

Egoitza / Sede Bizkaia  
Txaxarramendi ugartea z/g  
E-48395 Sukarrieta - Bizkaia (Spain)  
Tel.: +34 946 029 400 - Fax: +34 946 870 006



Egoitza / Sede Gipuzkoa  
Herrera Kaia - Portu aldea z/g  
E-20110 Pasaia - Gipuzkoa (Spain)  
Tel.: +34 943 004 800 - Fax: +34 943 004 801

<http://www.azti.es>  
e-mail: [info@azti.es](mailto:info@azti.es)

# VALIDACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTE DE LOMOS DE ATÚN POR ULTRASONIDOS

Informe final  
**para:**

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION

Dirección de Pesca y Acuicultura.

**Programa IFOP 2006**

Sukarrieta, 10 de Octubre de 2006

**Tipo documento** Informe final  
**Titulo documento** Validación de un prototipo de corte de lomos de atún por ultrasonidos  
**Fecha** 20/11/2006  
**Proyecto** Validación de un prototipo de corte de lomos de atún por ultrasonidos  
**Código** IA2006ULTRASONI  
**Cliente** DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION  
Dirección de Pesca y Acuicultura.  
Programa IFOP 2006

**Equipo de proyecto:** Sofía Roca, Iñigo Mtnez de Marañón y Raquel Rodríguez

---

**Responsable**  
**proyecto** Iñigo Mtnez de Marañón

---

**Revisado por** Cristina Elorriaga  
**Fecha** 20 Noviembre 2006

---

**Aprobado por** Antonio Duch  
**Fecha** 20 Noviembre 2006

---

#### Control de cambios

10/10/2006 Edición.

## ÍNDICE

1.	OBJETIVOS .....	4
2.	INTRODUCCIÓN .....	4
3.	FUNDAMENTOS DEL CORTE POR ULTRASONIDOS.....	5
3.1	EQUIPO DE CORTE POR ULTRASONIDOS .....	5
3.2	APLICACIONES DEL CORTE POR ULTRASONIDOS.....	6
4.	MATERIAL Y METODOS.....	7
4.1	EQUIPO DE CORTE POR ULTRASONIDOS .....	7
4.2	METODOLOGIA.....	8
5.	RESULTADOS.....	10
5.1	EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTE POR ULTRASONIDOS ST-80.....	10
5.2	DEFINICIÓN DEL PLIEGO DE CONDICIONES PARA EL CORTE DE LOMOS DE ATÚN POR ULTRASONIDOS .....	14
6.	CONCLUSIONES .....	15
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	16

## 1. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo es evaluar la tecnología de ultrasonidos como técnica innovadora de corte de lomos de túnidos. Para ello se realizarán pruebas de corte de lomos de atún mediante un prototipo comercial de corte por ultrasonidos en cuanto a criterios de rendimiento del proceso (menos mermas) y la calidad del corte (menor desmigado).

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- Evaluación de un prototipo de corte mediante ultrasonidos.
- Validación del procesado de ultrasonidos para cortar lomos de atún.
- Definición del pliego de condiciones para una adecuación del prototipo a una línea de producción de lomos de atún, y en concreto para una futura implementación del sistema de corte por ultrasonidos en la planta de La Gaviota S.L.
- Realización de pruebas piloto y/o semi-industriales.

El estudio en sí constituye un estudio de viabilidad técnica que en caso de obtener resultados positivos, podría dar lugar a una transferencia de tecnología para la puesta en marcha de este nuevo proceso en la planta de La Gaviota S.L.

## 2. INTRODUCCIÓN

Los potenciales beneficios que espera obtener CONSERVAS LA GAVIOTA S.L con los resultados de este proyecto son:

- Mejora de la producción, ya que mediante este proceso se podrían aumentar los rendimientos mediante la reducción de mermas y del mismo modo mejorar la calidad del corte ya que el desmigado en esta fase sería menor.
- Asimismo, la implementación de un equipo de corte por ultrasonidos permitiría un aumento en la cadencia de producción.
- Todo esto conllevaría consigo un mayor beneficio por kilogramo de materia prima transformada, una mejora en la producción mediante la generación de menores perdidas de producto y por lo tanto menores esfuerzos para recuperar o valorizar éstos así como para tratar o limpiar la línea de producción.

En la Comunidad Autónoma Vasca:

La ejecución de este proyecto, contribuirá a mejorar la competitividad de La Gaviota S.L en particular y de las empresas del sector conservero en general.

Mediante la difusión de los resultados al sector conservero y la ejecución de este proyecto, se contribuirá a diversificar la actividad de las empresas interesadas impulsando su actividad económica.

