

# UNA INTRODUCCIÓN ACERCA DE LA DETECCIÓN DE LA FIBRILACIÓN AURICULAR EN UNA POBLACIÓN DE ADULTOS MAYORES EN URUGUAY

Marco Scavino<sup>1</sup> Virginia Estragó<sup>2</sup> Matías Muñoz<sup>2</sup> Andrés Castrillejo<sup>3</sup> Ramón Álvarez-Vaz<sup>1;2</sup>

Seminario del Instituto de Estadística  
Facultad de Ciencias Económicas y de Administración  
Universidad de la República  
7 de octubre de 2020

<sup>1</sup>Instituto de Estadística - FCEA

<sup>2</sup>Comisión Honoraria para la Salud Cardiovascular (CHSCV)

<sup>3</sup>GIMESE y GRESCOMP

- **¿Qué es la fibrilación auricular?**
  - Aspectos clínicos y epidemiológicos
- **La señal electrocardiográfica (ECG)**
  - El ciclo cardíaco - ECG normal
  - Ejemplos de morfologías de ECG
- **Base de datos nacional de registros de ECG**
  - Un dispositivo de tecnología electrónica móvil para obtener registros de ECG
- **Algoritmo de identificación de características de la señal ECG**
  - Método de Pan-Tompkins
- **Clasificación supervisada**
- **Siguientes pasos**

# Que es la fibrilación auricular?

# Que es la fibrilación auricular?

Trastorno del ritmo cardíaco

# Epidemiología

**Prevalencia FA población general: 0.4-1%**

**Prevalencia FA mayores 80 años: 8%**

**Lifetime Risk for Development of Atrial Fibrillation**

**The Framingham Heart Study**

**Prevalencia FA población general: 5.5%**

**Prevalencia FA 55 a 59 años: 0.7%**

**Prevalencia FA mayores 85 años: 17.8%**

**Prevalence, incidence and lifetime risk of atrial fibrillation: the Rotterdam study**



# Epidemiología

**Prevalencia FA global: 2%**

**Tasa FA 60-79 años: 5,0%**

**Tasa mayores 80 años: 12,3%**

Prevalencia de la fibrilación auricular en la población adulta de Montevideo

*Dres. Edgardo Sandoya<sup>1</sup>, María del Pilar Aguilar<sup>1</sup>, Horacio Vázquez<sup>1</sup>*

**Prevalencia FA: 28,5%**

Características epidemiológicas de una cohorte de pacientes con insuficiencia cardíaca.

UMIC 2008.



# Implicancias clínicas y pronósticas

AF-Related Outcome	Frequency in AF	Mechanism(s)
Death 	1.5 - 3.5 fold increase	Excess mortality related to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• HF, comorbidities</li> <li>• Stroke</li> </ul>
Stroke 	20-30% of all ischaemic strokes, 10% of cryptogenic strokes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cardioembolic, or</li> <li>• Related to comorbid vascular atheroma</li> </ul>
LV dysfunction / Heart failure 	In 20-30% of AF patients	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excessive ventricular rate</li> <li>• Irregular ventricular contractions</li> <li>• A primary underlying cause of AF</li> </ul>
Cognitive decline / Vascular dementia 	HR 1.4 / 1.6 (irrespective of stroke history)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brain white matter lesions, inflammation,</li> <li>• Hypoperfusion,</li> <li>• Micro-embolism</li> </ul>

AF-Related Outcome	Frequency in AF	Mechanism(s)
Depression 	Depression in 16-20% (even suicidal ideation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Severe symptoms and decreased QoL</li> <li>• Drug side effects</li> </ul>
Impaired quality of life 	>60% of patients	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Related to AF burden, comorbidities, psychological functioning and medication</li> <li>• Distressed personality type</li> </ul>
Hospitalizations 	10-40% annual hospitalization rate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AF management, related to HF, MI or AF related symptoms</li> <li>• Treatment-associated complications</li> </ul>

# Implicancias clínicas y pronósticas

AF-Related Outcome	Frequency in AF	Mechanism(s)
 Death	1.5 - 3.5 fold increase	Excess mortality related to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• HF, comorbidities</li> <li>• Stroke</li> </ul>
 Stroke	20-30% of all ischaemic strokes, 10% of cryptogenic strokes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cardioembolic, or</li> <li>• Related to comorbid vascular atheroma</li> </ul>
 LV dysfunction / Heart failure	In 20-30% of AF patients	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excessive ventricular rate</li> <li>• Irregular ventricular contractions</li> <li>• A primary underlying cause of AF</li> </ul>
 Cognitive decline / Vascular dementia	HR 1.4 / 1.6 (irrespective of stroke history)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brain white matter lesions, inflammation,</li> <li>• Hypoperfusion,</li> <li>• Micro-embolism</li> </ul>

AF-Related Outcome	Frequency in AF	Mechanism(s)
 Depression	Depression in 16-20% (even suicidal ideation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Severe symptoms and decreased QoL</li> <li>• Drug side effects</li> </ul>
 Impaired quality of life	>60% of patients	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Related to AF burden, comorbidities, psychological functioning and medication</li> <li>• Distressed personality type</li> </ul>
 Hospitalizations	10-40% annual hospitalization rate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AF management, related to HF, MI or AF related symptoms</li> <li>• Treatment-associated complications</li> </ul>



Asymptomatic or Silent (!)



