

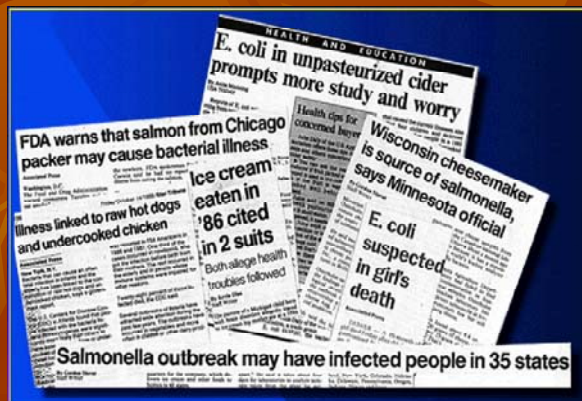
Sensores Electrónicos Aplicados a la Industria Alimentaria

J. Salazar, J. García-Álvarez, J.A. Chávez,
A. Turó, M.J. García-Hernández
Grupo Sistemas Sensores
Departamento de Ingeniería Electrónica
E. T. S. de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona



¿Por qué? (I)

- Necesidad de asegurar la seguridad y la calidad en toda la cadena de producción



ALARMA
SOCIAL

Aumento de la conciencia pública a raíz de las últimas crisis alimentarias

¿Por qué? (II)

- **Aumentar la eficiencia productiva y mejorar la competitividad de las empresas**

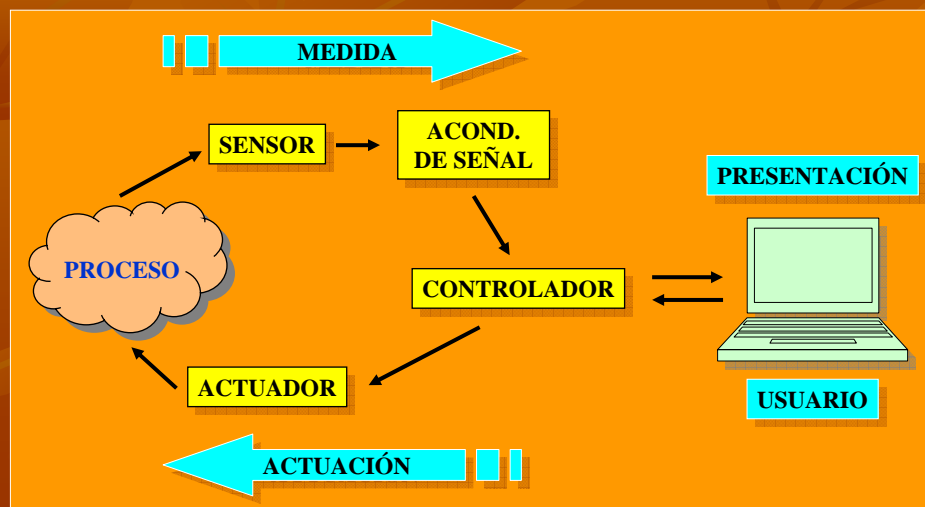
- **Solución actual**

- Análisis realizados en laboratorios (costosos y lentos)
- Intervención del experto humano (subjetividad)
- Métodos destructivos y no masivos

- **Alternativa**

- Sistemas/sensores con respuesta rápida y bajo coste (monitorización *on-line*)
- Funcionamiento autónomo, sin la intervención del hombre (objetividad y repetibilidad)
- Métodos no destructivos y soluciones bien extendidas

Diagrama del control de proceso



Algunos ejemplos

- Métodos de análisis, detección y control mediante tecnologías inocuas
 - Infrarrojos
 - Ultrasonidos
 - Inducción magnética