La idea de mejorar el corte de los lomos de atún (túnidos) se justifica por la cantidad importante de mermas que se produce durante el corte tradicional actualmente ejecutado en las conserveras. Además, la calidad del corte tradicional no es adecuada. Por lo tanto, la implantación de una nueva tecnología como la que a continuación se propone, corte por ultrasonidos, contribuiría a mejorar los rendimientos (menos mermas) y la calidad del corte (menor desmigado).

Al aplicar una tecnología automatizada de corte por ultrasonidos, se conseguiría un proceso global más económico (menos perdida de producto) y con una calidad del producto superior a la actualmente lograda.

La presente propuesta describe el Plan de trabajo, la Metodología a seguir, el Cronograma de actuación y presupuesto detallado, para ensayar dicha tecnología a escala de producción en la planta de La Gaviota S.L.

### **3. FUNDAMENTOS DEL CORTE POR ULTRASONIDOS**

#### **3.1 EQUIPO DE CORTE POR ULTRASONIDOS**

Los equipos de corte por ultrasonidos están constituidos por dos partes fundamentales, una parte eléctrica (generador) y una parte acústica (grupo vibrante) que deben trabajar en perfecta sintonía.

El generador crea una serie de impulsos regulares y la parte acústica los transforma en vibraciones. La herramienta que realiza el corte (sonotrodo) vibra con una frecuencia igual a la emitida por el generador (generalmente de 20-35 KHz). El trabajo del sonotrodo es transmitir esta rapidísima e intensa vibración al material a cortar. Además resulta importante darse cuenta que el sonotrodo quedará frío en el momento del corte, porque transmite solamente una vibración y no calor, de esta forma el producto no perderá sus características. Además no existe contacto directo del sonotrodo con el material ya que éstos quedan a una distancia de unas 80 micras.

El corte mediante esta tecnología presenta numerosas ventajas:

- Permite cortar productos pegajosos, frágiles, productos congelados...
- Prácticamente no produce residuos de corte.
- Mejora el aspecto de la superficie cortada.
- No provoca desgaste de la "cuchilla" (sonotrode).
- La "cuchilla" es autolimpiante debido a las propias ondas ultrasónicas.
- El corte es rápido con lo que se consigue un aumento de la productividad.

### 3.2 APLICACIONES DEL CORTE POR ULTRASONIDOS

Estas máquinas presentan diversas aplicaciones dentro de las que cabe destacar el corte de queso, de Foie, de productos dulces y de producto elaborados heterogéneos presentando mínimas pérdidas a lo largo del procesos, véase Figuras 1, 2, 3 y 4.



Figura 1. Corte de queso



Figura 2. Corte de Foie



Figura 3. Corte de dulces

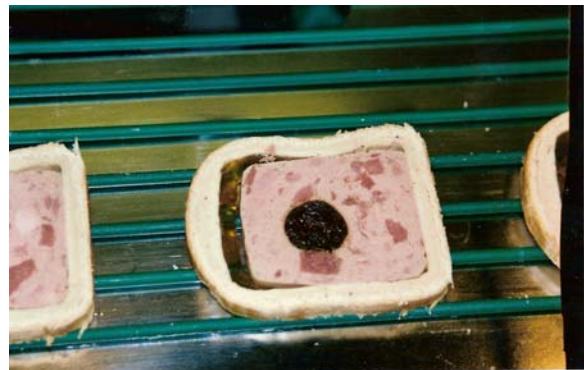


Figura 4. Corte de productos heterogéños

## 4. MATERIAL Y METODOS

Este apartado va dirigido a explicar la metodología utilizada en la prueba de corte de lomos de atún mediante ultrasonidos.

### 4.1 EQUIPO DE CORTE POR ULTRASONIDOS

Las pruebas preliminares se realizaron con una máquina de corte por ultrasonidos modelo ST-80 (Figura 5), mediante la que se realizaron los cortes transversales de las muestras de lomos.

Las características técnicas de la máquina son las siguientes:

- Velocidad de corte: 30 cortes/min.
- Hoja de titanio con 240mm de anchura de corte.
- Frecuencia de trabajo de 19.800 Hz, sin posibilidad de modificación de este parámetro.
- Parámetros variables en la maquina: velocidad de las cintas de transporte y velocidad de bajada de la hoja de titanio.
- Regulable también la longitud del corte pudiendo llegar a programar el primer y ultimo corte y los intermedios.