Symptomatic

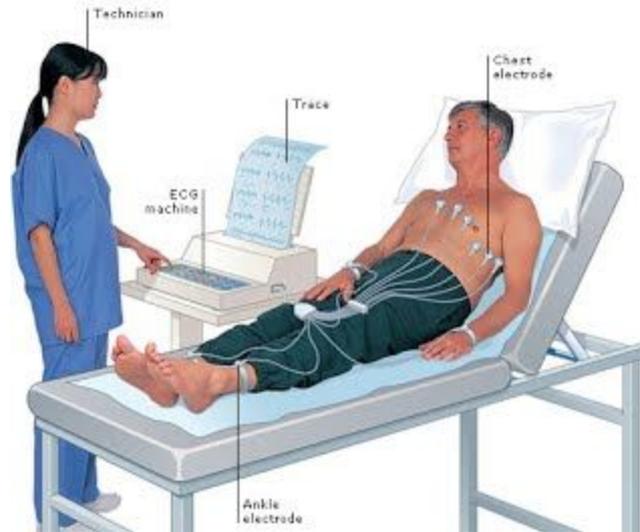
# El ciclo cardíaco



Serie de eventos mecánicos eléctricos y hemodinámicos que desplazan un volumen de líquido cuya función es abastecer de sangre oxigenada a los tejidos del organismo y recobrar la sangre “sin oxígeno” hacia los pulmones para oxigenarla y mantener la vida.

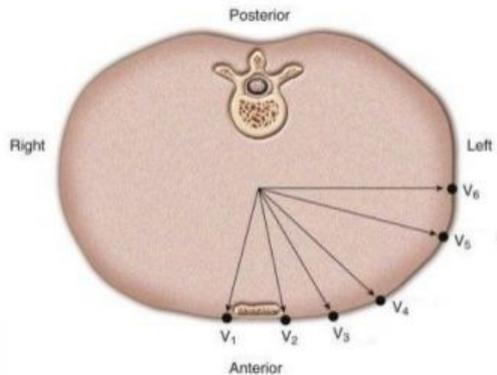
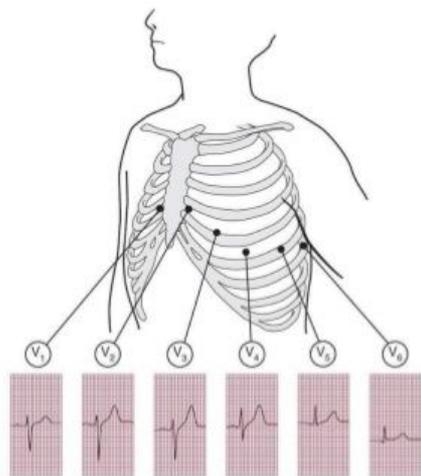
# El electrocardiograma

Es la representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón en función del tiempo que se obtiene desde la superficie corporal.

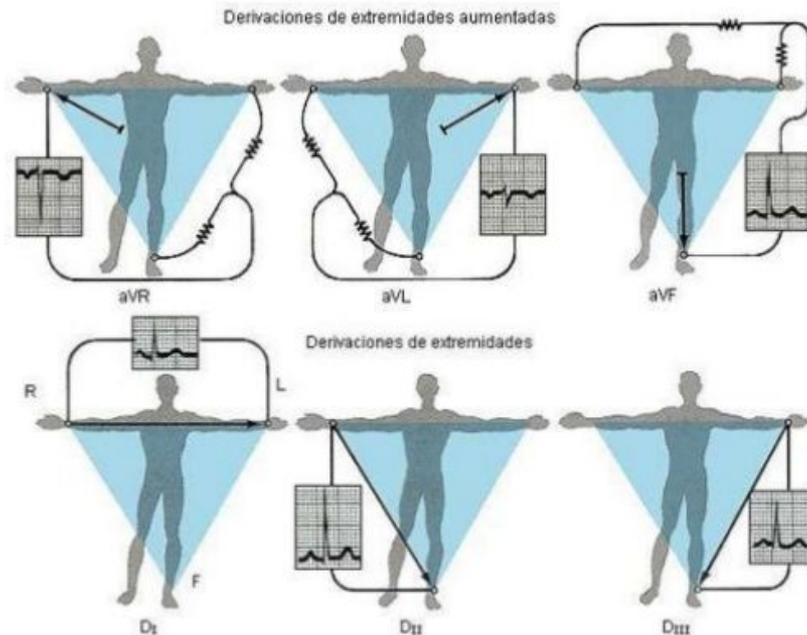


# Electrocardiograma de 12 derivaciones

## DERIVACIONES PRECORDIALES



## Derivadas plano frontal



# EL ECG de 12 derivaciones

Diagnóstico

Seguimiento

Estratificación pronóstica

Toma de decisiones

Infarto

Arritmias

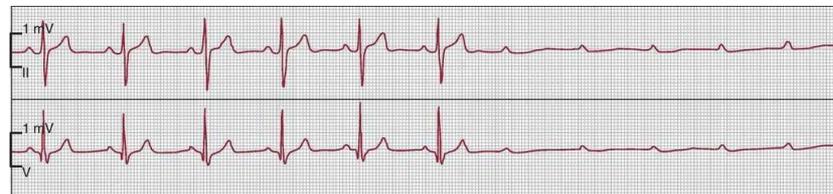
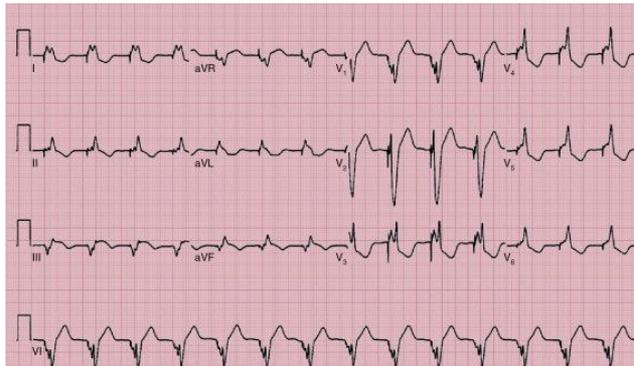
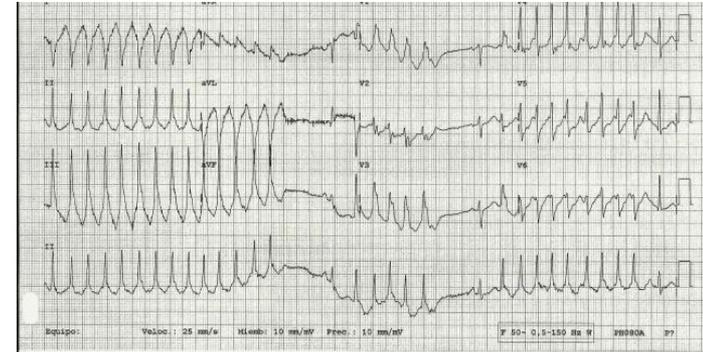
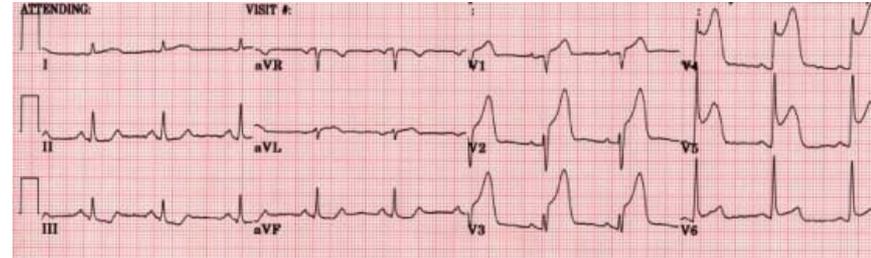
Trastornos de conducción

