

# PRESENTACIÓN DE DEFENSA DE LA TESIS

"Medición de los signos vitales de ganado con un sistema radar FMCW de dos canales y una frecuencia de operación de 94 GHz"

---

Tesista:  
Pablo Ernesto Galleguillos Loza

# Índice I

---

1. Problema, tarea y objetivo
2. Fundamentos
  - 2.1. Fundamentos médicos
    - 2.1.1. Anatomía y funcionamiento del corazón
    - 2.1.2. Respiración y movimiento respiratorio
  - 2.2. Fundamentos del radar
    - 2.2.1. El sistema radar
    - 2.2.2. El principio de medición de dos canales
    - 2.2.3. La modulación FMCW
3. Medición de los parámetros vitales basada en el movimiento fisiológico del cuerpo

# Índice II

---

- 4. Rediseño del sistema
  - 4.1. Determinación de la posición
  - 4.2. Determinación de los signos vitales
- 5. Medición en el establo experimental
- 6. Optimización del algoritmo
  - 6.1. Optimización de la determinación de la posición
  - 6.2. Optimización de la determinación de los signos vitales
- 7. Conclusión y perspectiva

# 1. Problema, tarea y objetivo

---

# 1. Problema, tarea y objetivo

---

## **Problema**

No hay una evaluación "objetiva" del estado de salud del animal

## **Tarea**

1. Rediseño del sistema para la medición de los signos vitales
2. Realizar la medición de los signos vitales en el animal de granja
3. Rediseñar el sistema según las adaptaciones necesarias

## **Objetivo**

Un primer paso para medir los signos vitales de los animales de granja, con la ayuda de un sistema radar

# 2. Fundamentos

---

## 2.1. FUNDAMENTOS MÉDICOS

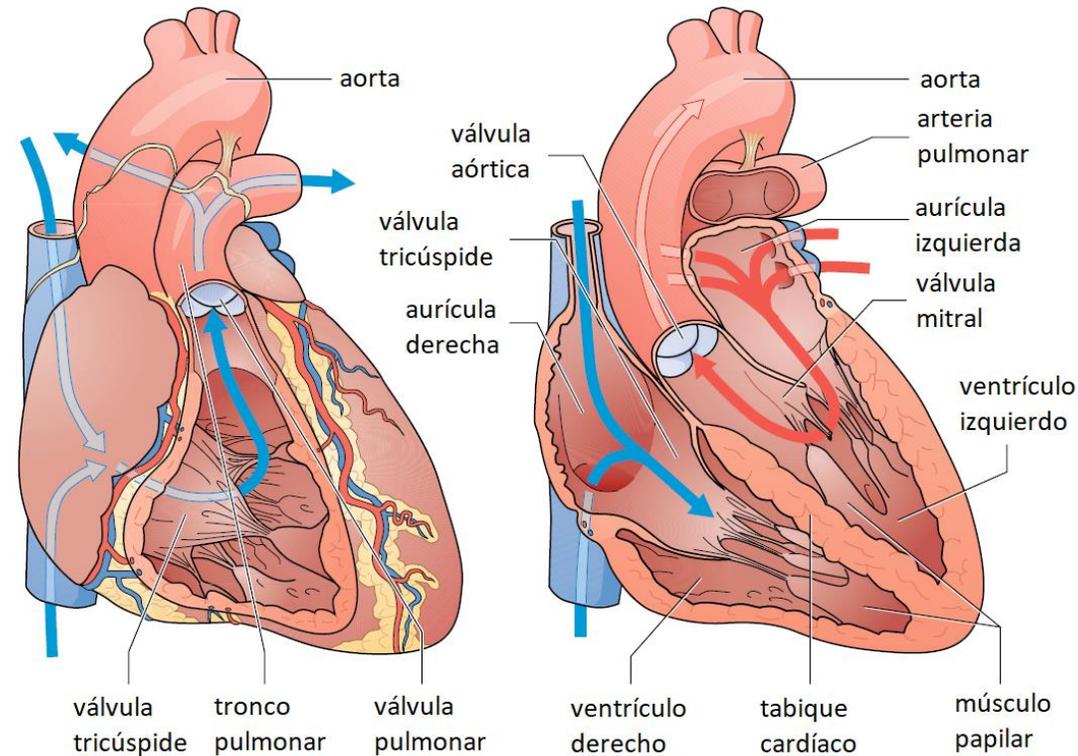
- 2.1.1. Anatomía y funcionamiento del corazón
- 2.1.2. Respiración y movimiento respiratorio

## 2.2. FUNDAMENTOS DEL RADAR

- 2.2.1. El sistema radar
- 2.2.2. El principio de medición de dos canales
- 2.2.3. La modulación FMCW

# 2.1. Fundamentos médicos

## 2.1.1. Anatomía y funcionamiento del corazón

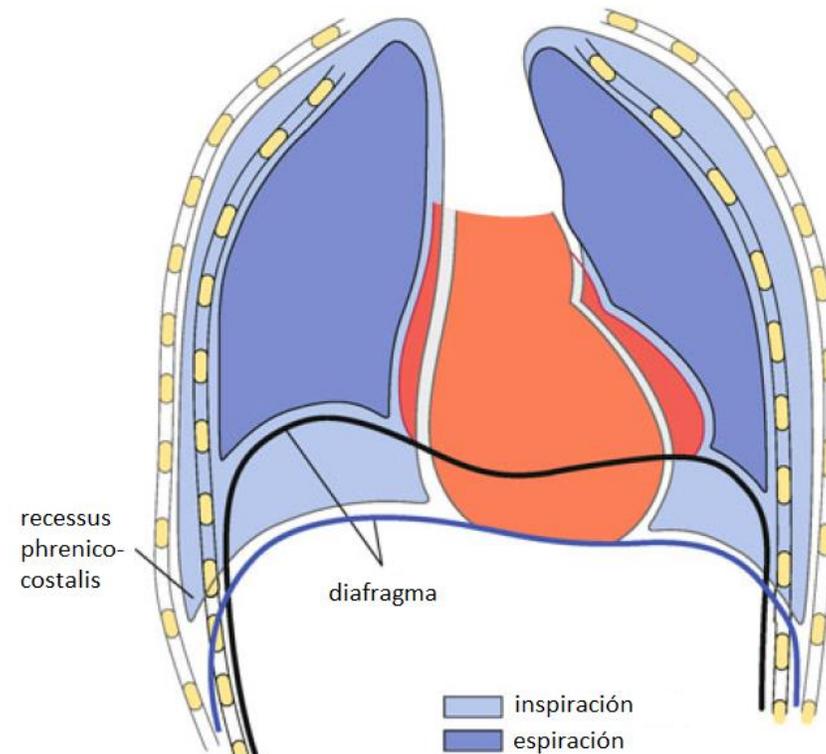


Origen: Faller, Adolf; Schnücke, Michael: Der Körper des Menschen: Einführung in Bau und Funktion. Georg Thieme Verlag, Stuttgart and New York, 17., überarbeitete Auflage edition, 2016.