Uso de nuevas tecnologías



Infrarrojos

Grupo Sistemas Sensores

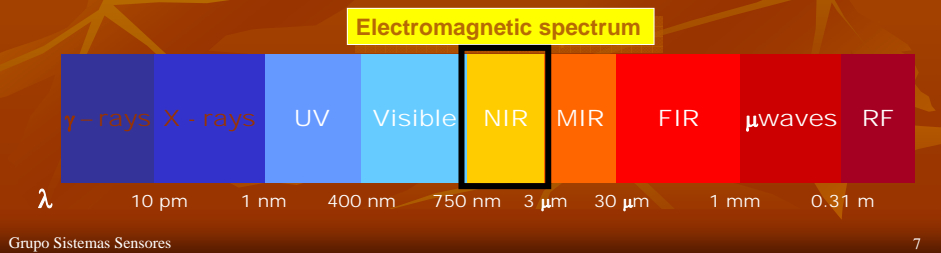
Departamento de Ingeniería Electrónica
E.T.S. Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona



Infrarrojos

Ondas electromagnéticas

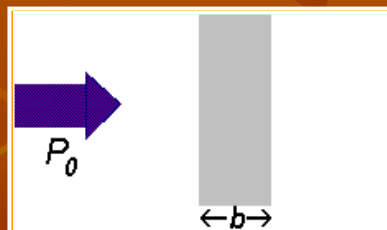
- La luz infrarroja es una parte del espectro de radiación electromagnético.
- La frecuencia de las ondas en la región del infrarrojo está entre 10^{13} y 10^{14} Hz.
- En la espectroscopía por infrarrojo cercano (Near InfraRed spectroscopy) se trabaja en la región específica de 0,75 a $3 \mu\text{m}$ de longitud de onda.



Infrarrojos

Teoría de la absorción de infrarrojos

- La cantidad de radiación absorbida puede medirse de diferentes formas:



Transmittance

$$T = P / P_0$$

$$\%T = 100 T$$

Absorbance

$$A = \log P_0 / P$$

$$A = \log 1 / T = -\log T$$

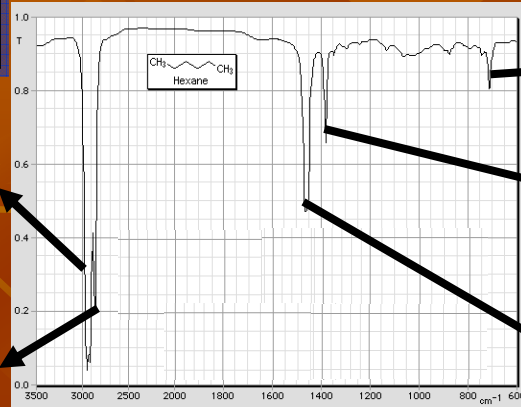
$$A = \log 100 / \%T$$

$$A = 2 - \log \%T$$

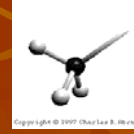
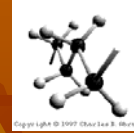
Infrarrojos

Interpretación del espectro de absorción del infrarrojo

Cambio de la distancia interatómica a lo largo del eje de un enlace



Cambio en el ángulo entre dos enlaces



Infrarrojos

Aplicaciones en la industria alimentaria

- Aperitivos (basados en maíz, patata, ...)
- Leche y derivados (leche, lacto sérum, lactosa, etc.)
- Café
- Polvos de patata
- Chocolate
- Coco
- Cereales
- Levadura
- Alimentos deshidratados
- Frutos secos
- Malta
- Almidón
- Queso
- Soja
- Azúcar
- Sal
- Hierbas y especias
- Bebidas instantáneas
- Productos de confitería
- Harina
- Galletas
- Granos
- Pan
- Pasta
- Manteca de cacao
- Productos de maíz
- Arroz
- Ingredientes de alimentos



Proyecto Olicematic

System for the measurement of moisture and fat in the production of olive oil using NIR spectroscopy

(financiado por el VII Programa Marco de la UE)