Enfermedades hereditarias

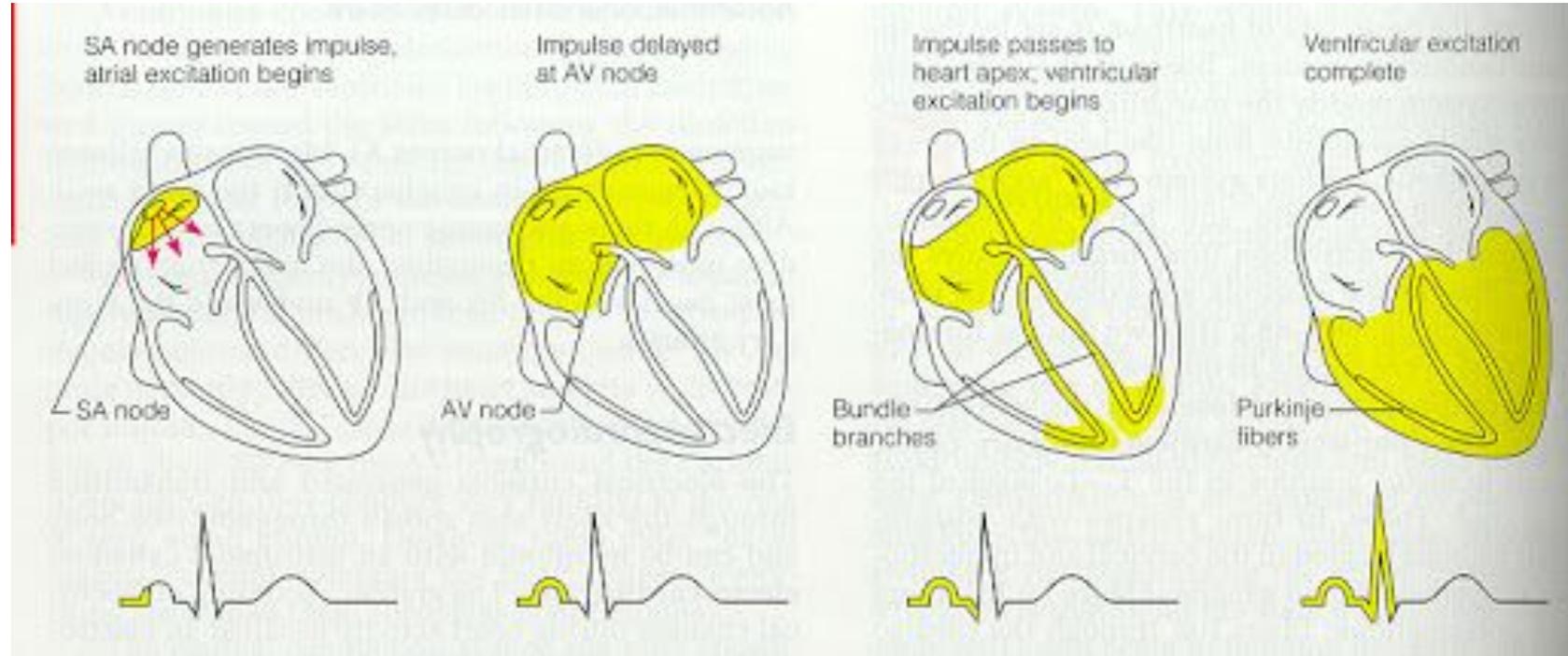
Trastornos metabólicos

Intoxicaciones

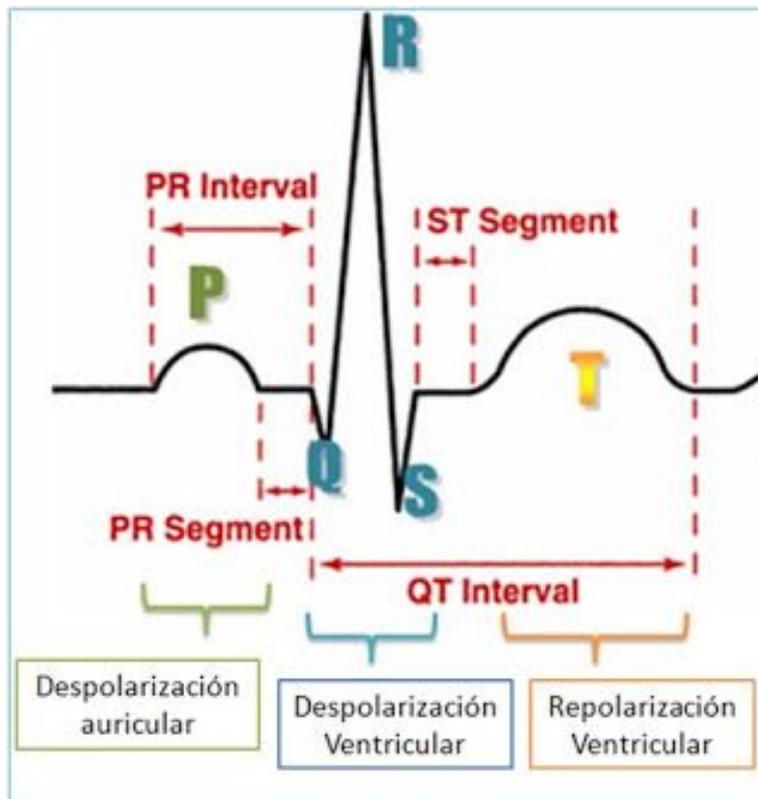
Funcionamiento de dispositivos (MP, CDI)