## 2.1. Fundamentos médicos

### 2.1.2. Respiración y movimiento respiratorio

---



Origen: Heckmann, Manfred; Lang, Florian; Schmidt, Robert F.: Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie : mit Online-Repetitorium. Springer, Berlin, Sonderausgabe der 31. Auflage edition, 2017

# 2.2. Fundamentos del radar

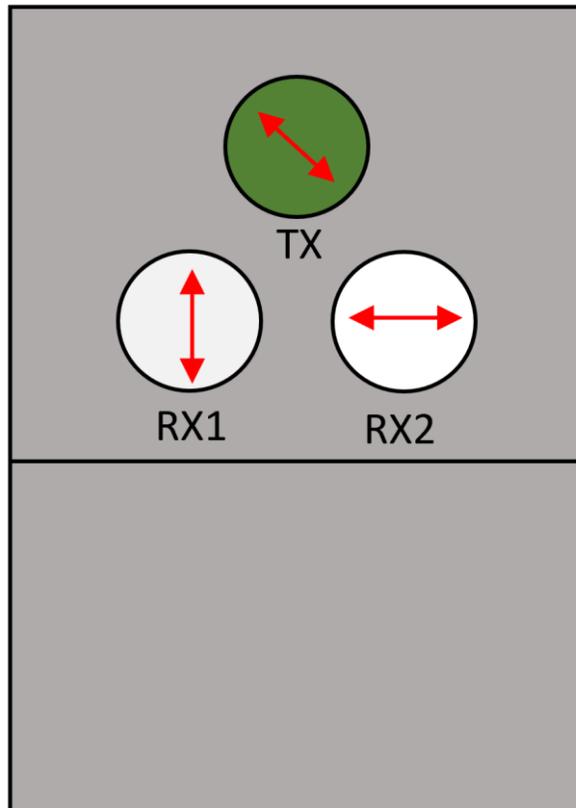
## 2.2.1. El sistema radar

---



## 2.2. Fundamentos del radar

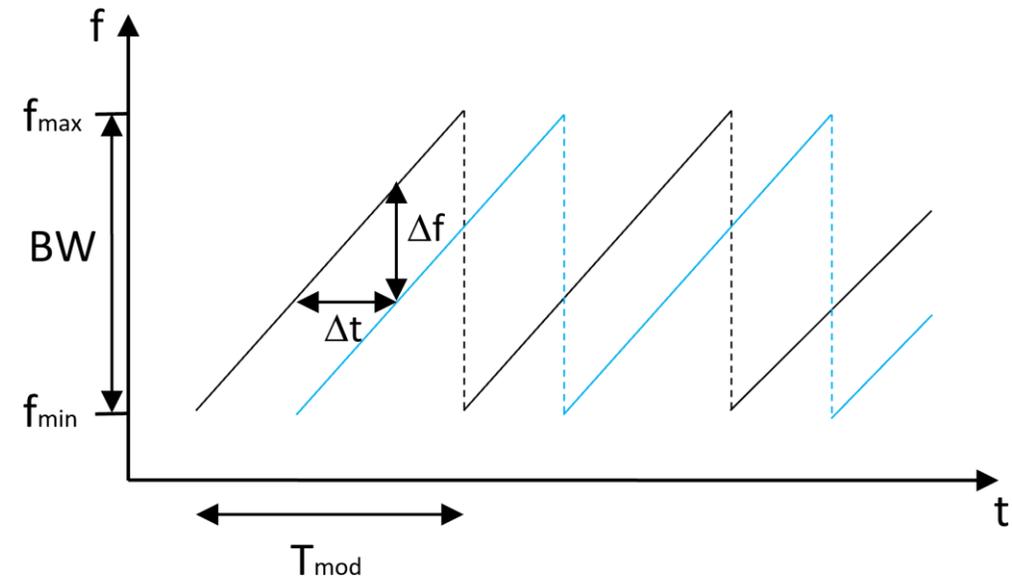
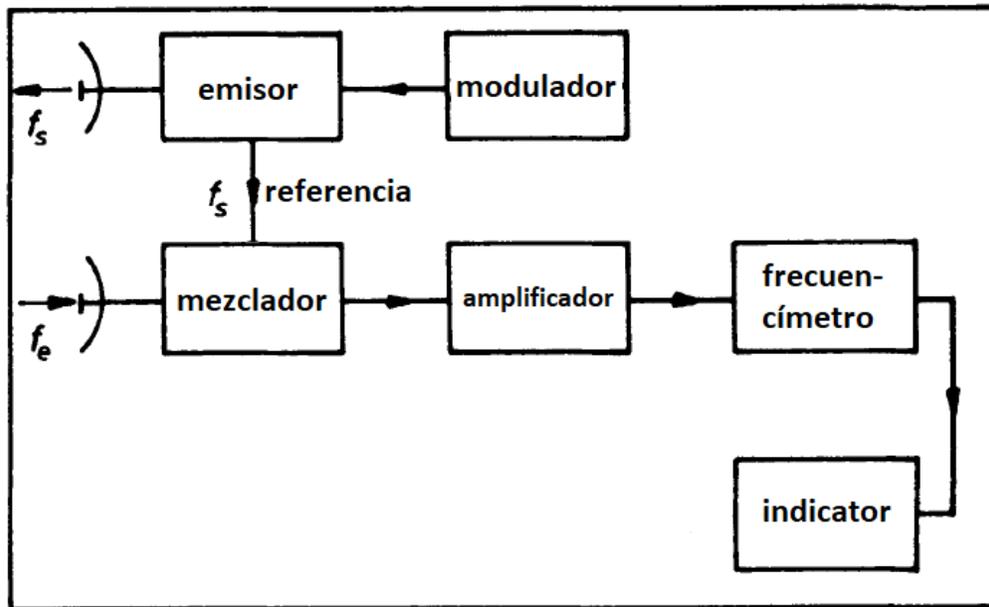
### 2.2.2. El principio de medición de dos canales



- Transmisor, TX: Dirección de polarización diagonal
- Receptor
  - RX1: Dirección de polarización vertical
  - RX2: Dirección de polarización horizontal

## 2.2. Fundamentos del radar

### 2.2.3. La modulación FMCW

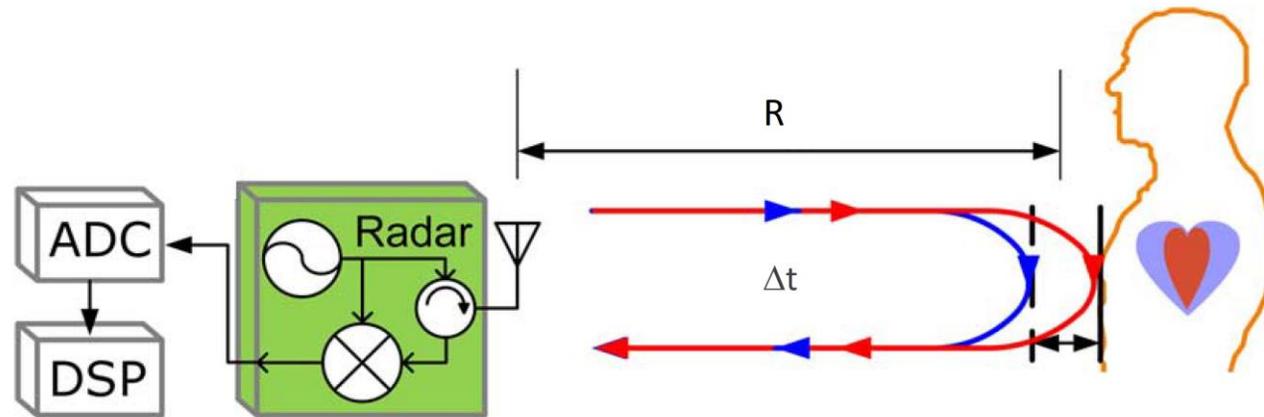


Origen: Baur, Erwin: Einführung in die Radartechnik. Teubner Studienskripten Elektrotechnik. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 1985.