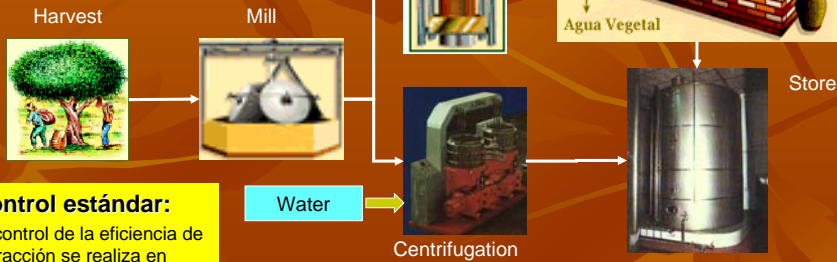
Objetivos del proyecto

- Desarrollo de un sistema de medida que, por medio de IRLEDs a longitudes de onda específicas, permita la medida on-line del contenido de humedad y grasa durante el proceso de producción de aceite de oliva.
- Se optimizará el proceso de extracción de aceite de oliva gracias a la inclusión de modelos de control predictivos.

Descripción del proceso

Composición de una aceituna:

- Grasa: 18% - 32%
- Agua vegetal: 40% - 55%
- Hueso y piel: 25% - 35%.

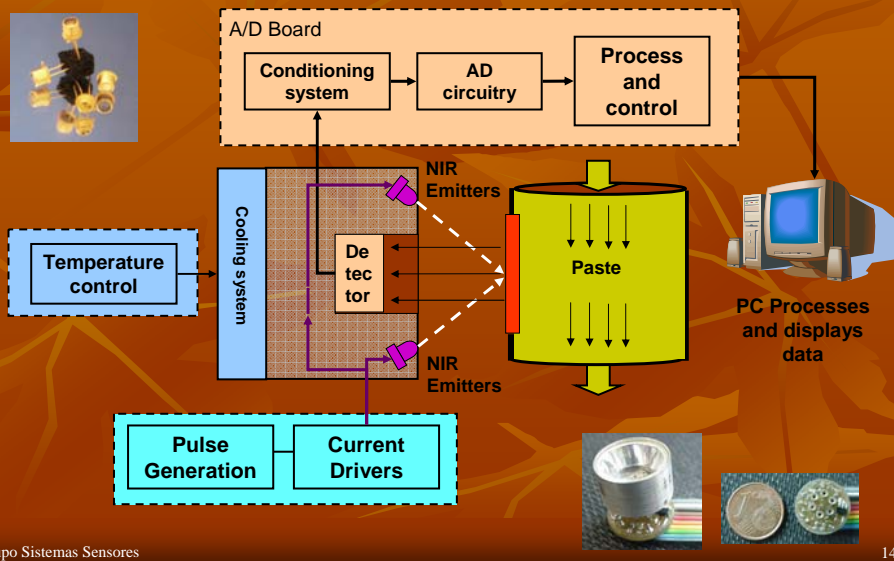


Control estándar:
El control de la eficiencia de extracción se realiza en laboratorios externos.

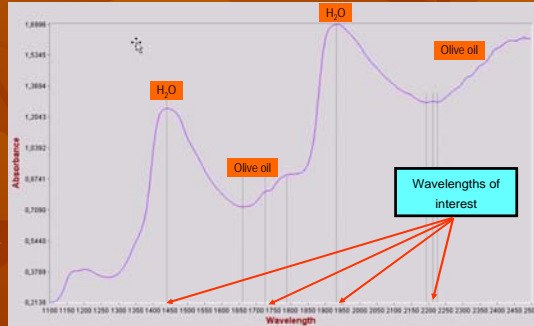
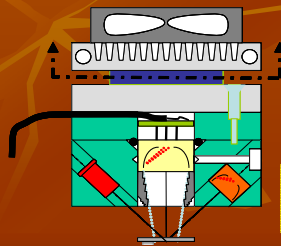
El proceso no puede ser optimizado instantáneamente !!!

Equipo de extracción:
El control de operación es, generalmente, llevado a cabo manualmente por un operario experto.