# Ritmo cardíaco normal: un latido



# Ritmo cardíaco normal: un latido



# Fibrilación auricular



# Fibrilación auricular

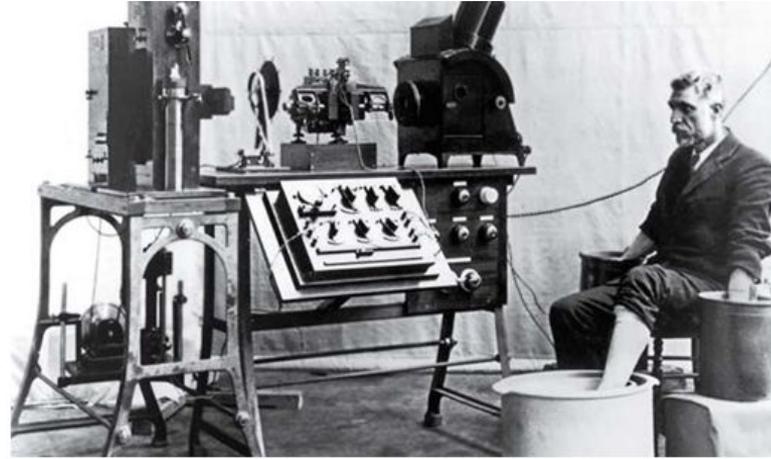


*Ritmo sinusal normal*



*Ritmo de fibrilación auricular*

# Cómo detectar fibrilación auricular: de Einthoven al reloj inteligente...



Pulsus inaequalis  
et irregularis

1906

2020

# Ejemplos de dispositivos para monitorización cardíaca

Monitores implantables



2 a 4 años de  
monitorización continua

Monitores cardíacos externos



2 a 4 semanas de  
monitorización continua

Wearables



Mediciones  
puntuales

# Objetivo

- Validar la utilización de un dispositivo de tecnología electrónica móvil (DTEM) para la detección de fibrilación auricular en un grupo de adultos mayores de Uruguay.
- Validación de los procesos de recolección, transmisión, almacenamiento, procesamiento e interpretación de los datos obtenidos.

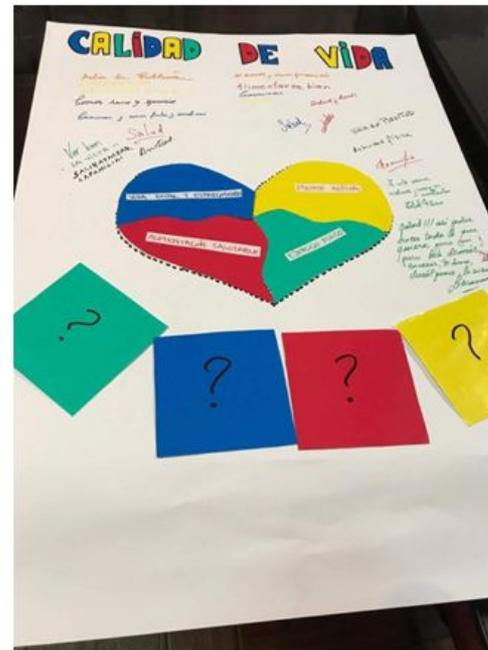
# Método



PLAN  
**IBIRAPITÁ**  
Inclusión digital de jubilados

- Plan Ibirapitá promueve la inclusión digital al servicio de las personas mayores con el fin de mejorar la inclusión social, la participación y la equidad.
- A través de talleres tiene capacidad de convocatoria y genera la oportunidad de realizar el screening