### 3. Medición de los parámetros vitales basada en el movimiento fisiológico del cuerpo

---

### 3. Medición de los parámetros vitales basada en el movimiento fisiológico del cuerpo

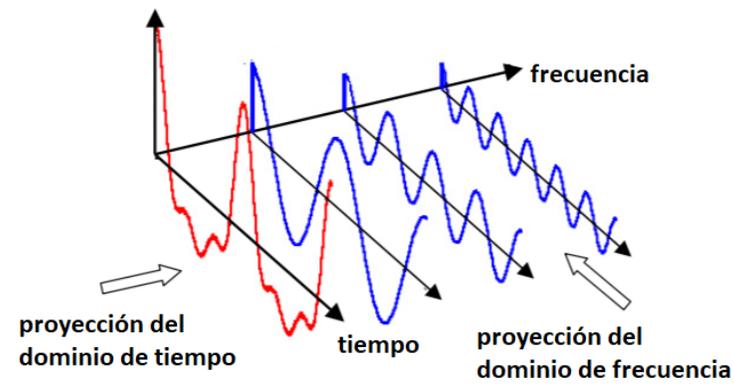


Origen: Changzhi Li, *Member, IEEE*, Victor M. Lubecke, *Senior Member, IEEE*, Olga Boric-Lubecke, *Senior Member, IEEE*, and Jenshan Lin, *Fellow, IEEE*, "A Review on Recent Advances in Doppler Radar Sensors for Noncontact Healthcare Monitoring", *IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES*, VOL. 61, NO. 5, mayo 2013

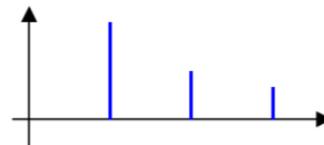
$$R = \frac{c \cdot \Delta t}{2} \quad \text{con} \quad \frac{\Delta f}{\Delta t} = \frac{BW}{T_{mod}} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{c \cdot \Delta f}{2 \cdot \frac{BW}{T_{mod}}}$$

# 3. Medición de los parámetros vitales basada en el movimiento fisiológico del cuerpo

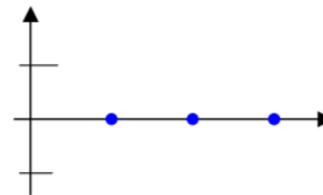
## Espectro de amplitud y de fase



⇒ espectro de amplitud



⇒ espectro de fase



Origen: Prof. Dr. Maier, Josef: , Instrumentelle Analytik: Spektrum Fouriertransformation

# 4. Rediseño del sistema

---

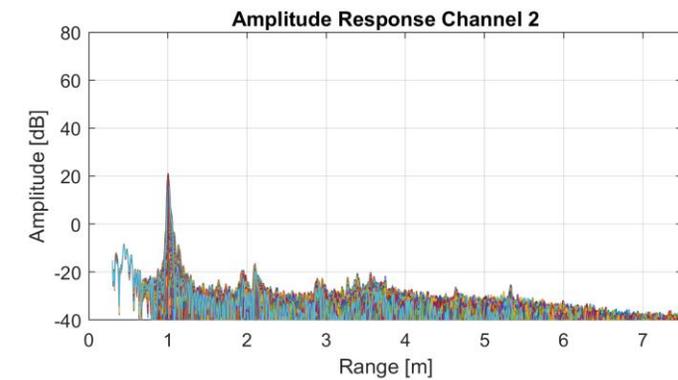
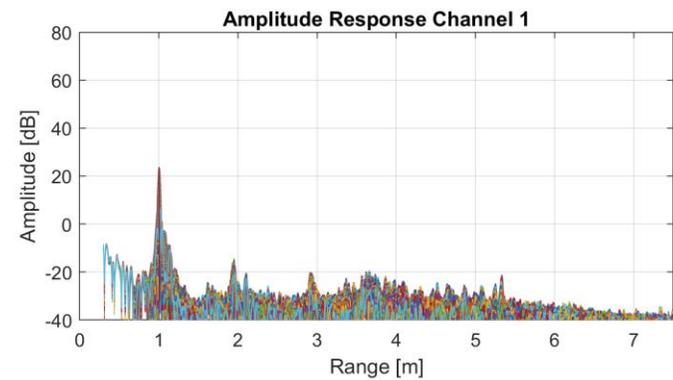
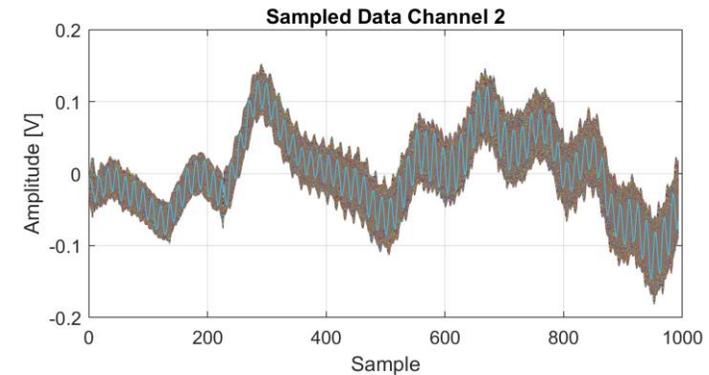
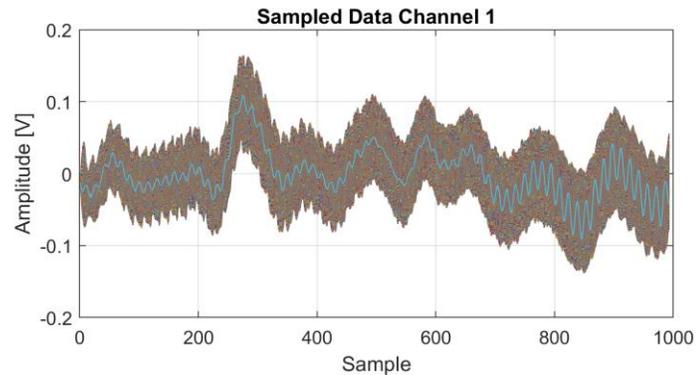
4.1. DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS SIGNOS VITALES

