cada tipo de envase. Dicha cantidad se estima por pesada o por número de frutos. Actualmente, en el sistema de encajado por número de frutos, basado en un calibrado previo muy preciso, se están implantando con gran fuerza las encajadoras neumáticas con boquillas individuales de succión (foto 5) que transfieren el producto a cajas con bandejas de alvéolos dispuestos con la misma geometría que las boquillas neumáticas. El envasado mecánico, a diferencia del manual, no permite inspeccionar el producto, por lo que éste debe haber sido triado minuciosamente a lo largo de la línea.

Sistema de calibrado

El calibrador es el elemento que clasifica la fruta por diferentes criterios de calidad. Al hablar de calidad en fruta, es necesario cuantificar este término en parámetros medibles mediante una técnica y equipo específico. Así, podemos hablar de diferentes parámetros de calidad en fruta:

- Parámetros de calidad externos: peso, dimensiones, color, defectos externos.
- Parámetros de calidad internos: contenido en azúcares, con-



Foto 2 (arriba). Volcador de palots en agua por inmersión.

Foto 3 (centro). Volcador con tapa basculante.

Foto 4 (abajo). Envasado manual de tomate.

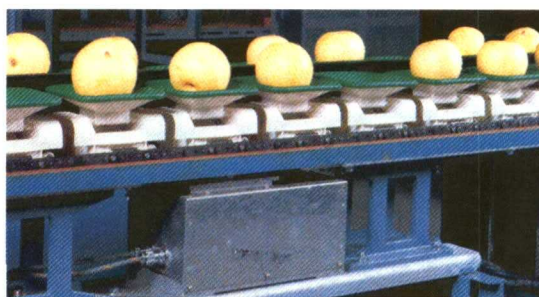
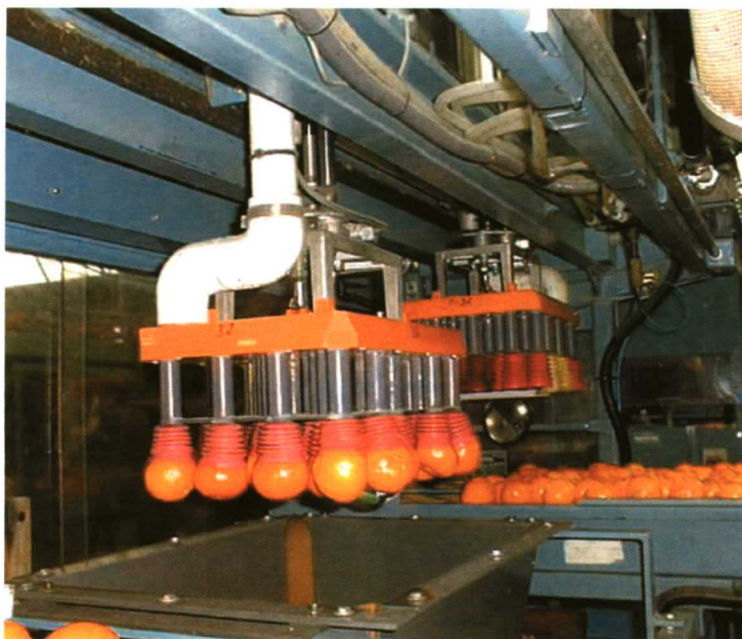


Foto 5 (izquierda). Encajadora neumática por número de frutos.

Foto 6. Calibrador electrónico de peso.

niendo un índice de calidad en función del cual el fruto es clasificado y dirigido a la salida correspondiente de la cadena mediante el sistema de eyección para su posterior envasado.

Calidad externa: peso, dimensiones y color

Los equipos para la medida del peso están ampliamente implantados en las empresas productoras, siendo actualmente una de las técnicas más utilizadas. Su funcionamiento se basa en la utilización de balanzas electrónicas (foto 6), una por línea de calibración, que permiten pesar cada fruto individualmente. La capacidad de trabajo de este tipo de calibradores está en torno a diez

frutos/segundo/línea con una precisión de pesada de ± 1 g.

