



# X Congreso Ibérico de Agroingeniería X Congresso Ibérico de Agroengenharia

Huesca, 3-6 septiembre 2019



## Caracterización del porcentaje de aceitunas mal posicionadas en máquinas deshuesadoras, rodajadoras y relleno de aceitunas de mesa (DRR)

Alberto Lucas Pascual<sup>1</sup>, Antonio Madueño Luna<sup>2</sup>, Manuel de Jodar Lázaro<sup>3</sup>, José Miguel Molina Martínez<sup>4</sup>, Antonio Ruiz Canales<sup>5</sup>, José Miguel Madueño Luna<sup>6</sup>, Meritxell Justicia Segovia<sup>2</sup>, Montserrat Baena Sánchez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Doctorando Universidad Politécnica de Cartagena; [info@albertolucas.es](mailto:info@albertolucas.es)

<sup>2</sup> Dpto. Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos, Universidad de Sevilla.

<sup>3</sup> Doctorando Universidad Politécnica de Cartagena.

<sup>4</sup> Food Engineering and Agricultural Equipment Department, Technical University of Cartagena.

<sup>5</sup> Engineering Department, University Miguel Hernández of Elche, Orihuela.

<sup>6</sup> Dpto. Ingeniería Gráfica, Universidad de Sevilla.

**Resumen:** Las máquinas deshuesadoras, rodajadoras y relleno de aceitunas de mesa (DRR), son máquinas rotativas empleadas para aceituna de mesa. Por su naturaleza mecánica presentan un porcentaje de error a la hora de posicionar correctamente las aceitunas a ser deshuesadas/rellenadas/rodajadas, como resultado, esas aceitunas no son aptas para consumo y tienen que ser descartadas por varias razones: Se han deshuesado por el eje menor de la aceituna formando lo que se conoce como “barco” o se han deshuesado en un eje inclinado próximo al eje principal lo que se conocen como “beatas”. En el primer caso, pueden presentar en su interior el hueso entero que no ha podido ser extraído debido a la posición de la aceituna en el momento del deshuesado o de trozos del mismo. El sistema de flotación por densidad (que sigue al proceso de deshuesado), a veces no es capaz de eliminar las aceitunas con esquirlas de hueso con el problema que ello conlleva (salud alimentaria, rotura de punzones y asientos de la máquina DRR). El segundo caso, se considerarán aptas o no para su consumo en función de los criterios de calidad de la empresa. Este trabajo presenta una aplicación con QT-Creator en lenguaje C++ , OpenCV , una cámara industrial y varias modificaciones mecánicas en varias máquinas DRR, para cuantificar el porcentaje de barcos/beatas. El resultado obtenido con este sistema se ha contrastado con escandallos reales de las aceitunas deshuesadas/rellenas para cada valor angular seleccionado.

**Palabras clave:** Beata, barco, Visión Artificial, Qt Creator, OpenCV.

### 1. Introducción

Las máquinas DRR, son dispositivos mecánicos cuyo buen funcionamiento depende de un ajuste correcto de todos los elementos mecánicos que las conforman: plato de alimentación adecuado a la variedad de aceituna y su calibre, adecuado posicionamiento del plato alimentador respecto de la cadena de alimentación, correcta ubicación del cepillo, punzones y boquillas, etc. Malos ajustes en alimentador y cepillo dan lugar a la presencia de aceitunas mal posicionadas (barcos y beatas). La falta de elementos para inspeccionar estas máquinas deja en manos de la pericia de los mecánicos que las ajustan su correcto funcionamiento. Con la adición

de equipos electrónicos e informáticos es posible hacer una diagnosis de estas máquinas y con ellos tener elementos objetivos para acometer ajustes óptimos.