# Trabajo de campo

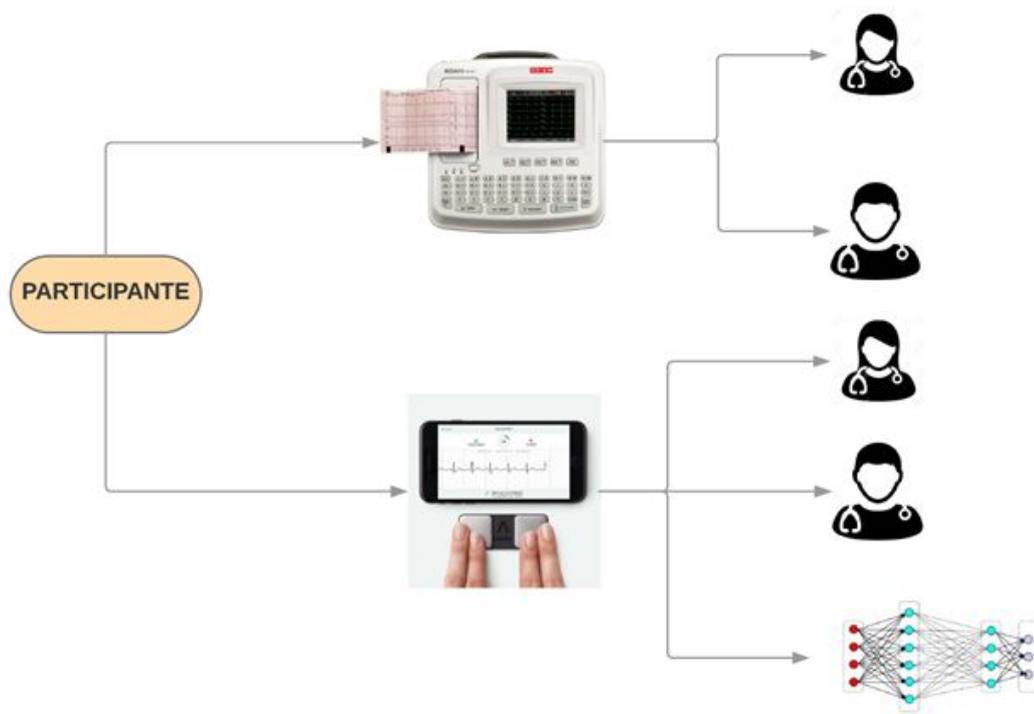


# Método

Se invitó a los participantes de los talleres del Plan Ibirapitá a participar del estudio.



# Método



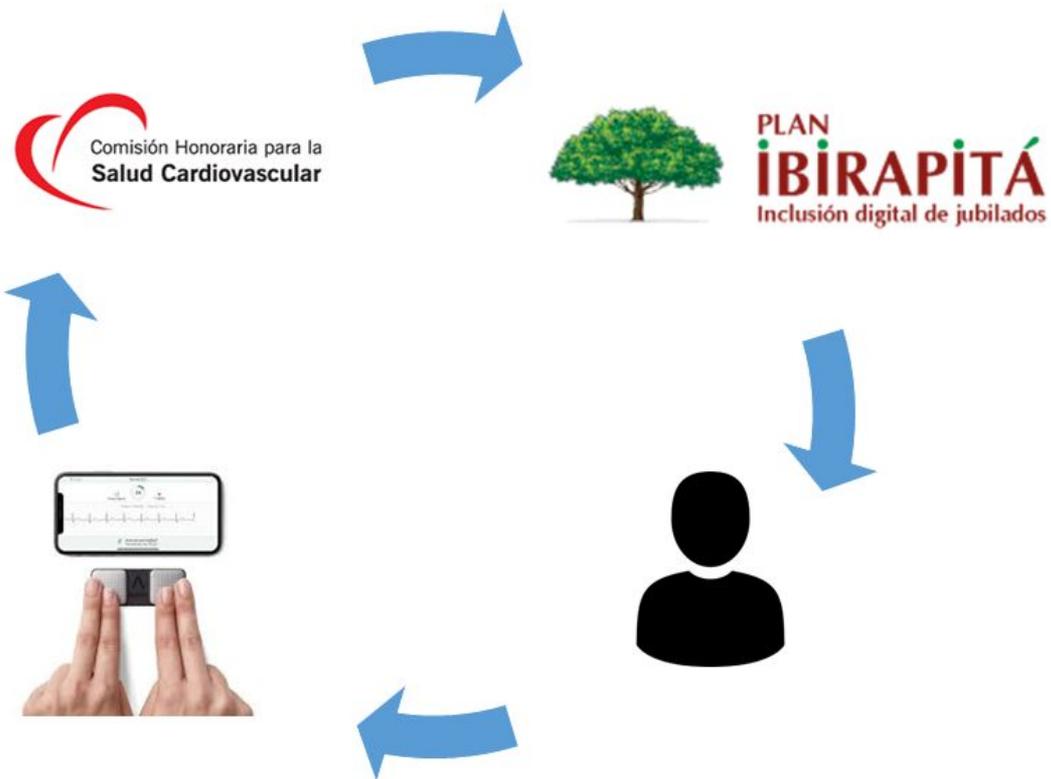
# Estudio Piloto: Resultado

	Posible FA	Normal	Sin Clasificar	Total
Con FA	4	0	1	5
Sin FA	3	86	20	109
Total	7	86	21	114



**18%**

# Método



# Ejemplos

ecg-110801

ecg-114406

ecg-113954 Figura 3

# Conversión

Paciente

Registrado

Frecuencia cardíaca

lunes, 05 de nov. de 2018 11:08:01 a. m.

78 lpm

Duración 30s

Hallazgo de AliveCor: Sin clasificar

Kardia

Enhanced filter, Filtro de la corriente eléctrica: 50 Hz Escala: 25mm/s, 10mm/mV



# Herramientas utilizadas en la conversión

- **Todo el software utilizado es bajo licencias de código abierto**

La extracción de la señal de los archivos pdf, combina los siguiente programas y comandos:

- `inkscape`
- `xmlstarlet`
- `sed`
- `grep`
- `awk`

# Pasos para la conversión y extracción de datos

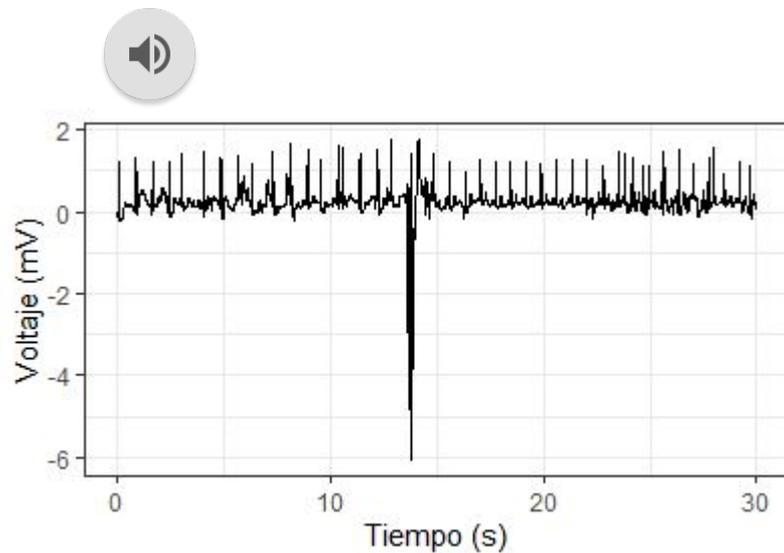
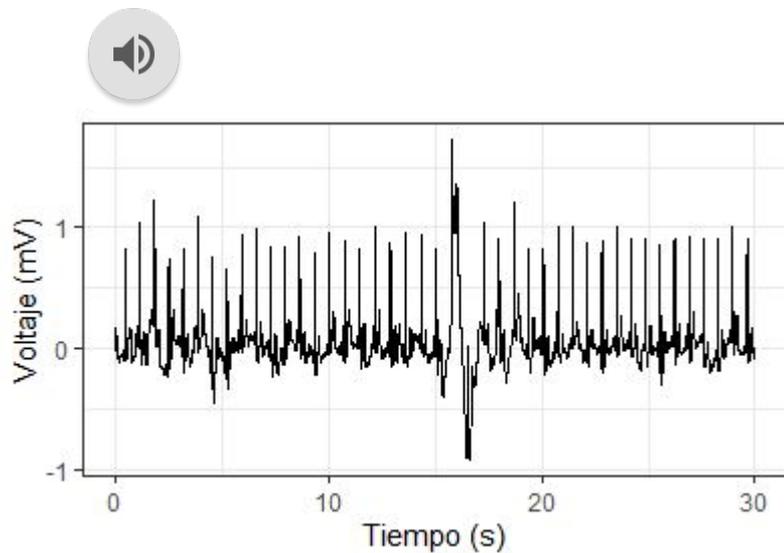
- Se realiza la conversión vectorial de los archivos *pdf* a *svg* utilizando *inkscape*
- Se extraen los textos y la señal de ECG a valores numéricos a través de `xmlstarlet`, el archivo *svg* es un caso particular de estructura XML
- De los textos se extrae la frecuencia cardíaca y el hallazgo informado por el dispositivo
- Los pares de valores de voltaje-tiempo se extraen de las trazas registradas en el archivo

# Resultado de la extracción de datos

9000 pares de puntos por archivo

<b>Tiempo (s)</b>	<b>Voltaje (mV)</b>
0.0033303	-0.0020109
0.0066747	-0.0099838
0.0100049	-0.0144994
0.0133352	-0.0089960

# Reconstrucción de la señal



# EJEMPLOS DE REGISTROS DE ECG CLASIFICADOS POR EL DISPOSITIVO

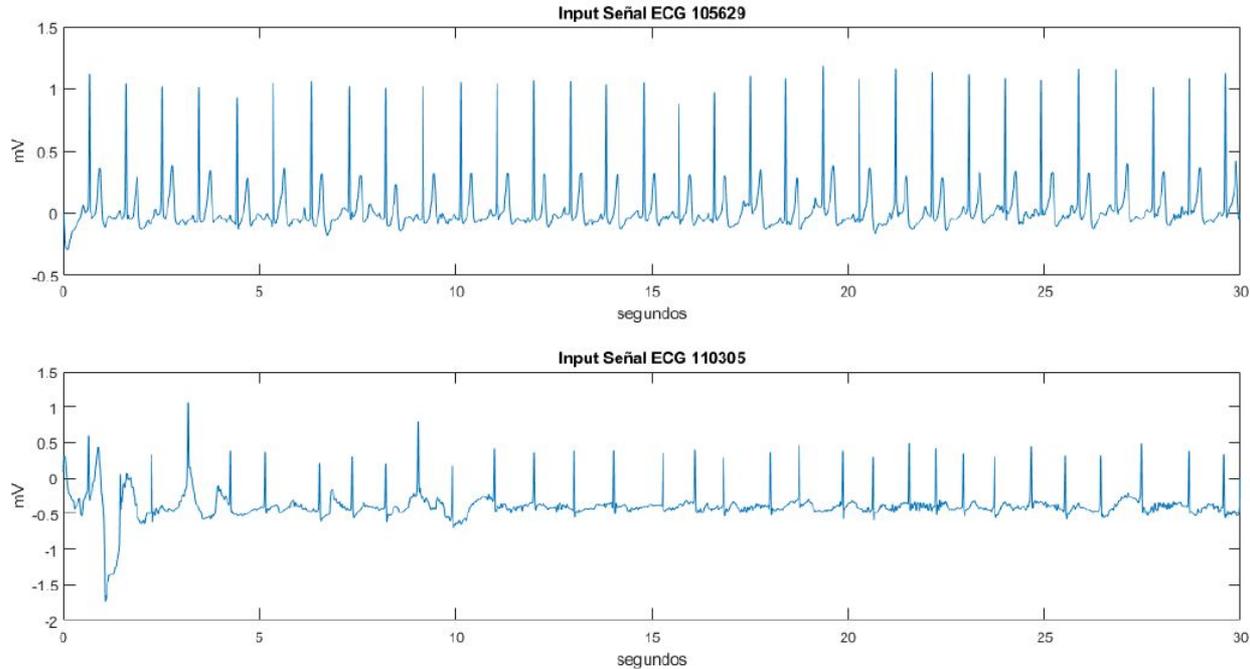


FIGURA 1: Cuadro superior: ejemplo de registro de ECG clasificado como normal por el dispositivo y los expertos. Cuadro inferior: ejemplo de registro de ECG clasificado como Fibrilación auricular por el dispositivo y los expertos.