Figura 5. Prototipo ST-80

Los cortes longitudinales de los trozos de lomos se llevaron a cabo con una hoja de Titanio accionada mediante un pulsador de pie (Figura 6) mediante mecanismo neumático cuyas características son las siguientes:

- Hoja de titanio con 370 mm de anchura de corte.
- Frecuencia de trabajo de 19.800 Hz, sin posibilidad de modificación de este parámetro.



Figura 6. Cuchilla para el corte longitudinal

## 4.2 METODOLOGIA

La metodología seguida para la realización de las pruebas sigue el siguiente esquema.

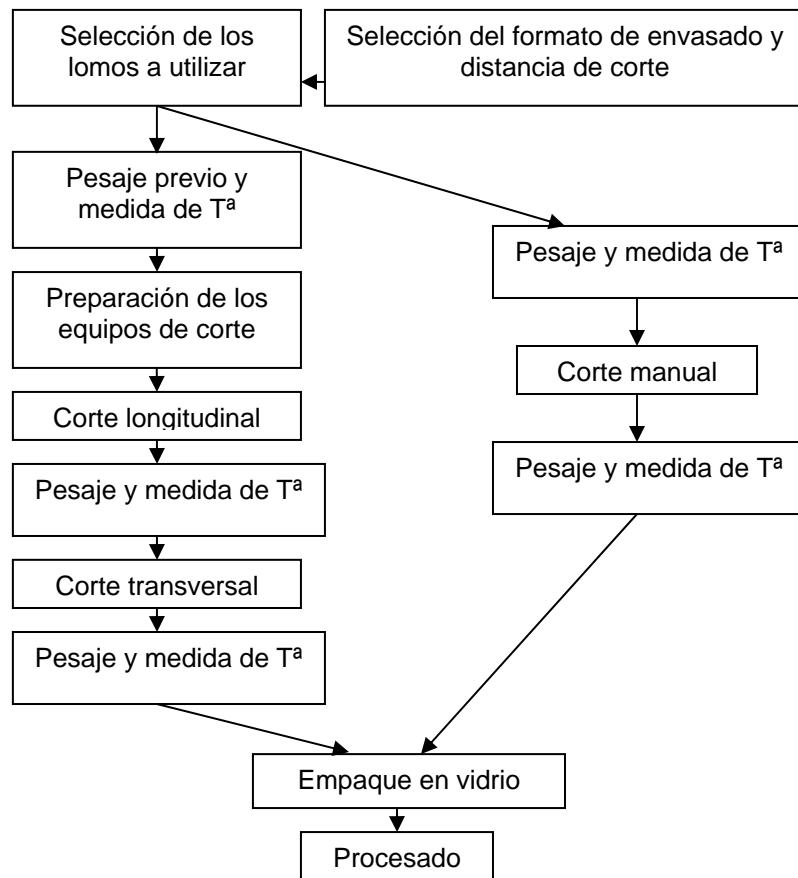


Figura 7. Esquema del procedimiento utilizado

### Selección de los lomos a utilizar:

El producto seleccionado para realizar las pruebas de corte fueron cuartos de lomos de túnidos de los lotes 6094 y 6095.

En las Figuras 8 y 9 observamos los cuartos de lomos utilizados para las pruebas de corte por ultrasonidos.



Figura 8. Cuartos de lomos de túnidos



Figura 9. Detalle de un cuarto de lomos de túnidos

### Selección del formato de envasado y distancia de corte:

Se selecciono el formato de envasado en vidrio de  $157 \pm 4$  g, siendo las dimensiones de los trozos de pescado deseadas de aproximadamente  $55*25*10$  mm (Figura 10).



Figura 10. Formato de envasado en vidrio  $157 \pm 4$  g

## 5. RESULTADOS

En el apartado de resultados se distinguirán dos fases; la primera donde se realizará una evaluación de un prototipo de corte por ultrasonidos (ST-80) y una segunda fase donde se realizará una definición del pliego de condiciones para el corte de lomos de atún por ultrasonidos a fin de fijar el prototipo más adecuado para esta aplicación así como su presupuesto.

### 5.1 EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTE POR ULTRASONIDOS ST-80

A continuación se pasará a explicar los resultados de las pruebas realizadas en cuanto a rendimiento del proceso y a calidad del corte.

#### RENDIMIENTO DEL PROCESO

Para comprobar el rendimiento medio del corte por ultrasonidos se seleccionaron 3 cuartos de lomos de túnidos de un mismo lote correspondiente al L-6094, obteniéndose los datos referenciados en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados de corte por ultrasonidos en lote 6094.