Diagrama de bloques del sistema



Espectro continuo del alpeorujo obtenido con un NIR on-line



Near Infrared Spectra of an olive pomace

Diffuse Reflectance Near Infrared Sensor



Ultrasonidos

Grupo Sistemas Sensores

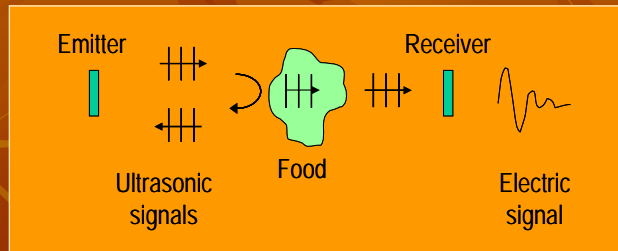
Departamento de Ingeniería Electrónica
E.T.S. Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona



Ultrasonidos

Sensor ultrasónico para la detección de la calidad de alimentos

- Dispositivo que responde a determinadas propiedades de los alimentos y transforma las respuestas en una señal eléctrica.



La señal eléctrica puede dar directamente la información sobre los factores de calidad o bien puede tener relación con estos factores

Ultrasonidos

Aplicaciones de ultrasonidos de baja intensidad

- Medida de concentraciones
- Determinación de composición de sólidos
- Espumas y compuestos
- Geles
- Huevos
- Dispersión en sólidos
- Carne
- Leche y derivados
- Vegetales y frutas
- Medida de niveles
- Medida de caudal
- Medida de temperatura
- Detección de cuerpos extraños
- Determinación de solubilidad
-



Proyecto Rheodough

Development of an on-line ultrasonic rheological sensor for non-invasive and non-destructive evaluation of dough

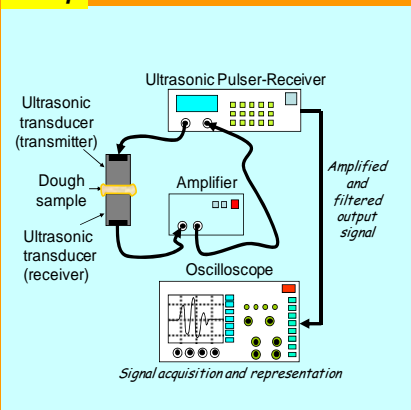
(financiado por el V Programa Marco de la UE)

Objetivos del proyecto

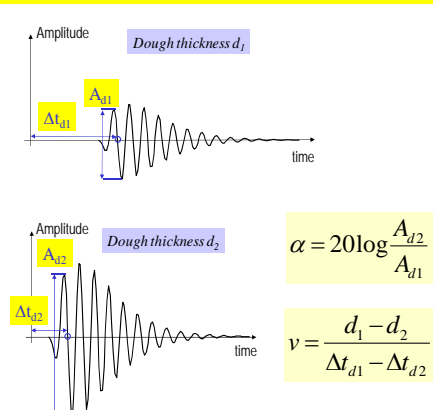
- Desarrollo de un equipo de medida basado en ultrasonidos para:
 - Detección rápida de defectos en harinas (Harineras).
 - Detección de masas de baja calidad, permitiendo mejorar las reacciones a fallos y la corrección de los procesos de producción (Panificadoras).
- Reducir hasta un 80% las masas de desecho.
- Eliminar la necesidad de operarios expertos en inspección manual.

Medida de masas de pan Método Through-transmission

Set-up



Attenuation and velocity determination



Equipo de medida desarrollado bajo el proyecto Rheodough



Display

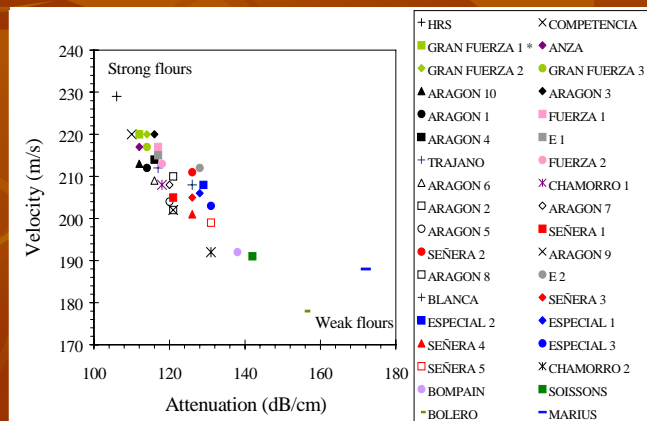
Luminous indicators



Ultrasonic transducers

Resultados experimentales

- Calidad de la harina utilizando un conjunto de harinas amasadas mediante el Alveógrafo