Las dimensiones externas se centran normalmente en la medida del diámetro ecuatorial, aunque en el caso de hortalizas puede ser requerida la medida de la mayor dimensión del producto. Se suelen utilizar equipos ópticos basados en la utilización de cámaras de visión CCD (foto 7) ubicadas sobre la cadena de calibración dentro de una campana de iluminación. Las cámaras pueden trabajar en el espectro visible o en el infrarrojo cercano y puede haber una o varias por cada línea de calibración en función del desarrollo tecnológico de cada fabricante. Su capacidad de trabajo se sitúa en torno a diez frutos/segundo/lí-

tenido en ácidos, defectos internos, firmeza.

Las normas vigentes de calidad de frutas y hortalizas sólo regulan los parámetros externos (forma, tamaño, defectos, daños, etc.), estableciendo diferentes categorías de calidad en función de sus valores. Sin embargo, la realidad es que las empresas comercializadoras (principalmente en los países más desarrollados de Europa, en Japón y en EE.UU.) están exigiendo a los productores que aporten parámetros de calidad interna de sus frutas, ya que éstos permiten estimar de forma más directa aspectos como sabor y vida en estantería.

Estos equipos se basan en dispositivos mecánicos (actualmente poco usados, utilizados para medir calidad externa, básicamente dimensiones y peso) o en sensores específicos basados en sistemas electrónicos (utilizados para medida de calidad externa e interna).

El cuadro I muestra una clasificación de los diferentes equipos disponibles hoy en día comercialmente para la medida de parámetros de calidad en fruta en línea.

Nos centraremos por tanto en equipos en línea, y dentro de éstos, en los que disponen de sensores electrónicos. Para que el sensor realice la medida, cada fruto debe estar individualizado en

un recipiente ubicado en la cadena que lo transporta a través de los diferentes sensores. El proceso de clasificación es similar para cualquier sensor (figura 2):

- 1) El fruto es medido por el sensor.
- 2) La señal recogida pasa a un microprocesador.
- 3) La señal es analizada obteniendo un índice de calidad en función del cual el fruto es clasificado y dirigido a la salida correspondiente de la cadena mediante el sistema de eyección para su posterior envasado.



Foto 7. Sistema óptico de clasificación por diámetro y color.

CUADRO I.

CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA LA MEDIDA DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN LÍNEA.

TIPO DE CALIDAD	PARÁMETRO	EQUIPO/TÉCNICA
Calidad externa	Peso	Calibradores electrónicos Calibradores mecánicos (obsoletos)
	Dimensiones	Sensores ópticos Calibradores mecánicos
	Color	Sensores ópticos
	Defectos externos	Sensores ópticos
Calidad interna	Firmeza	Sensores ópticos Sensores acústicos Sensores de impacto
	Azúcares	Sensores ópticos
	Ácidos	Sensores ópticos
	Defectos internos	Sensores ópticos

nea con precisiones de medida de ± 1 mm. Estos equipos también son capaces de clasificar por color.

**Calidad interna:
azúcares, ácidos, firmeza
y defectos internos**

Los equipos ópticos para la medida de parámetros de calidad internos se basan en la interacción entre la luz y la fruta, concretamente en las técnicas de espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIR). Existen dos sistemas de medición, por reflectancia y por transmitancia (figura 3). Utilizan un emisor de luz y un receptor que recoge el espectro óptico. El emi-

sor de luz es una lámpara halógena. Según la cantidad de luz absorbida en las diferentes longitudes de onda del espectro recogido, se estiman los parámetros de calidad interna del fruto.

La medida por transmitancia presenta la ventaja de que permite conocer las características internas del fruto en su totalidad, ya que la luz lo atraviesa. Por el contrario, en la medición por reflectancia la luz penetra sólo unos milímetros en el interior de la pulpa, por lo que estamos midiendo las características de la parte externa del fruto. En la técnica de transmitancia el fruto es transportado individualmente en una ca-

FIGURA 2.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN ELECTRÓNICO.