Peso inicial (g)	T (°C)	Corte transversal (cm)	Peso tras corte transversal (g)	Peso tras corte longitudinal (g)	Peso migas (g)	Migas	Peso trozos (g)	Trozos	*Rendimiento
907,4	14,1	55	897,9	890	9,4	1,04%	8	0,88%	98,96%
740,1	15,9	53	732,2	729,9	6	0,81%	4,2	0,57%	99,19%
693,9	16,4	53	685,2	674,5	10,8	1,56%	8,6	1,24%	98,44%
<b>Rendimientos medios</b>						<b>1,14%</b>		<b>0,90%</b>	<b>98,86%</b>

\* El rendimiento esta calculado en base al empacado real.

El rendimiento medio del corte por ultrasonidos realizados a una temperatura inferior a 18 °C es de 98,86%

Se realizaron dos pruebas comparativas en cuanto a técnica de corte manual o por ultrasonidos teniendo en cuenta dos lotes diferentes de producto, lote 6094 (Tabla 2) y lote 6095 (Tabla 3).

Tabla 2: Datos de corte comparativos ultrasonidos – manual en lote 6094.

Observaciones	Peso inicial (g)	T (°C)	Corte transv. (cm)	Peso tras corte transv. (g)	Peso tras corte longitud. (g)	Peso migas (g)	Migas	Peso trozos (g)	Trozos	*Rendimiento
Ultrasonidos	907,4	14,1	55 ml	897,9	890	9,4	1,04%	8	0,88%	98,96%
Corte manual	891,4	13,6	53 ml	s/d	844	42	4,71%	5,4	0,61%	95,29%

Tabla 3: Datos de corte comparativos ultrasonidos – manual en lote 6095.

Observaciones	Peso inicial (g)	T (°C)	Corte transv. (cm)	Peso tras corte transv. (g)	Peso tras corte longitud. (g)	Peso migas (g)	Migas	Peso trozos (g)	Trozos	*Rendimiento
Ultrasonidos	464,2	21,2	53 ml	s/d	456,9	4	0,86%	3,3	0,71%	99,14%
Corte manual	421,2	22,2	53 ml	s/d	396	20	4,75%	5,2	1,23%	95,25%

La mejora en el rendimiento del proceso realizando el corte del producto mediante la técnica de ultrasonidos es de 3,78%.

En contraposición a lo esperado, la influencia de la temperatura tanto en el corte por ultrasonidos como especialmente en el corte manual no resulta un factor determinante en el rendimiento.

### **CALIDAD DE CORTE.**

A continuación se explican los resultados obtenidos en cuanto a calidad de corte para las diferentes técnicas ensayadas.

#### *CORTE MANUAL*

El corte manual se realiza de la forma tradicional mediante cuchillo.



Figura 11. Trozo con corte transversal



Figura 12. Corte longitudinal del trozo



Figura 13. Vista superior del empaque



Figura 14. Vista lateral del empaque

A la vista de los resultados observamos:

- Corte irregular de la superficie del lomo (rotura de las capas de pescado).
- Pieza poco compactada debido a los movimientos de compresión – decompresión del cuchillo.

#### *CORTE POR ULTRASONIDOS*



Figura 15. Trozo con corte transversal



Figura 16. Corte longitudinal del trozo



Figura 17. Vista superior del empaque



Figura 18. Vista lateral del empaque

Mediante este tipo de corte se observa:

- Corte muy homogéneo de la superficie del lomo (menor rotura de las capas de pescado).
- Pieza con sensación de compactación (no se producen movimientos de compresión – decompresión).
- Aspecto industrial de la pieza.

## EMPAQUE FINAL DEL PRODUCTO

A continuación se muestran fotografías correspondientes al empaque final del producto obtenido mediante las dos formas de corte.



Figura 19. Empacado final L-6095 corte manual



Figura 20. Empacado final L-6095 corte manual trasera



Figura 21. Empacado final L-6095 corte manual trasera



Figura 22. Empacado final L-6095 corte ultrasonidos



Figura 23. Empacado final L-6095 corte ultrasonidos trasera



Figura 24. Empacado final L-6095 corte ultrasonidos trasera



Figura 25. Empacado final L-6094 corte ultrasonidos



Figura 26. Empacado final L-6094 corte ultrasonidos trasera



Figura 27. Empacado final L-6094 corte ultrasonidos trasera

A la vista de los resultados de las fotografías se puede decir que la técnica de corte en el lote 6095 no afecta significativamente a la apariencia del empaque final mientras que en el caso del lote 6094 se obtiene una apariencia más industrial (menos recomendable desde el punto de vista del consumidor).