# 4. Rediseño del sistema

## 4.1. Determinación de la posición

### Algoritmo original

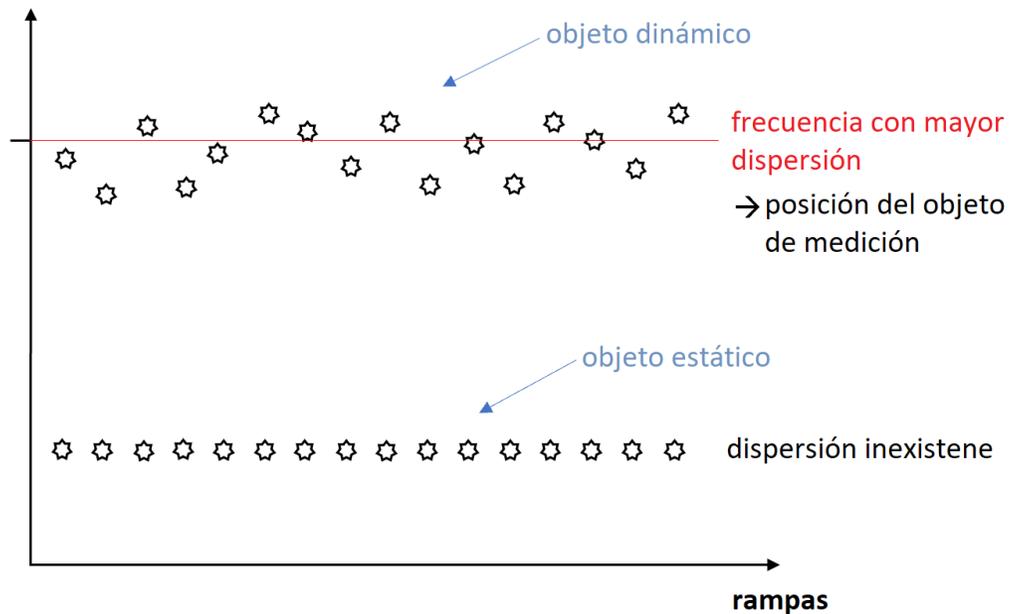


# 4. Rediseño del sistema

## 4.1. Determinación de la posición

### Determinación de la posición mediante la varianza

espectro de frecuencias complejas



**Ventaja:** Distinción entre objetivos estáticos y dinámicos

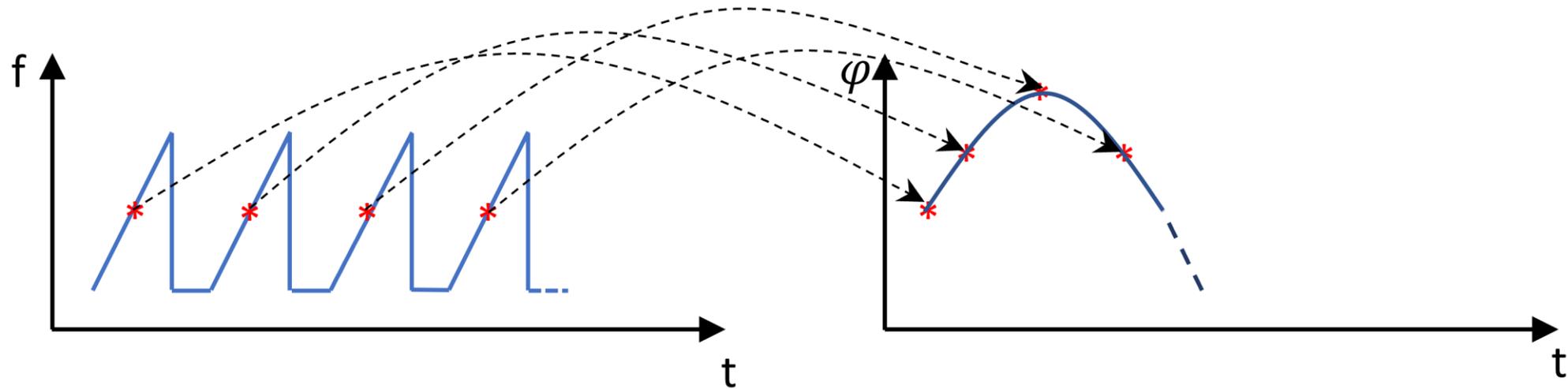
→ Ya no se toma más en cuenta los reflejos de los objetos estáticos

**Desventaja:** Se determina solo una posición para todo el tiempo de medición

# 4. Rediseño del sistema

## 4.2. Determinación de los signos vitales

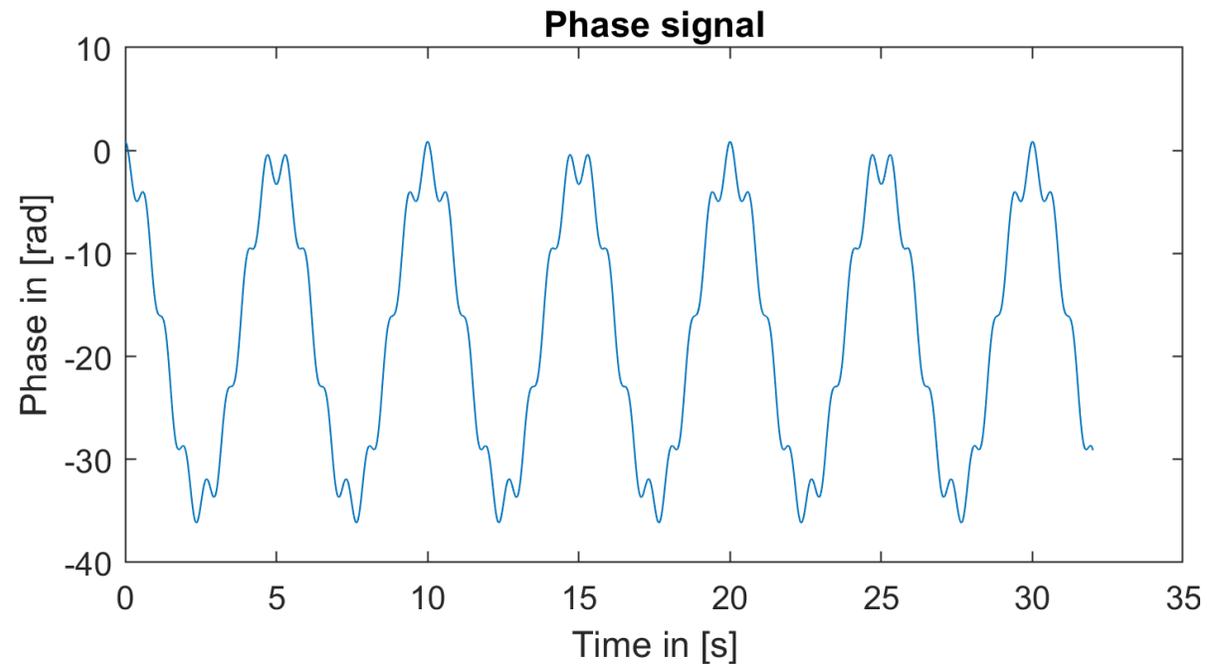
Determinación y union de los valores de fase



# 4. Rediseño del sistema

## 4.2. Determinación de los signos vitales

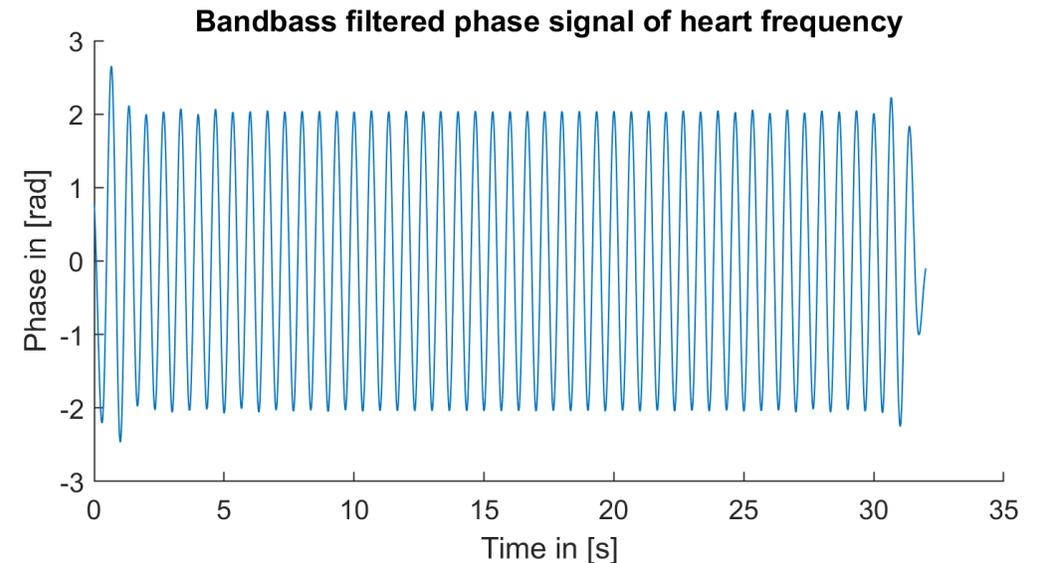
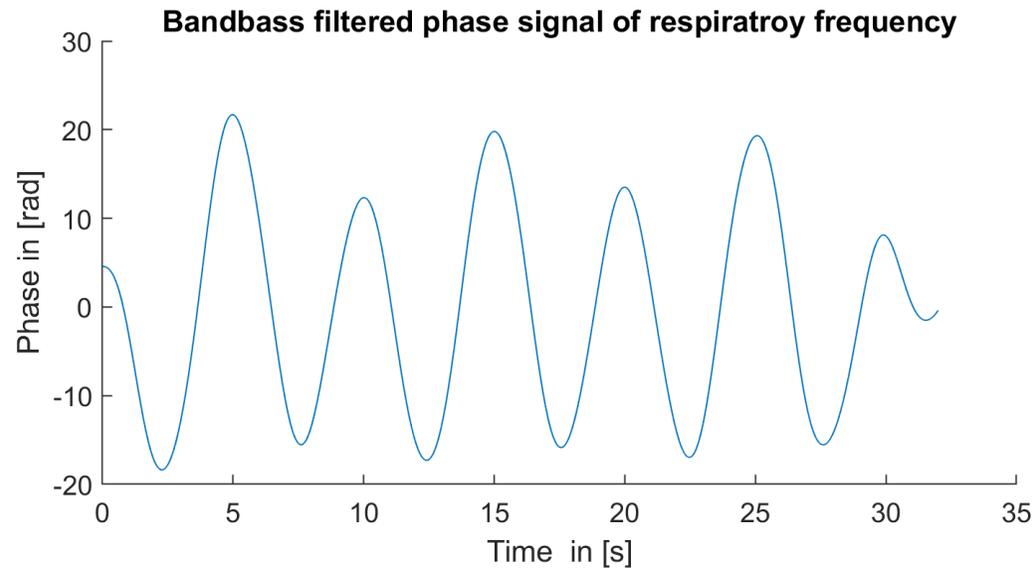
Simulación de los signos vitales