Los ultrasonidos son sensibles a las propiedades de la harina utilizada

La relación atenuación/velocidad puede ser utilizada como un indicador de la calidad de la masa



Proyecto Viscotul

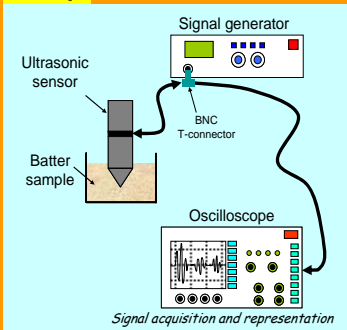
Caracterización de estructuras viscoelásticas mediante técnicas no destructivas basadas en ultrasonidos
(financiado por el Plan Nacional I+D+i)

Objetivos del proyecto

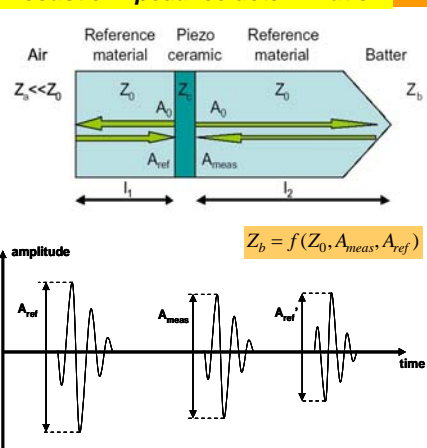
- Desarrollo de un sensor basado en la medida on-line de la impedancia acústica para la caracterización de batidos.
- Mejorar la competitividad de la industria.
- Eliminar los controles off-line.
- Reducir los batidos de desecho.

Medida de batidos Método de reflexión

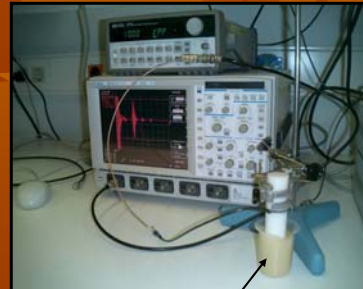
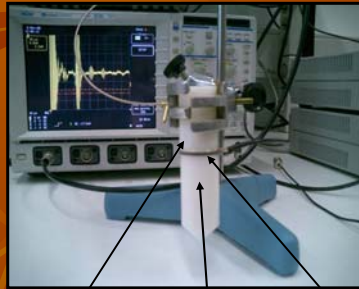
Set-up



Acoustic impedance determination



Sensor ultrasónico para caracterización de batidos



Back buffer rod

Front buffer rod

Piezoelectric ceramic

Batter sample

La impedancia acústica del batido se determina midiendo la amplitud de las señales eco recibidas por el sensor.

Resultados experimentales (I)

- Principales correlaciones entre propiedades físicas del batido y la impedancia acústica

	Viscosity (a)	Viscosity (b)	G'	G''	G*	Zbat
Density	0.50**	-0.38	0.54**	0.39*	0.48*	0.25
Viscosity (a)		-0.46*	0.95***	0.93***	0.97***	0.53**
Viscosity (b)			-0.57**	-0.21	-0.40*	0.27
G'				0.88***	0.97***	0.36
G''					0.97***	0.66***
G*						0.53**

Conjunto de 27 batidos preparado con diferente contenido de azúcar, aceite y huevo.

- Tradicionalmente, densidad y viscosidad son utilizados para predecir la incorporación de aire durante el amasado, el cual está relacionado con la calidad del bizcocho.
- Medidas reológicas (G', G'' & G*) altamente correladas con la viscosidad.
- Impedancia acústica significativamente correlada con la viscosidad, G'' y G*.