# EJEMPLOS DE REGISTROS DE ECG NO CLASIFICADOS POR EL DISPOSITIVO ojo que este ejemplo está mal.... ver nota

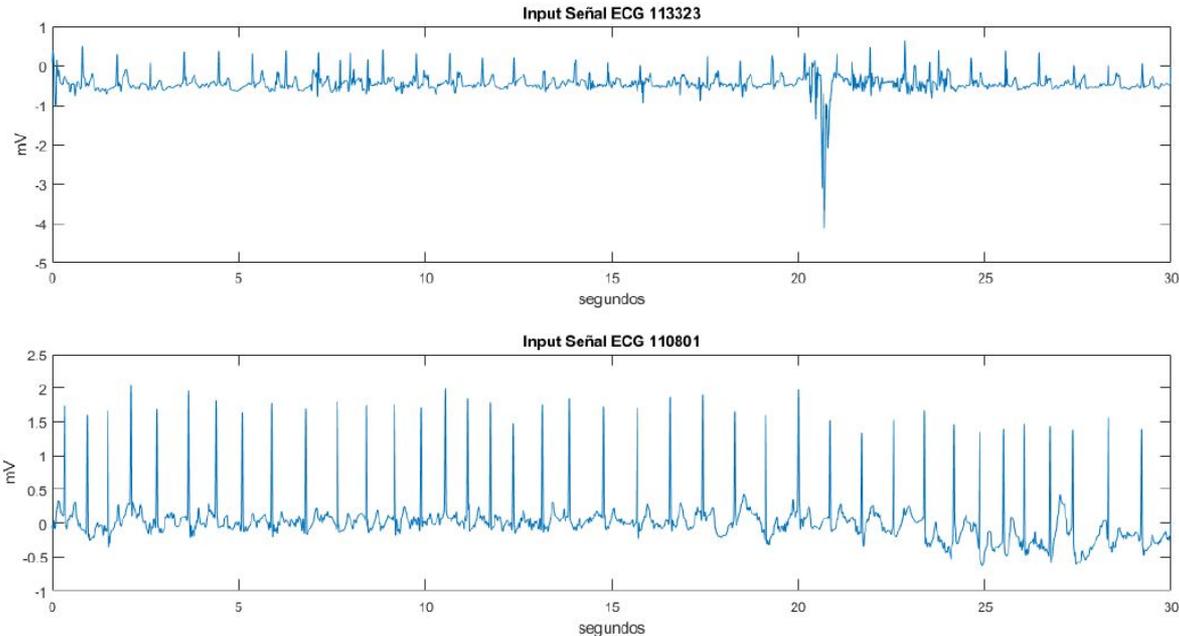


FIGURA 2: Cuadro superior: ejemplo de registro de ECG no clasificado por el dispositivo y clasificado como NO FA por los expertos. Cuadro inferior: ejemplo de registro de ECG no clasificado por el dispositivo y clasificado como Fibrilación auricular por los expertos.

# POSIBLE FA POR EL DISPOSITIVO Y NO FA POR LOS EXPERTOS

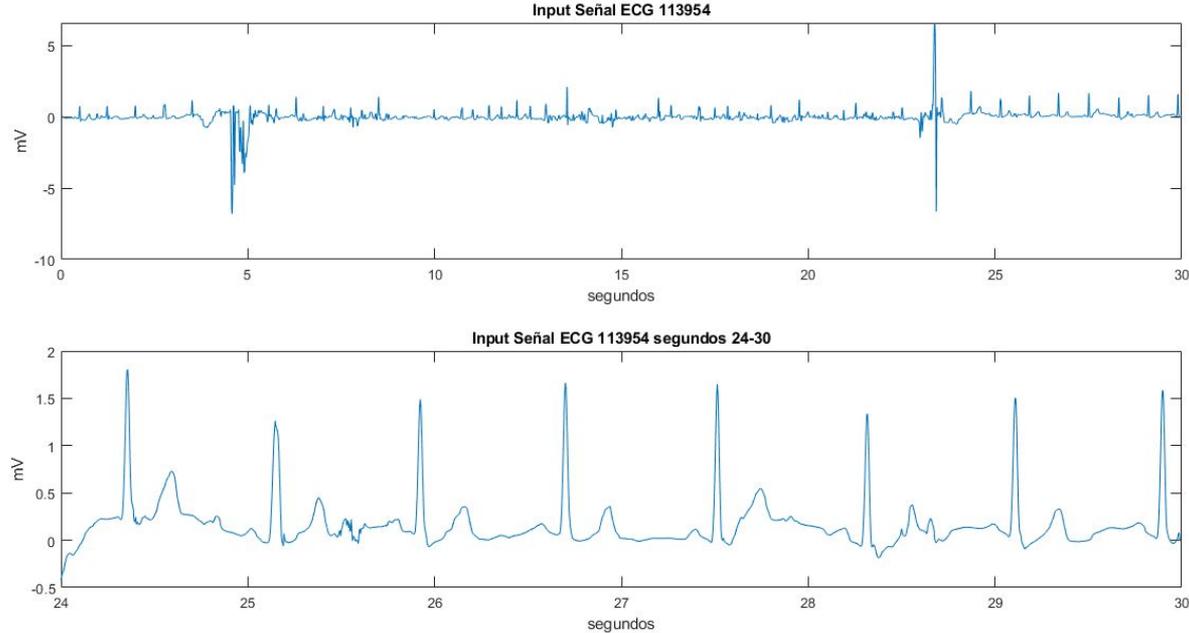


FIGURA 3: Registro de ECG clasificado como posible FA por el dispositivo y como NO FA por los expertos.