# 4. Rediseño del sistema

## 4.2. Determinación de los signos vitales

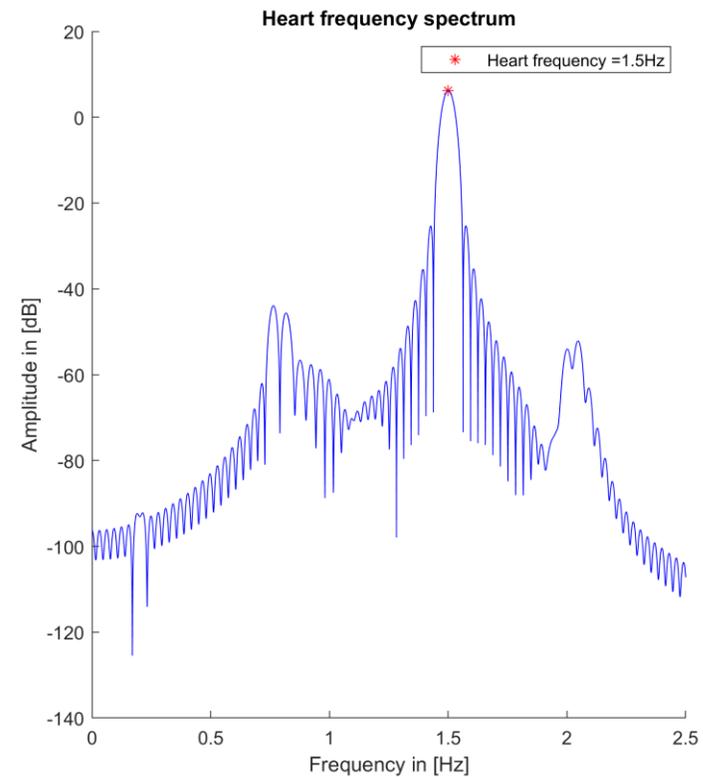
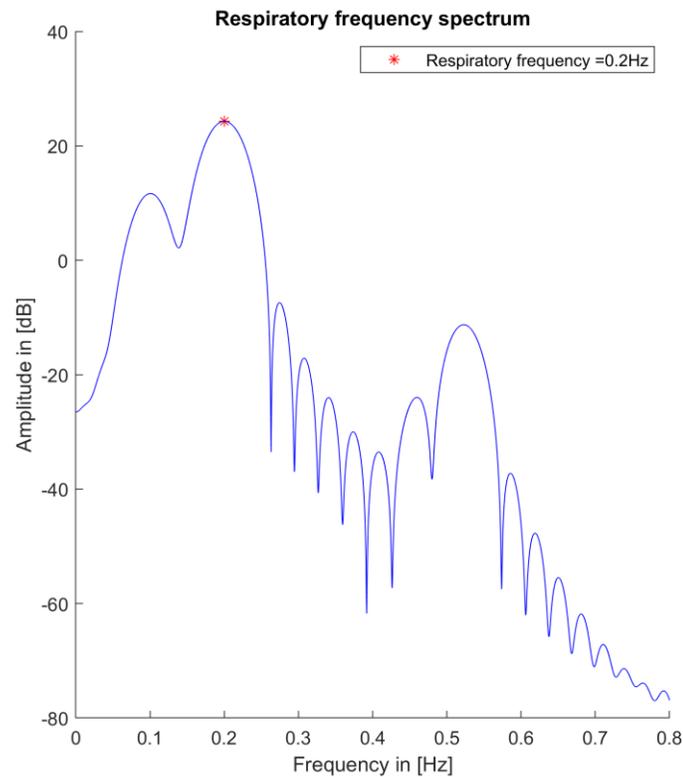
### Filtrado de paso de banda



# 4. Rediseño del sistema

## 4.2. Determinación de los signos vitales

### Determinación de los parámetros vitales en el espectro de amplitud



## 4. Rediseño del sistema

### 4.2. Determinación de los signos vitales

---

#### Algoritmo

1. Determinar la posición del objeto de medición
2. Determinar los valores de fase en la posición del objeto de medición y unirlos a una señal
3. Filtrar con paso de banda la señal de fase compuesta, según las frecuencias correspondientes de la respiración y del latido de corazón
4. Determinar de la señal de fase filtrada en paso de banda las frecuencias de los signos vitales en el espectro de amplitud

# 5. Medición en el establo experimental

---

# 5. Medición en el establo experimental

---

**Ambiente de medición: “Frankenforst”**



# 5. Medición en el establo experimental

---

**Objeto de medición:** 3 vacas en diferentes fases de gestación

- Vaca no preñada
- Vaca preñada en el 4º mes de gestación
- Vaca preñada en el 8º mes de gestación

# 5. Medición en el establo experimental

---

## **Serie de medición:**

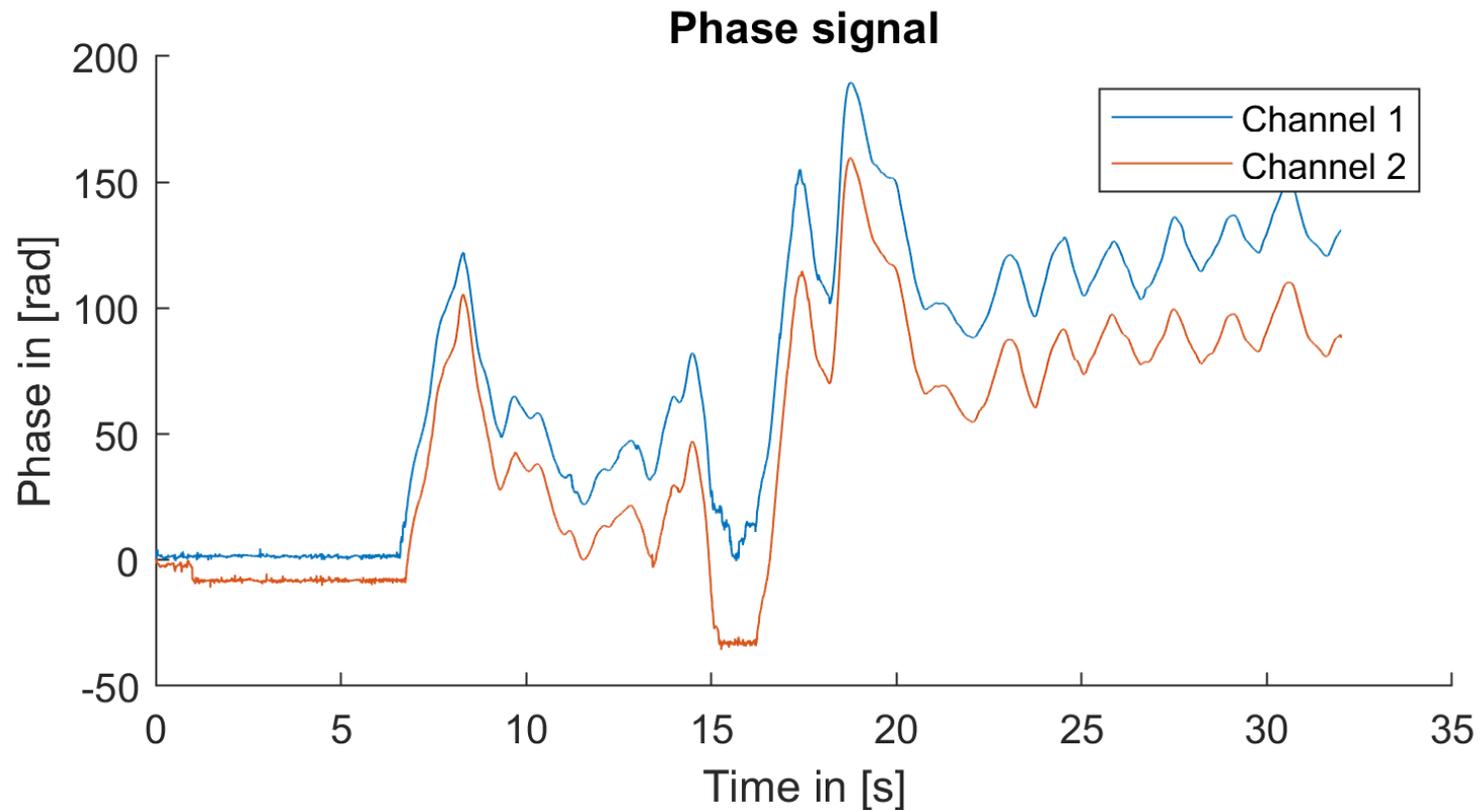
- 2 posiciones de radar por vaca
- 3 mediciones por posición de radar, durante un periodo de medio minuto cada una
- Un total de 18 mediciones