## 2. Materiales y métodos

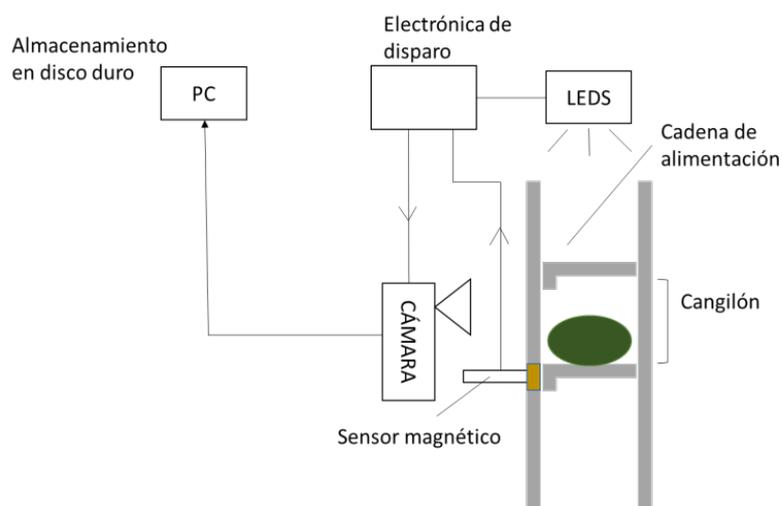
### 2.1. Máquinas DRR

Se han realizado pruebas en ocho máquinas de dos fabricantes preparadas para aceitunas gordales con calibres de 140/150 a 70/80 [1, 2, 3, 4].

- Maq 1, 2, 5 y 6: Sadrym de cola corta modelo 130. Cadena de 3/4".
- Maq 3: Cleser. Modelo 220. Cadena de 1".
- Maq 4, 7 y 8: Sadrym de cola larga modelo 114. Cadena de 3/4".

### 2.2. Equipo de visión artificial

El equipo de visión artificial empleado consta de una cámara del fabricante Imaging Source modelo DFK 33GV024 y sistema de iluminación Led y un sensor magnético que permite la sincronización con el movimiento de la máquina y con ello el análisis del contenido de cada cangilón de la cadena de alimentación [5]. En la Figura 1 hay un dibujo esquemático.



**Figura 1.** Esquema de los distintos dispositivos usados.

### 2.3. Software de visión artificial

Se ha preparado un aplicación en Qt/OpenCV [6, 7], que permite analizar el contenido presente en cada cangilón de la cadena (cangilón vacío, aceituna bien posicionada, barcos beatas, trozos de aceituna, múltiples aceitunas), generándose un log cada 1000 aceitunas con los valores de cada clase obtenidos. Asimismo permite seleccionar el ángulo a partir del cual se considera que la aceituna está mal posicionada (barco/beata). En la Figura 2 aparece una captura de pantalla de la aplicación. El origen de ángulos se ubica en la vertical de la imagen como se muestra en la Figura 3.

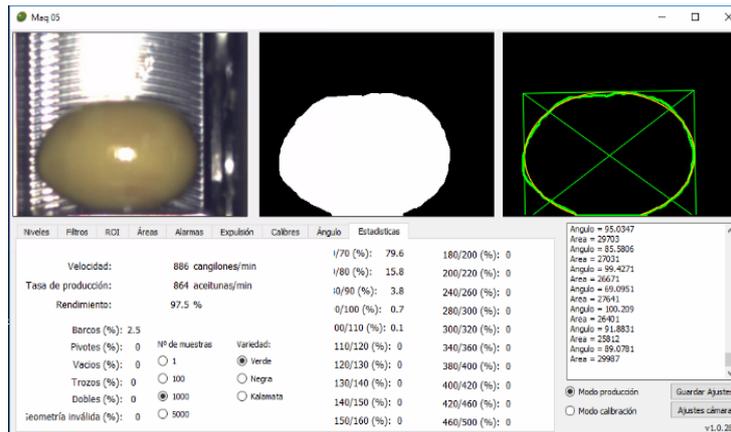


Figura 2. Captura de la aplicación realizada en Qt Creator.

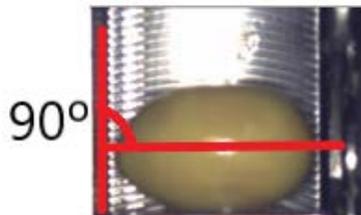


Figura 3. Origen de ángulos.

## 2.4 Forma de realización de los ensayos

Para conseguir grupos de 1000 aceitunas, la aplicación actúa sobre el variador de la máquina y la hace parar cada vez que cuenta grupos de 1000 aceitunas. Estas aceitunas se interceptan para que no vayan a la línea de procesado siendo extraídas de la misma para la cata manual que permitirá contrastar los resultados del escandallo con los que arroja la aplicación.