## 5.2 DEFINICIÓN DEL PLIEGO DE CONDICIONES PARA EL CORTE DE LOMOS DE ATÚN POR ULTRASONIDOS

Desde La Gaviota S.L se propusieron dos tipos de maquinaria a fin de conseguir el objetivo buscado de corte longitudinal y transversal del producto.

1.-Prototipo con 2 sonotrodes: un primer prototipo en el que los primeros cortes que se realizan son los transversales del lomo, posteriormente los bloques cortados se giran 90° mediante empujadores neumáticos, pasan por una zona de medición de anchura (la cual determinará la cantidad de cortes longitudinales que se deberán realizar). Por último se procede al segundo corte, obteniendo así los troncos de atún listos para envasar.

2.- Prototipo con 4 sonotrodes: el segundo prototipo funcionaría para los cortes transversales igual que el anterior, pero una vez obtenidos los trozos estos pasarían por otra zona de corte con 3 sonotrodes en sentido longitudinal provistos de desplazamiento lateral.

Los requisitos impuestos por la La Gaviota S.L para el conformado de la máquina de corte por ultrasonidos son los siguientes:

- Debe tener limpieza fácil
- Todas las partes del equipo en contacto con el producto deben ser desmontables y de acero inoxidable
- Debe tener tanto el corte longitudinal del lomo como el transversal
- Debe tener una productividad de 1.500-1.800 lomos/día
- Largo del lomo de 200-500 mm
- Altura de lomo 55-100 mm
- Medidas del primer corte 55, 60, 65, 90 y 160 mm
- N° de cortes transversales; un mínimo de 2 cortes (lomos más pequeños) y unos 5 o 6 (lomos más grandes). Lo más normal sería dar unos 4 cortes a los más grandes y luego si fuese necesario dar más cortes se realizaría por las operarias de envasado.

Con estas propuestas y los requisitos marcados por La Gaviota S.L, la empresa proveedora de la tecnología DIMAQ ha seleccionado para la oferta el primer prototipo (menos sonotrodes y por tanto menor coste) estimando un coste aproximado de entre 170.000 y 260.000€.

El primer prototipo tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- Dimensiones aproximadas de 3500x2200x1800
- Alimentación eléctrica de 400 v 50 hz - 4.5 Kw
- La conexión para el aire comprimido seco es de un diámetro 15/21. Este aire debe alimentarse a 6 bar de presión
- Zonas de corte:
  - Generador 2000 w 20 KHz - Booster Titanio - Sonotrode Titanio 400
  - Movimiento neumático y unidad de guía de precisión
  - Velocidad de descenso y subida regulables.
- Monitor alfanumérico: Memoria 50 programas
- Productividad: 170 / 174 troncos minuto – 10.200 / 10.440 troncos hora
- Temperatura del producto: positivo.

## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la prueba de corte por ultrasonidos en base a los resultados obtenidos son las siguientes:

- Se obtiene una mejora en el rendimiento de producto del 3,78% con respecto a la técnica de corte manual.
- La influencia de la temperatura tanto en el corte por ultrasonidos como especialmente en el corte manual, en contraposición a lo esperado, no resulta un factor determinante en el rendimiento.
- Mediante la técnica de corte por ultrasonidos se obtiene un corte muy limpio que hace que los trozos cortados presenten mejor consistencia que el corte manual. Esto es debido a que en este último se provoca un movimiento de compactación - descompactación con el cuchillo que origina mayor desmigado en la pieza cortada.
- Como puntos débiles se puede decir que el corte tiene un aspecto más industrial, que en el caso de conservas de vidrio puede dar un aspecto menos "tradicional". Una solución a esta problemática podría ser una modificación de la técnica de envasado. Se podría colocar hacia fuera la cara del lomo sin corte por ultrasonidos, en contraposición a la técnica tradicional en la que el corte que se coloca hacia fuera es el manual.
- Al ser un corte tan homogéneo habría que estudiar si tiene implicaciones en las operaciones posteriores de llenado y empape con el aceite y tratamiento térmico.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía utilizada para realizar este informe es la consulta de las siguientes páginas web:

- <http://www.ultrasonic-eng.co.uk/cake-cutting-equipment.htm>
- <http://www.cad-technology.com/Cutuk.htm>
- [http://www.mecaprocess01.fr/GB/liens\\_gb.htm](http://www.mecaprocess01.fr/GB/liens_gb.htm)
- [http://www.suhr.dk/ultrasonicstripcuttingmachines\\_factsheet.html](http://www.suhr.dk/ultrasonicstripcuttingmachines_factsheet.html)
- <http://www.activeultrasonics.com/Applications/Cutting.htm>