## **Herramientas de verificación:**

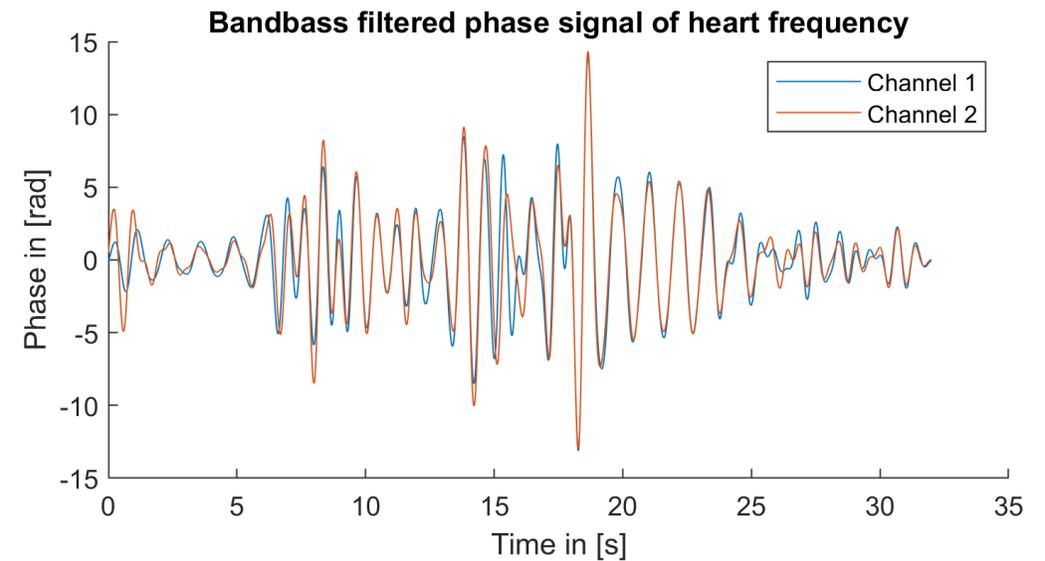
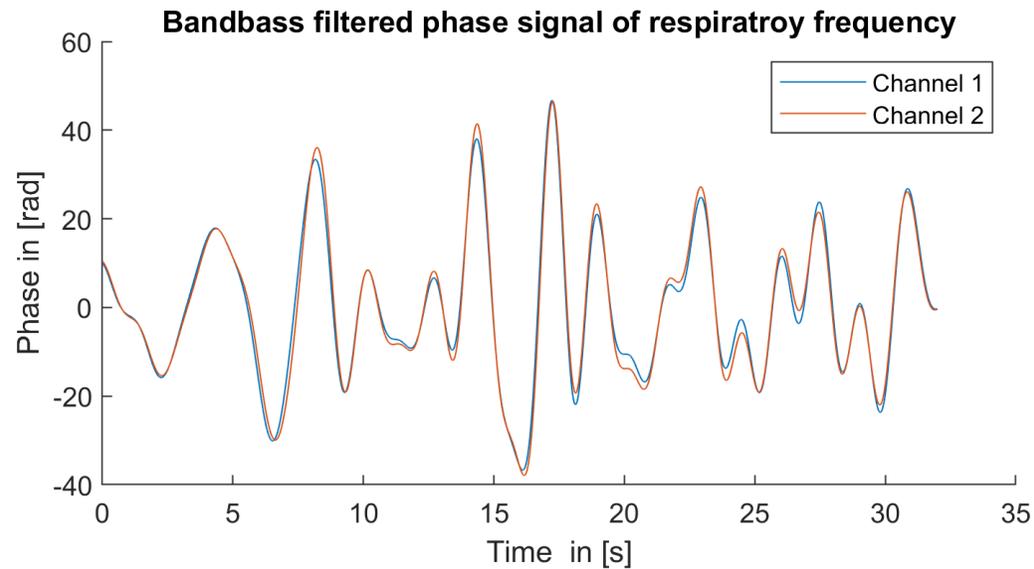
1. Conformidad de los dos canales
2. Concordancia entre las mediciones
3. Medición de referencia del veterinario

# 5. Medición en el establo experimental

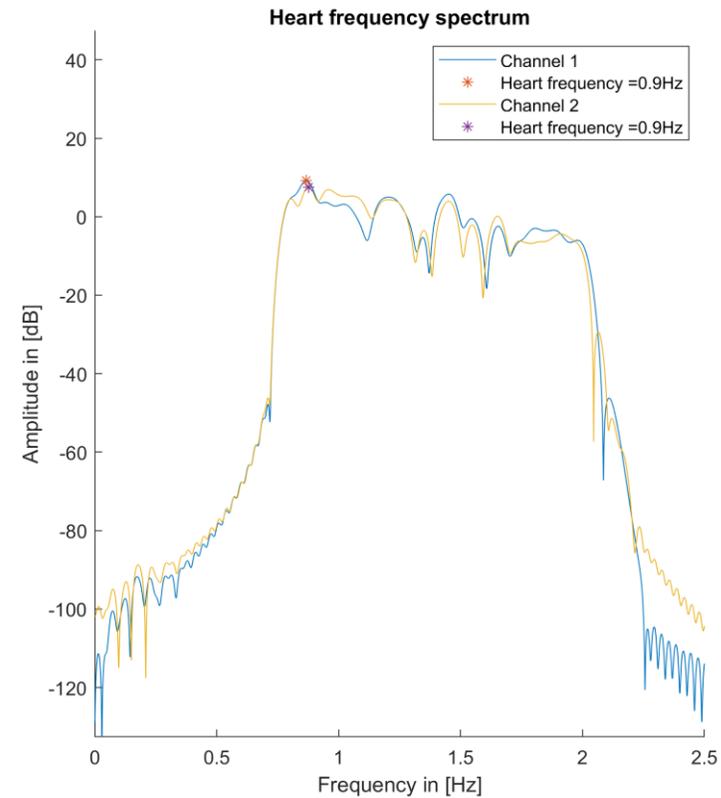
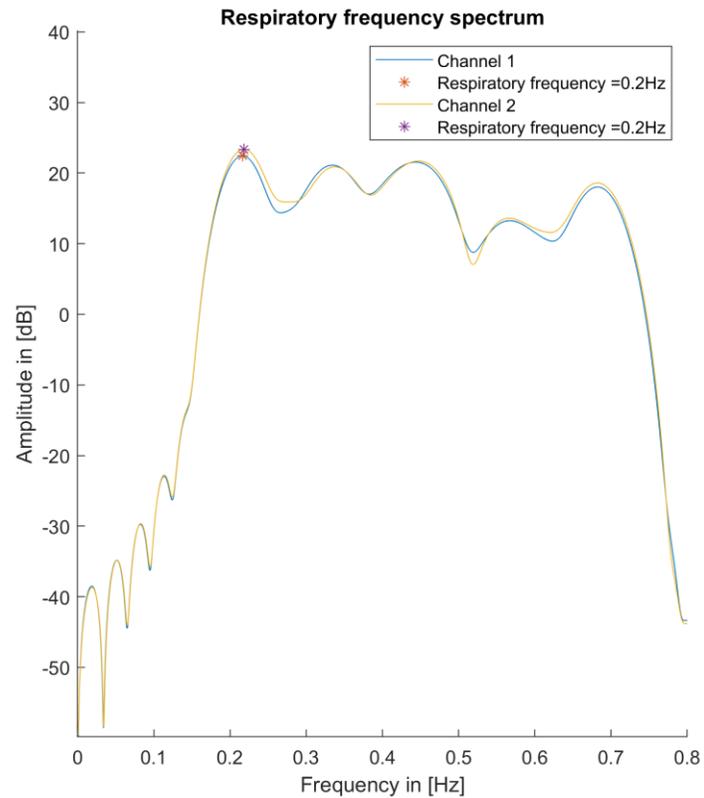
---