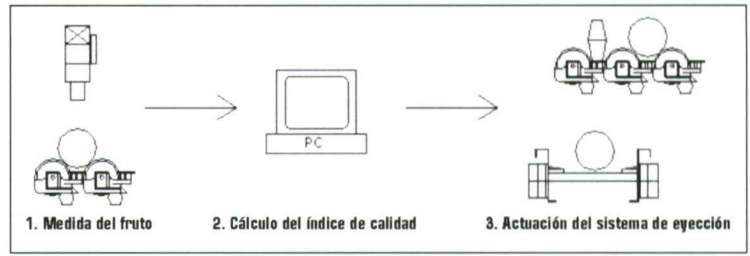
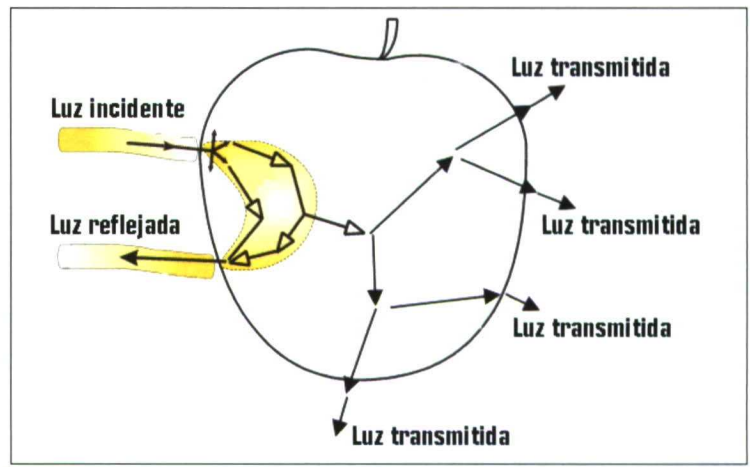


FIGURA 3.

INTERACCIÓN DE LA LUZ CON UN FRUTO PARA LA MEDIDA DE CALIDAD INTERNA.



dena con cazoletas y pasa a través de una campana donde es iluminado con luz halógena. Un sensor recoge la luz transmitida a tra-

vés del fruto, pudiendo proporcionar los siguientes parámetros: contenido en azúcar (medido en grados Brix), acidez (porcentaje),

PARA SU NUEVO

TRACTOR FERRARI

con financiación a 1 año

DESDE EL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2006 HASTA EL 15 DE ENERO DE 2007

INTERÉS | **TAE***
0% | **0%**

Financiado por **BBVA** (*) Financiación ofrecida por BBVA para todos los tractores FERRARI en operaciones a 12 meses, con intereses y comisiones de apertura y estudio subvencionados por BCS IBÉRICA, S.A.U. BCS IBÉRICA, S.A.U. POL. IND. S^{TA} MARGARITA. C/LLOBREGAT, 15. 08223 TERRASSA (BARCELONA) TEL. 93 783 05 44 FAX.93 786 12 03 EMAIL: correo@bcsiberica.es





Foto 8. Sensor óptico para la medida de calidad interna por reflectancia.

pardeamiento interno (*brown core*), vitrescencia (*water core*) y grado de madurez. La velocidad de trabajo se sitúa entre cuatro y diez frutos por segundo.

Para el caso de reflectancia, el sensor recoge la luz reflejada por el fruto (foto 8). Estos equipos determinan el contenido en azúcares (grados Brix) con una precisión de 0,5°Brix. Constructivamente, presentan la ventaja de que su montaje sobre las cadenas de calibración ya existentes es más factible de realizar en comparación con los de transmitancia, que requieren equipos individuales de calibración o modificaciones muy costosas de las cadenas de calibración. La velocidad de trabajo es similar a la descrita con anterioridad.