## 3. Resultados y discusión

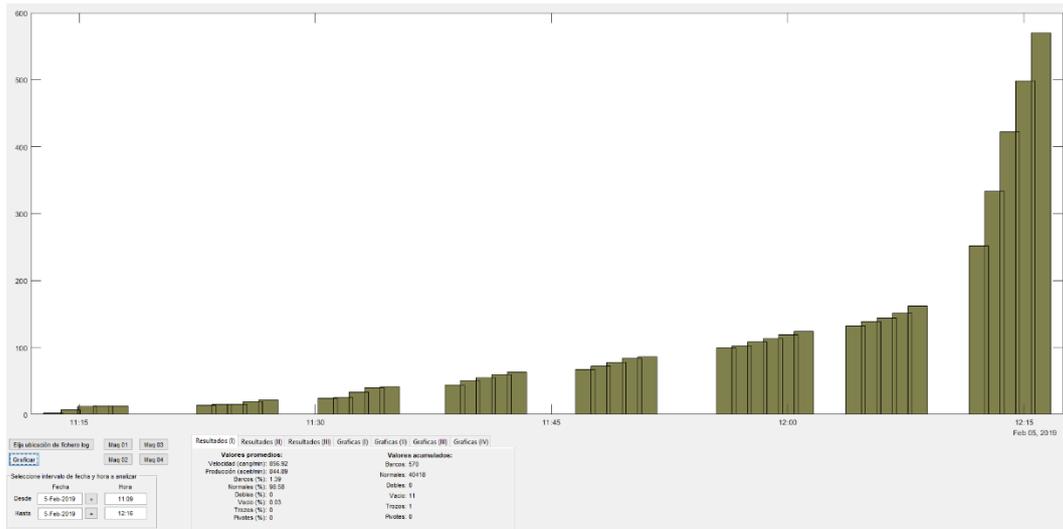
### 3.1. Efecto del ángulo seleccionado

Se ha analizado el porcentaje de aceitunas consideradas como mal posicionadas para contrastar con los resultados de catas reales de aceitunas obtenidas a la salida de la máquina DRR.

Se ha realizado para cada máquina en estudio para un mismo calibre de aceituna variando el ángulo desde 10°/170° a 80°/100°. No se estudian los intervalos 0°/180° y 90°/90° ya que respectivamente no consideraría ninguna aceituna como “barco” o las consideraría todas.

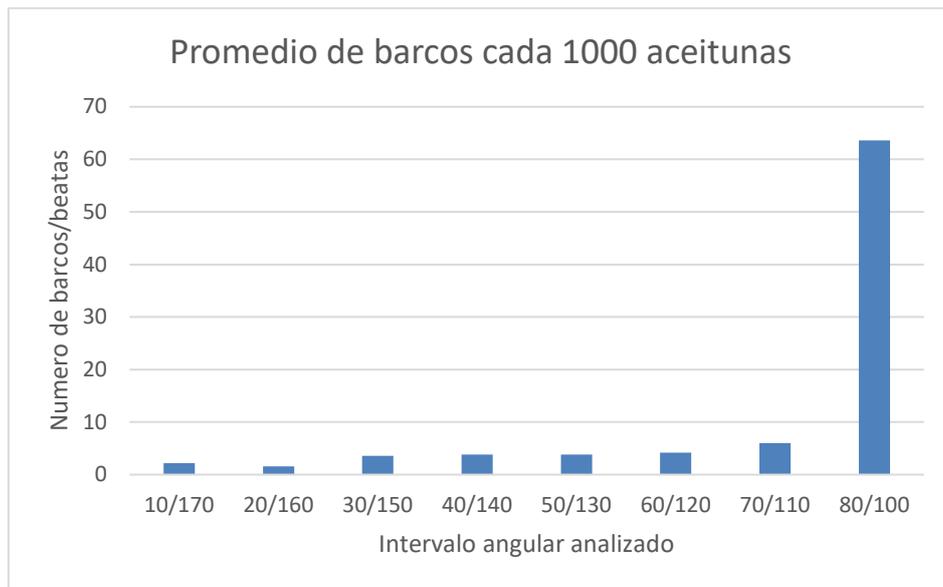
En la Figura 4 se muestra a título de ejemplo los barcos acumulados sugeridos por la aplicación para la máquina 1 con calibre 140/150 con muestreos acumulados en 8 intervalos angulares (de 10/170 a 80/100) y (5, 5, 5, 5, 5, 6, 5, 5) repeticiones respectivamente cada una de 1000 aceitunas.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA  
 X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA  
 3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España