# 5. Medición en el establo experimental



# 5. Medición en el establo experimental



# 5. Medición en el establo experimental

Resultados de las mediciones en la vaca no preñada

Medición	Frecuencia respiratoria en [bpm]			Frecuencia cardíaca en [bpm]		
	1. Canal	2. Canal	Referencia	1. Canal	2. Canal	Referencia
			24 - 28			88
<b>1. Posición</b>						
1	20	20		49	49	
2	16	16		48	48	
3	14	13		51	51	
<b>2. Posición</b>						
1	22	22		60	53	
2	14	14		58	58	
3	13	13		52	53	

# 5. Medición en el establo experimental

---

## **Interpretación de los resultados de las mediciones:**

Las concordancias entre sí con, sin embargo, destacadas diferencias con las mediciones de referencia, sugieren la suposición que han surgido errores (consecuentes) en el procesamiento de señales

## **Origen de posibles causas:**

1. La posición en la que se registran los valores de fase se determina incorrectamente
2. Los signos vitales no se determinan correctamente

# 6. Optimización del algoritmo

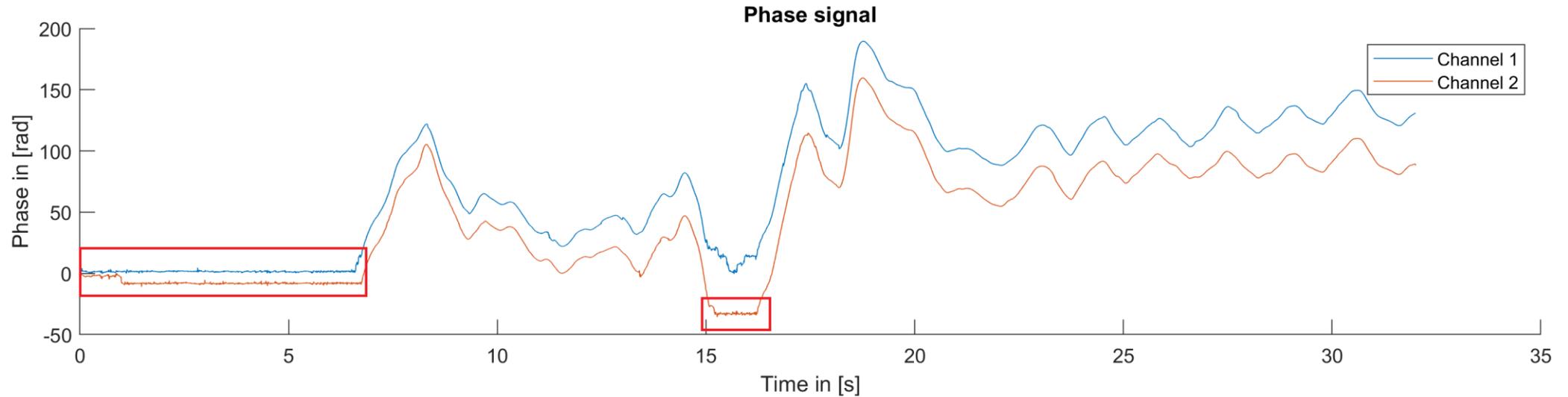
---

6.1. OPTIMIZACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN

6.2. OPTIMIZACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LOS SIGNOS VITALES

# 6. Optimización del algoritmo

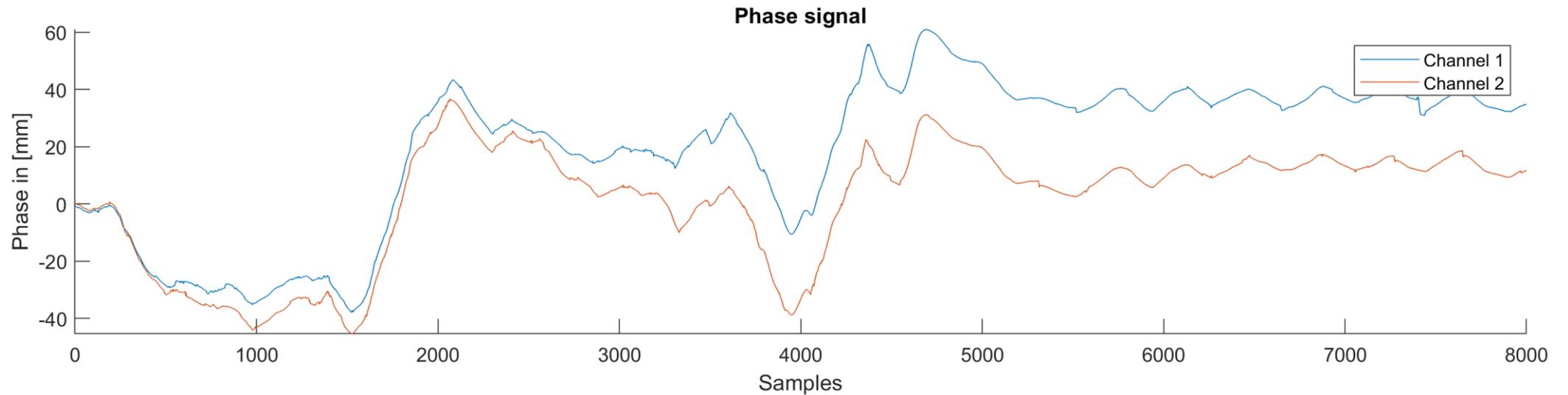
## 6.1. Optimización de la determinación de la posición