Resultados experimentales (II)

- Correlación entre propiedades físicas del batido y del bizcocho (*layer cake type*)

	Cake Volume	Cake Density	Volume Index	Cake Symmetry	Central Height
Batter density	0.49*	-0.46*	0.25	0.34	0.31
Visc (a)	0.14	-0.08	-0.1	-0.2	-0.17
Visc (b)	-0.51**	0.51**	-0.51**	-0.55**	-0.56**
G'	0.27	-0.22	0.06	0.05	0.06
G''	-0.04	0.11	-0.32	-0.39*	-0.38*
G*	0.12	-0.06	-0.13	-0.17	-0.16
Acoustic Impedance	-0.45*	0.53**	-0.77***	-0.74***	-0.79***

- La impedancia acústica del batido correla con parámetros de calidad del bizcocho incluso mejor que los parámetros convencionales.
- Estas correlaciones estadísticamente significativas son debidas a la capacidad de la impedancia acústica de detectar pequeñas incorporaciones de aire durante el amasado del batido.



Inducción magnética

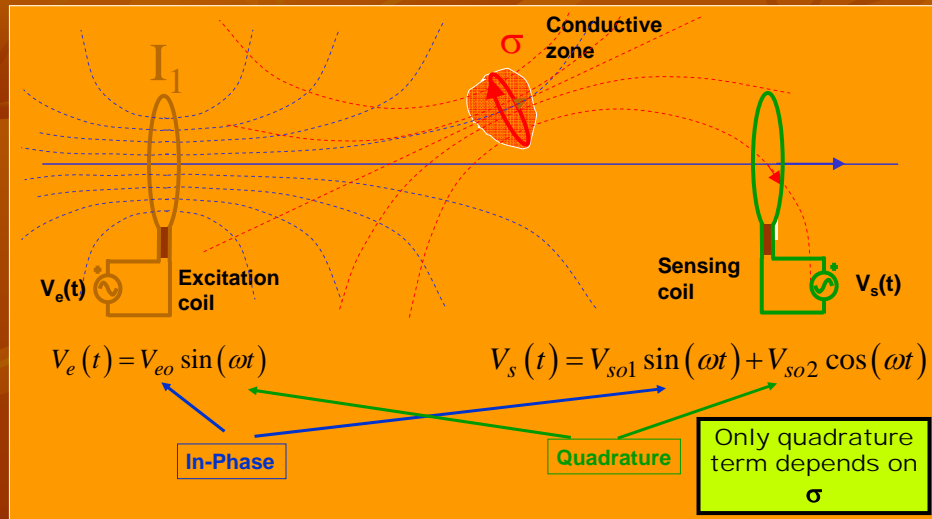
Grupo Sistemas Sensores

Departamento de Ingeniería Electrónica
E.T.S. Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona



Inducción Magnética

Medida de la conductancia eléctrica



Proyecto Meatgrading

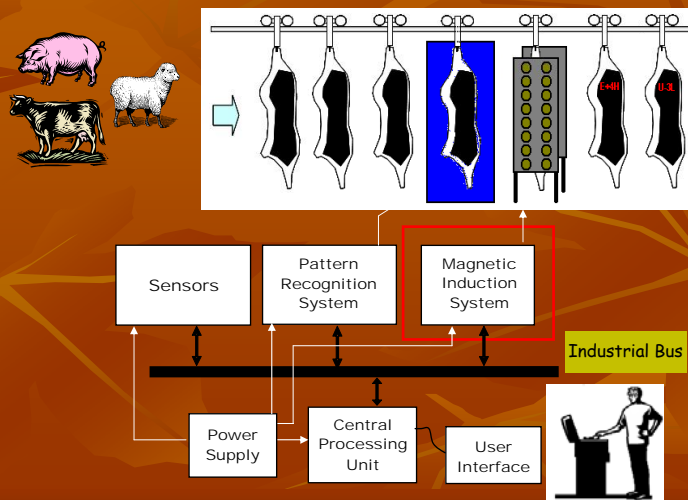
Automatic non-invasive system for EUROP carcass grading of swine, beef and lamb using cross sectional electrical conductivity