**Figura 4.** Barcos acumulados para la máquina 1 con calibre 140/15, 8 intervalos angulares (de 10/170 a 80/100) y (5, 5, 5, 5, 5, 6, 5, 5) repeticiones respectivamente cada una de 1000 aceitunas.

En la Figura 5, aparecen los valores promedio de las 8 catas obtenidos de los datos anteriores de la Figura 4 para cada ángulo en la máquina 1 con calibre 140/150.



**Figura 5.** Cantidad de barcos obtenidos por cada 1000 aceitunas según el intervalo angular analizado.

El contraste con los escandallos realizados cada 1000 aceitunas muestran experimentalmente que el porcentaje de barcos obtenido es acorde con el intervalo angular 30º/150º. Por su parte para caracterizar el porcentaje de aceitunas beatas es preferible un intervalo angular más ancho el 40º/140º.

En la tabla 1 se muestran los resultados de valores medios de barcos para las ocho máquinas analizadas.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA  
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA

3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

**Tabla 1.** Resultados de valores medios de número de barcos obtenidos para las ocho máquinas analizadas. Por ejemplo: 2,2/5 significa 2,2 aceitunas de media en barco sobre 5x1000 siendo 5 es el número de repeticiones de 1000 aceitunas para ese valor angular.

Ángulo	Maq 1	Maq 2	Maq 3	Maq 4	Maq 5	Maq 6	Maq 7	Maq 8
10/170	2,2/5	2/5	6,25/4	3,75/4	9/4	11/3	8/5	9,6/5
20/160	1,6/5	3,2/5	10,25/4	11,75/4	11,6/5	14,16/6	18,2/5	17,4/5
<b>30/150</b>	<b>3,6/5</b>	<b>7/5</b>	<b>14,25/4</b>	<b>11,75/4</b>	<b>12,8/5</b>	<b>19,16/6</b>	<b>20,8/5</b>	<b>25,2/5</b>
<b>40/140</b>	<b>3,8/5</b>	<b>8,8/5</b>	<b>18/4</b>	<b>11,75/4</b>	<b>19,5/4</b>	<b>18,66/6</b>	<b>25,2/5</b>	<b>33,4/5</b>
50/130	3,8/5	13,8/5	16,75/4	15,8/5	19,75/4	22,5/6	17,75/4	27,6/3
60/120	4,16/6	18/4	25/4	18/4	25,8/5	38/5	35,2/5	43,4/5
70/110	6/5	60/5	35,25/4	76,75/4	51,5/4	39,5/5	86,6/5	77,4/5
80/100	63,6/5	245,4/5	166,75/4	322,2/5	176/4	143,75/4	310,4/5	263,1/8

**Tabla 2.** Resultados de los escandallos (número de defectos sobre 1000 aceitunas promedio)

Escandallo	Maq 1	Maq 2	Maq 3	Maq 4	Maq 5	Maq 6	Maq 7	Maq 8
Barcos	3,5	7,2	16,1	12,1	11,9	19,5	21,3	26,3
Beatas	3,7	9,1	17,4	113,2	18,6	20,8	27,1	31,2

Con aperturas muy cerradas (10/170), la aplicación sólo considera (barcos/beatas) las aceitunas que son muy verticales y descarta el resto, por ejemplo 2,2 aceitunas sobre 1000 en la máquina 1, en esta situación da por buenas gran parte de las aceitunas que luego serán deshuesadas en posición incorrecta. Asimismo en el caso contrario de una gran apertura (80/100), por ejemplo 63,6 aceitunas sobre 1000 en la máquina 1, la aplicación considera una cantidad de aceitunas mal posicionadas superior al real que se obtiene en el escandallo.

Los valores que se presentan en la tabla 2 para ambos defectos sugieren empíricamente una buena adecuación a los intervalos 30/150 y 40/140 presentados por la aplicación (tabla 1).