# 6. Optimización del algoritmo

## 6.1. Optimización de la determinación de la posición

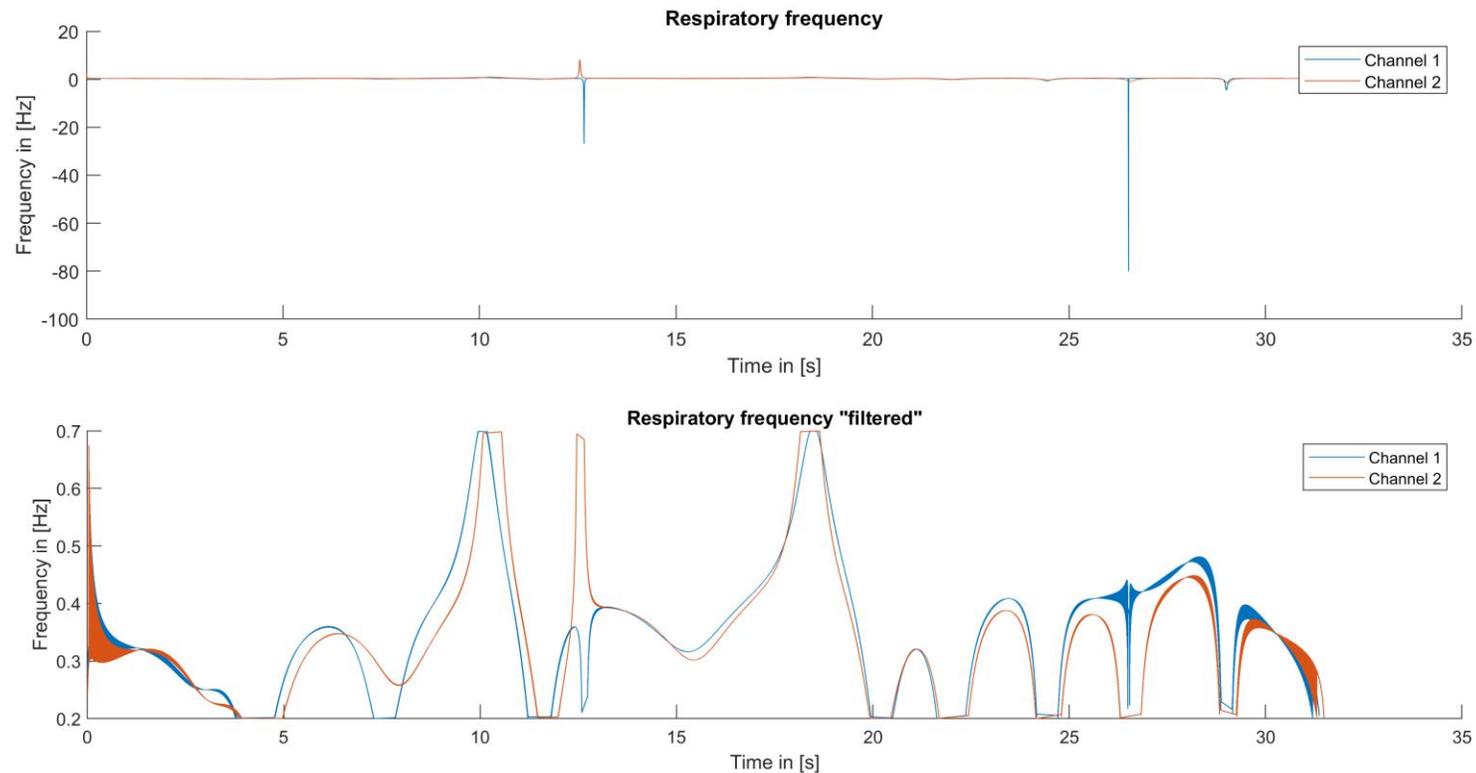
Señal de fase optimizada



# 6. Optimización del algoritmo

## 6.2. Optimización de la determinación de los signos vitales

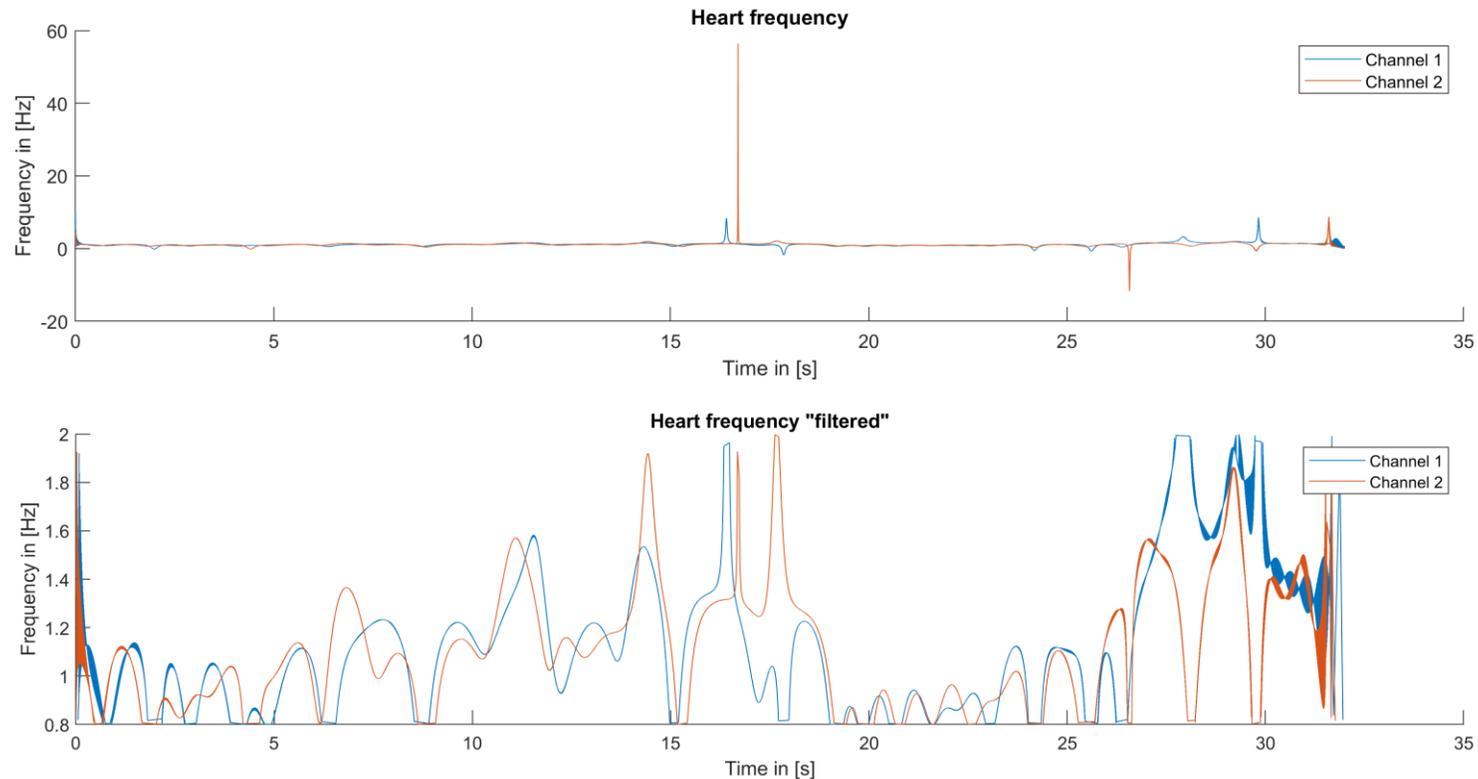
### Frecuencia respiratoria en el tiempo



# 6. Optimización del algoritmo

## 6.2. Optimización de la determinación de los signos vitales

### Frecuencia cardíaca en el tiempo



# 7. Conclusión y perspectiva

---

# 7. Conclusión

---

- Se ha diseñado con éxito un sistema radar FMCW de 94 GHz de dos canales para obtener primeros resultados en el campo de la medición de los parámetros vitales de animales de granja
  - Sin embargo, el resultado sigue dejando demasiado margen de interpretación y debe desarrollarse más
- Se ha dado un primer paso hacia la medición de parámetros vitales en el ganado, sobre el que se puede seguir investigando

# 7. Perspectiva

---

## **Optimizaciones del sistema existente:**

1. Procesamiento de señales
2. Tecnología del radar
3. Biología animal

## **Ampliación del ámbito de aplicación:**

- Aplicación a otros animales de granja
- Aplicaciones más allá de la simple determinación de los signos vitales

# ¡Muchas gracias por su atención!

---



**Hochschule  
Bonn-Rhein-Sieg**  
University of Applied Sciences