(financiado por el VI Programa Marco de la UE)

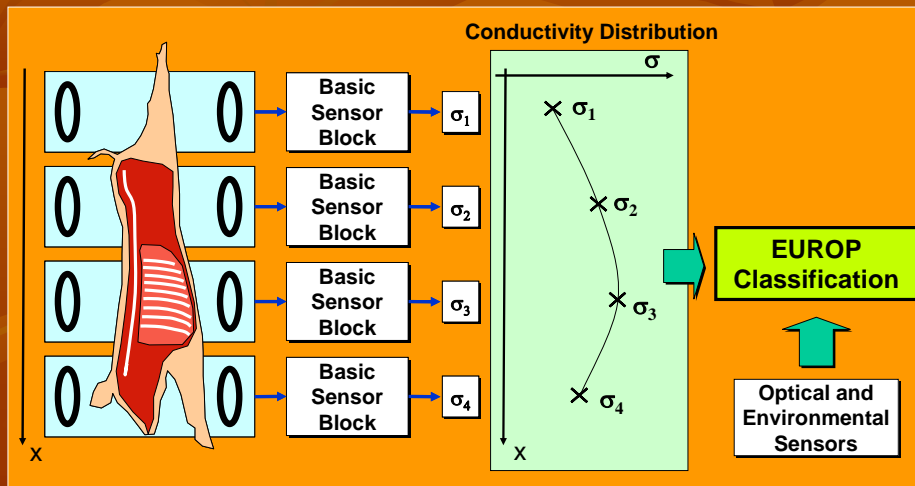
Objetivos del proyecto

- Desarrollo de un sistema de bajo coste que pueda determinar la forma de la carcasa y proporcione una clasificación objetiva y automática de las carcasas según el estándar EUROP.
- Determinar las especificaciones de la carcasa.
- Mejorar la competitividad de la industria.
- Eliminar la clasificación basada en criterios subjetivos.

Concepto Global de Diseño



Diseño del Sistema Perfil de Conductividad



Grupo Sistemas Sensores

35

Resultados experimentales (I)

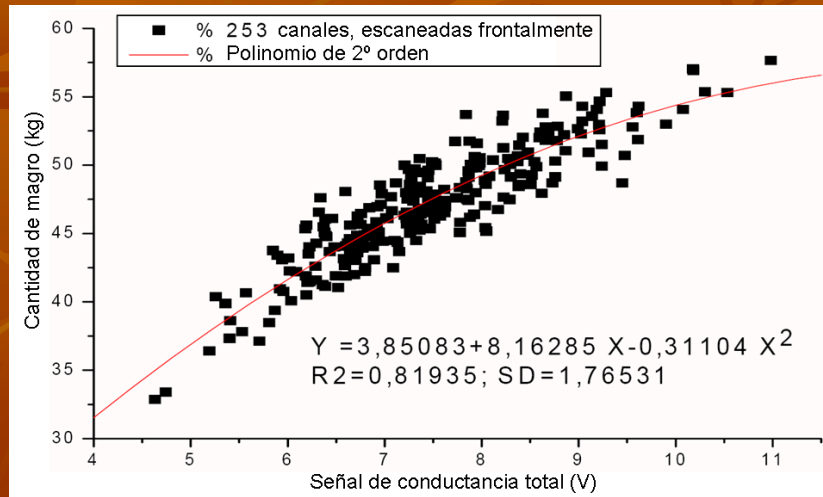
- Prototipo desarrollado



Grupo Sistemas Sensores

36

Resultados experimentales (II)

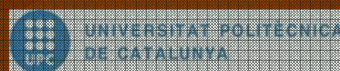


Grupo Sistemas Sensores

37



**Sensores Electrónicos Aplicados
a la Industria Alimentaria**



**Gracias por su
atención**