Es interesante advertir, que tras el paso por la zona de visión sigue un trozo de cepillo que comprime la aceituna en el proceso de punzonado, su efecto debe ser tenido en cuenta, dado que una reentrada forzada de las aceitunas en el mismo (un mal ajuste), puede dar lugar a movimientos de las aceitunas (desaparición de un barco detectado o pequeños cambios de posición lo que afecta a la generación de beatas), en consecuencia, la correlación que se aprecia entre escandallo y aplicación es sensible al ajuste correcto del trozo de cepillo final y en especial en el caso de beatas.

### 3.2. Efecto de la calibración de la máquina para el mismo tipo de máquina, mismo día y alimentadas con la misma aceituna

Con este ensayo se ve el efecto de la calibración de la máquina DRR sobre el porcentaje de fallos (barcos + beatas). Para ello se han realizado pruebas sobre las máquinas 1 y 2 con todos los parámetros idénticos (iguales aceitunas deshuesadas simultáneamente), variando sólo la calibración de la máquina para ese día. Se han sumado los defectos que considera la máquina para ángulos de 30/150 y de 40/140. No se ha realizado un escandallo de contraste porque se dan por validados los valores empíricos de intervalos angulares óptimos (30/150 y de 40/140), para observar defectos del apartado 2.1 Las diferencias por tanto solo se deben al desigual ajuste entre máquinas y desgastes diferenciales adquiridos durante su vida útil. Las Figuras 6 y

7 muestran los resultados de fallos obtenidos expresados en % (de barcos + beatas), obtenidos para calibre 120/130 en ambas máquinas.