Actualmente, este tipo de equipos ópticos son los más novedosos del mercado en lo referente a cuantificación de parámetros de calidad, por lo que existen pocas empresas comercializadoras. Entre los equipos disponibles comercialmente en línea, los más extendidos son:

- SACMI F5. Desarrollado inicialmente por Fantec (Japón) y actualmente por SACMI (Italia). Analiza el espectro entre 650 y 1050 nm a una velocidad de cinco frutos por segundo.

- Tastemark. Desarrollado por Taste Technologies Ltd.

(Nueva Zelanda). Mediante reflexión detecta grados Brix.

- Internal Quality Analyser (IQA). Desarrollado por Aweta (Holanda). Basado en la medida de grados Brix por transmisión.

- Intelligent Flavour Analyser (iFA). Desarrollado por Greefa (Holanda). Analiza grados Brix, corazón pardo y vitrescencia mediante transmitancia con luz halógena. Capaz de medir seis frutos por segundo.

La firmeza es otro parámetro de calidad que permite estimar de forma indirecta la madurez del producto y, por tanto, establecer tiempos de almacenamiento y condiciones de transporte óptimas hasta los mercados de consumo. Aunque existen numerosas técnicas para estimar firmeza, al hablar de sensores en línea se pueden sintetizar en tres categorías: ópticos, acústicos y de impacto.

Los sensores ópticos se basan en las técnicas de espectroscopia por transmitancia y reflectancia descritas con anterioridad.

Los sensores acústicos están basados en la respuesta acústica de la fruta a un pequeño impacto a velocidades de hasta diez frutos/segundo. Un ejemplo es el sensor AFS (Acoustic Firmness Sensor) desarrollado por AWETA (foto 9) y consistente en "tocar" la fruta suavemente y

medir las características de la onda acústica generada.

Los sistemas mecánicos basados en la técnica de impacto impactan el fruto cuando viaja individualizado en la cadena de calibración y miden su respuesta al impacto por medio de un acelerómetro piezoeléctrico que aporta una curva de aceleración/tiempo que permite distinguir entre diferentes categorías de firmeza en función de la deceleración máxima del impacto y de su duración.

Aunque existen numerosos prototipos desarrollados por diferentes grupos de investigación, en el mercado sólo se encuentran disponibles los siguientes equipos (siempre pensando en la medida en línea):

- iFD (Intelligent Firmness Detector) desarrollado por Greefa. Dispone de una rueda con múltiples sensores que gira sobre la cadena de transporte de la fruta impactando a cada fruto en su parte superior. Para cada fruto se realizan entre nueve y veinte medidas considerando una velocidad de clasificación de siete frutos por segundo.

- Sinclair iQ, desarrollado por Sinclair. El equipo dispone de cuatro sensores piezoeléctricos que impactan la fruta verticalmente mediante un sistema de aire comprimido. Puede clasificar hasta diez frutos por segundo.

Futuras tendencias

Actualmente, la mayoría de las centrales hortofrutícolas cuenta en sus líneas de confección con sensores para la medida de parámetros externos (peso, tamaño y color) con capacidades de trabajo en torno a diez frutos por segundo. La implantación de sensores de medida de calidad interna es casi anecdótica y está restringida a grandes empresas dado su elevado precio. En el futuro, lo previsible es que estos equipos ganen mercado poco a poco. Uno de los factores que marcará su velocidad de introducción será el grado de exigencia por parte de las grandes cadenas comerciales a las centrales hortofrutícolas para que aporten un producto con una calidad muy definida. Es cierto que es complicado caracterizar un producto fresco como la fruta, cuyos parámetros de calidad evolucionan con el tiempo, por lo que son difíciles de "etiquetar"; sin embargo, el conocimiento detallado del producto es un arma comercial incuestionable y aporta una información esencial para la correcta manipulación del mismo hasta la llegada al consumidor. También es un factor de apoyo al proceso de trazabilidad del producto desde parcela. ■



Foto 9. Sensor acústico para la medida de firmeza.