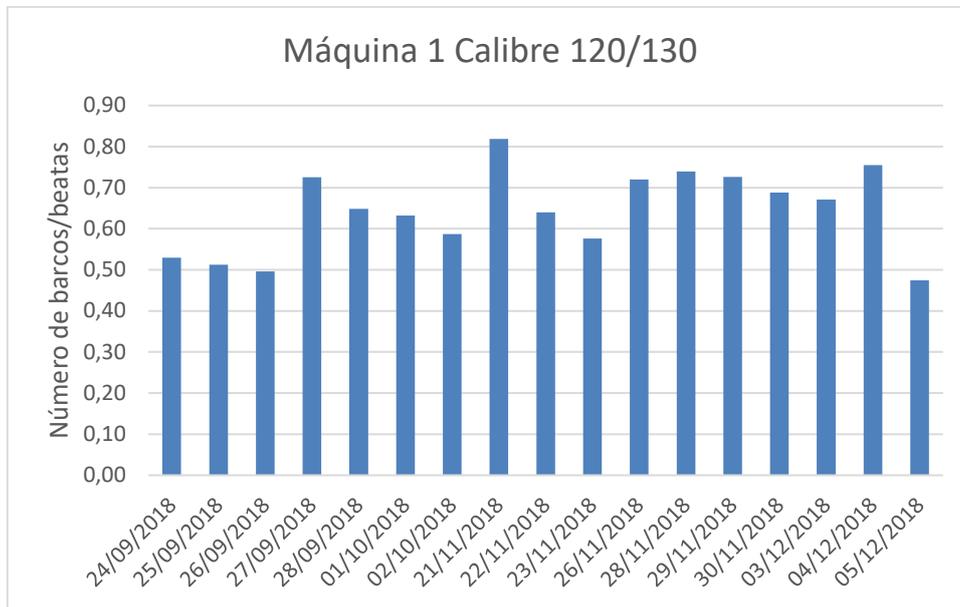


Figura 6. Porcentaje de barcos obtenidos en la maquina 1 para el calibre 120/130

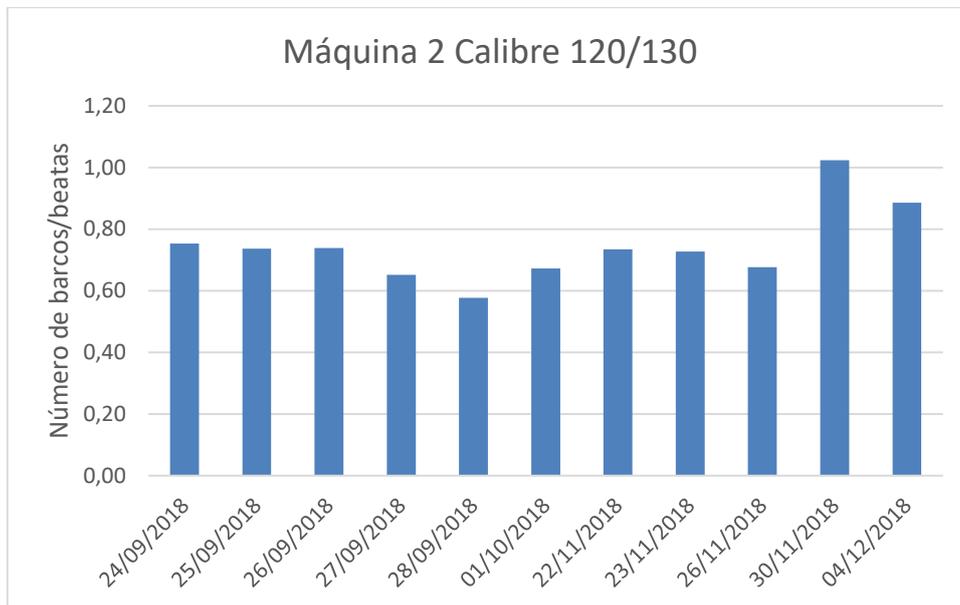
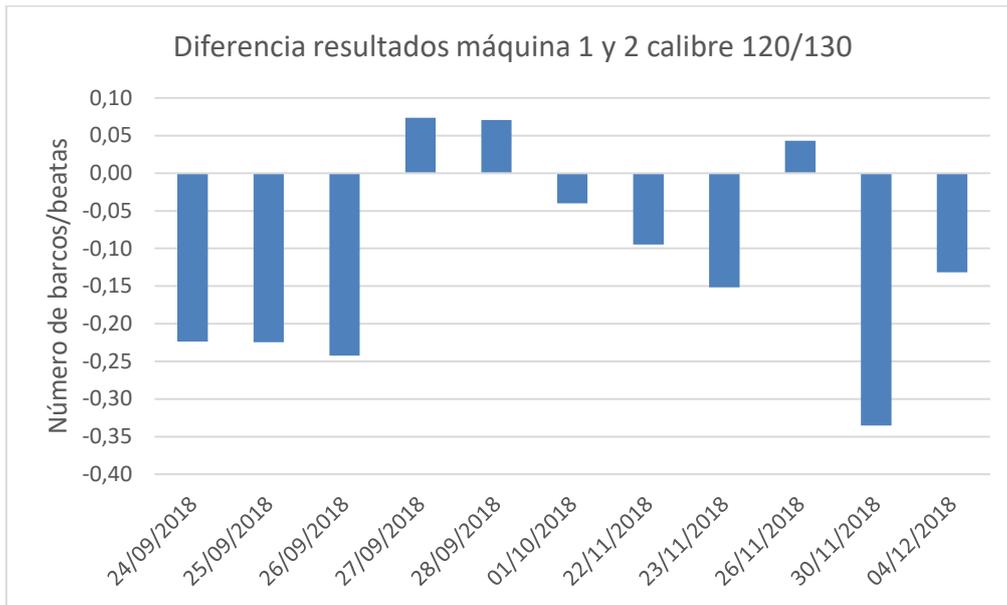


Figura 7. Porcentaje de barcos obtenidos en la maquina 2 para el calibre 120/130

En la Figura 8 se observan las diferencias con signo entre los fallos obtenidos expresados en % (de barcos/beatas), obtenidos para calibre 120/130 desde el 24 de septiembre de 2018 al 4 de diciembre de 2018 entre ambas máquinas.



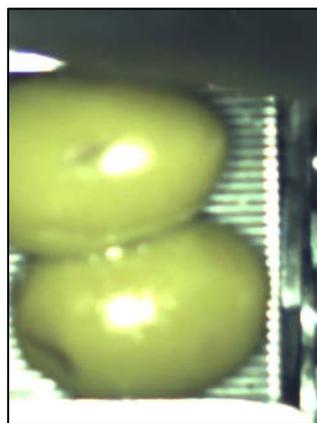
**Figura 8.** Diferencia de porcentaje de barcos obtenidos entre maquinas 1 y 2 para calibre 120/130

### 3.3. Otros efectos del desajuste: Dobles, trozo y vacíos...

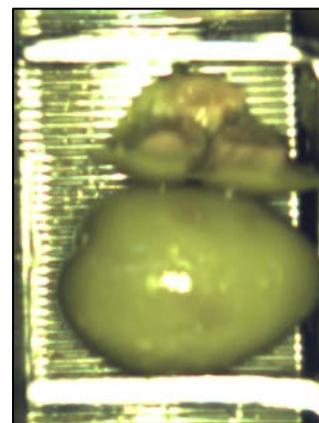
Cuando el plato distribuidor y la estrella no están bien ajustados, la entrada de aceitunas a la cadena de alimentación sucede de forma irregular de manera que muchos cangilones están vacíos (Figura 9), presentan aceitunas dobles (Figura 10), o aceitunas con trozos (Figura 11), en este último caso por rotura de las aceitunas a la entrada de la cadena de alimentación. La situación es nefasta ya que impide el correcto deshuesado generando daños especialmente en las camas de asiento de goma sobre las que se apoyan las aceitunas al ser punzonadas o en los propios punzones que se parten y finalmente en una merma de calidad al incrementarse el % de aceitunas rotas a la salida de la máquina DRR.



**Figura 9.** Imagen de un cangilón vacío



**Figura 10.** Imagen de un cangilón con aceitunas dobles



**Figura 11.** Imagen de un cangilón que presenta una aceituna y un trozo

Las pruebas experimentales llevadas a cabo con la aplicación (que permite clasificar además de los defectos, el caso de cangilón vacío, o la presencia de varias aceitunas o trozos en el mismo), arrojan cifras de hasta un 15% en vacíos y otro tanto en dobles/con trozos, lo que significan mermas de producción de hasta un 30% con máquinas desajustadas.

#### 4. Conclusiones

Se ha diseñado un equipo basado en visión artificial capaz de caracterizar el contenido de cada cangilón de la cadena de alimentación de una máquina DRR modificada mecánicamente. Para la sincronización con la máquina se usa un sensor magnético que detecta el paso de cada eslabón de la cadena de alimentación y un software basado en Qt/OpenCV que analiza y clasifica cada imagen (vacío, normal barco, beata, doble o trozo).

Los resultados empíricos de los escandallos sugieren que es aconsejable el uso de intervalos de ángulo 30º/150º para detectar barcos y de un intervalo más laxo 40º/140º para la detección de beatas.

Además, se ha averiguado que los desajustes en las máquinas pueden dar lugar a diferencias (barcos/beatas) entre las mismas máquinas superiores al 0.15% en los fallos generados durante el deshuesado.

Por lo tanto, los errores en el alineamiento del plato alimentador y la estrella pueden dar lugar a mermas de hasta el 30% en la producción.

Por último, mediante el sistema de visión artificial propuesto es muy fácil realizar el alineamiento preciso de la máquina DRR y con ello reducir las mermas de producción por desajustes en la máquina así como daños en camas y punzones.

#### Referencias

1. Fernández-Cano, Sebastián. 2012. PFC Mejora de las líneas de deshuesado de una envasadora de aceitunas escuela técnica superior de ingeniería (ICAI).
2. Madueño Luna Antonio, López Lineros Miriam, Madueño Luna, José Miguel. 2013. Procedimiento basado en un sensor de sincronismo para la detección de fallos de funcionamiento en máquinas deshuesadoras/rodajadoras de aceituna y de relleno, cuantificación y optimización del rendimiento, señalización, monitorización y control remoto. Patente de invención, Propiedad industrial.
3. Santos Siles, F.J. (1999) "Las nuevas tecnologías aplicadas al sector de la aceituna manzanilla fina". Grasas y Aceites, 50-2, 131-140.
4. Ser González, Clemente del. 1987. Método para deshuesar y deshuesar-rellenar aceitunas dispositivo para su puesta en práctica y producto obtenido con el mismo número de publicación: ES2000150 A6
5. Da-Wen Sun, 2008. Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation.
6. Nagata and Qixin (1998). Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation.
7. R. Diaz, 2004. Classification and Quality Evaluation of Table Olives.