# POSIBLE FA POR EL DISPOSITIVO Y NO FA POR LOS EXPERTOS

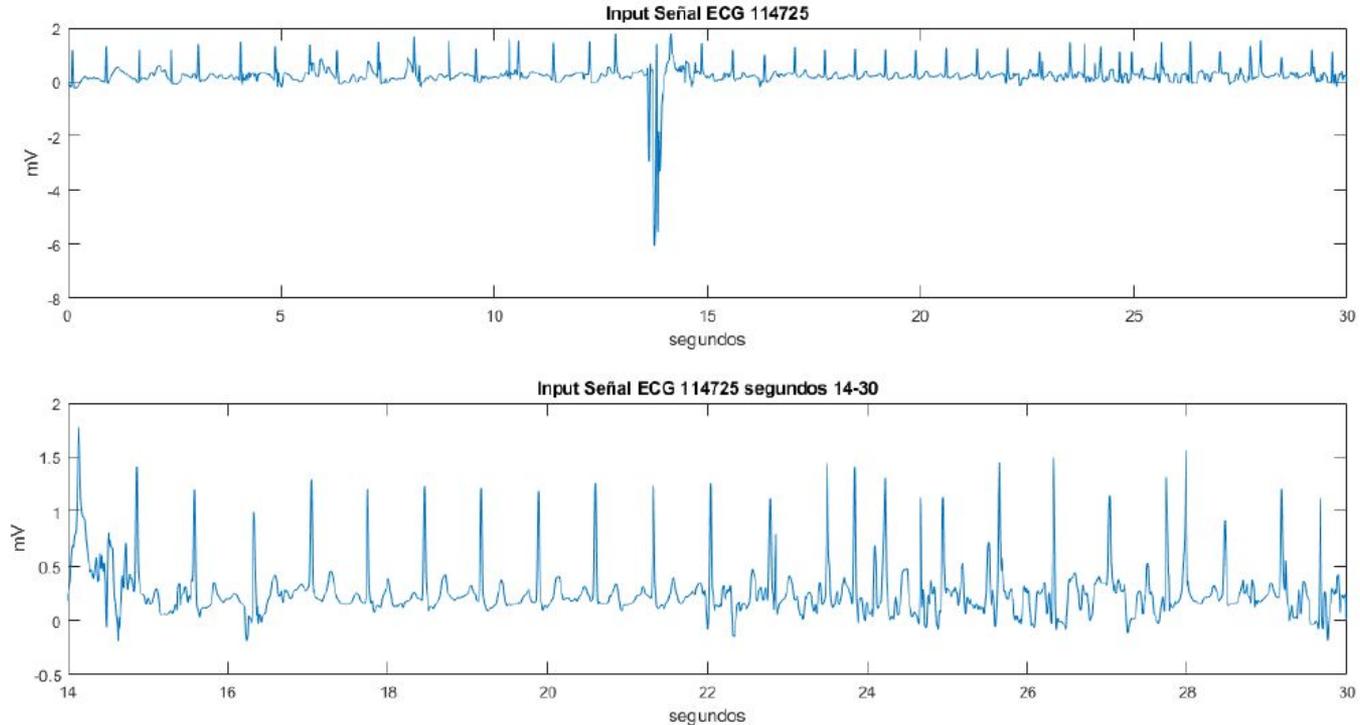


FIGURA 4: Registro de ECG clasificado como posible FA por el dispositivo y como NO FA por los expertos.

# POSIBLE FA POR EL DISPOSITIVO Y NO FA POR LOS EXPERTOS

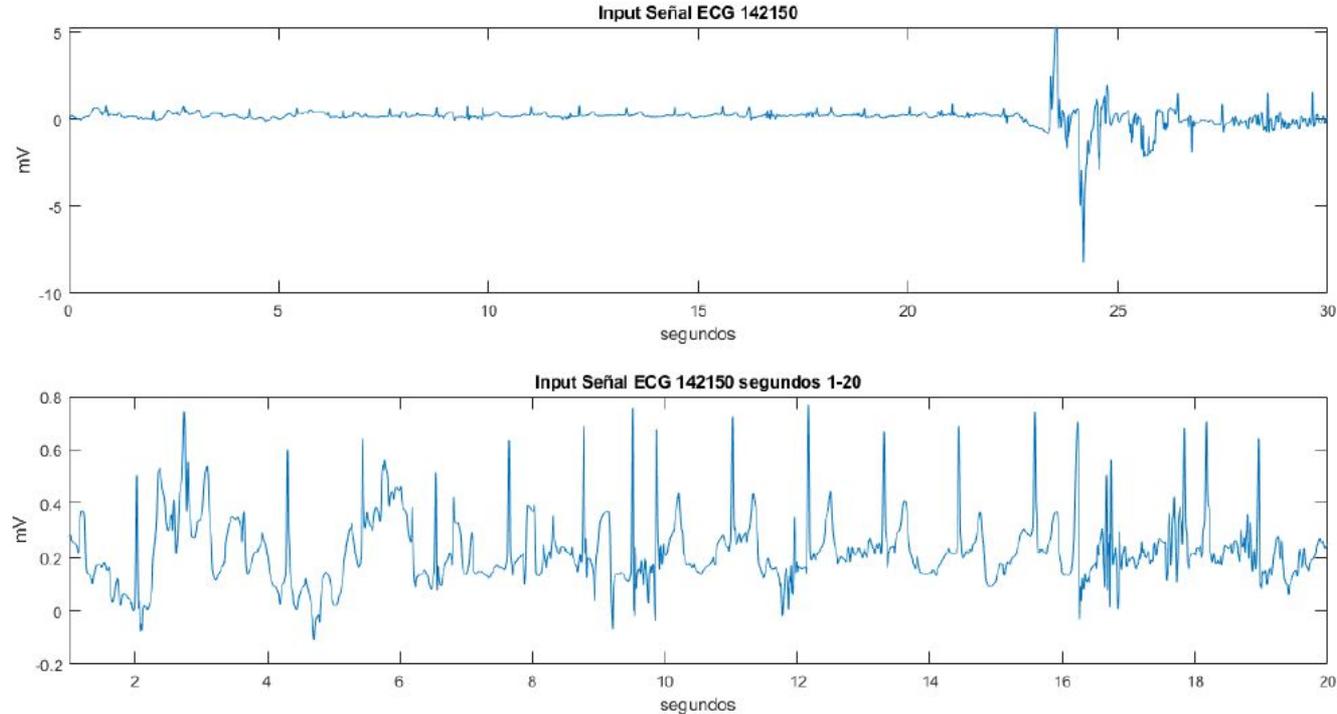


FIGURA 5: Registro de ECG clasificado como posible FA por el dispositivo y como NO FA por los expertos.

# POSIBLES FA POR EL DISPOSITIVO Y FA POR LOS EXPERTOS

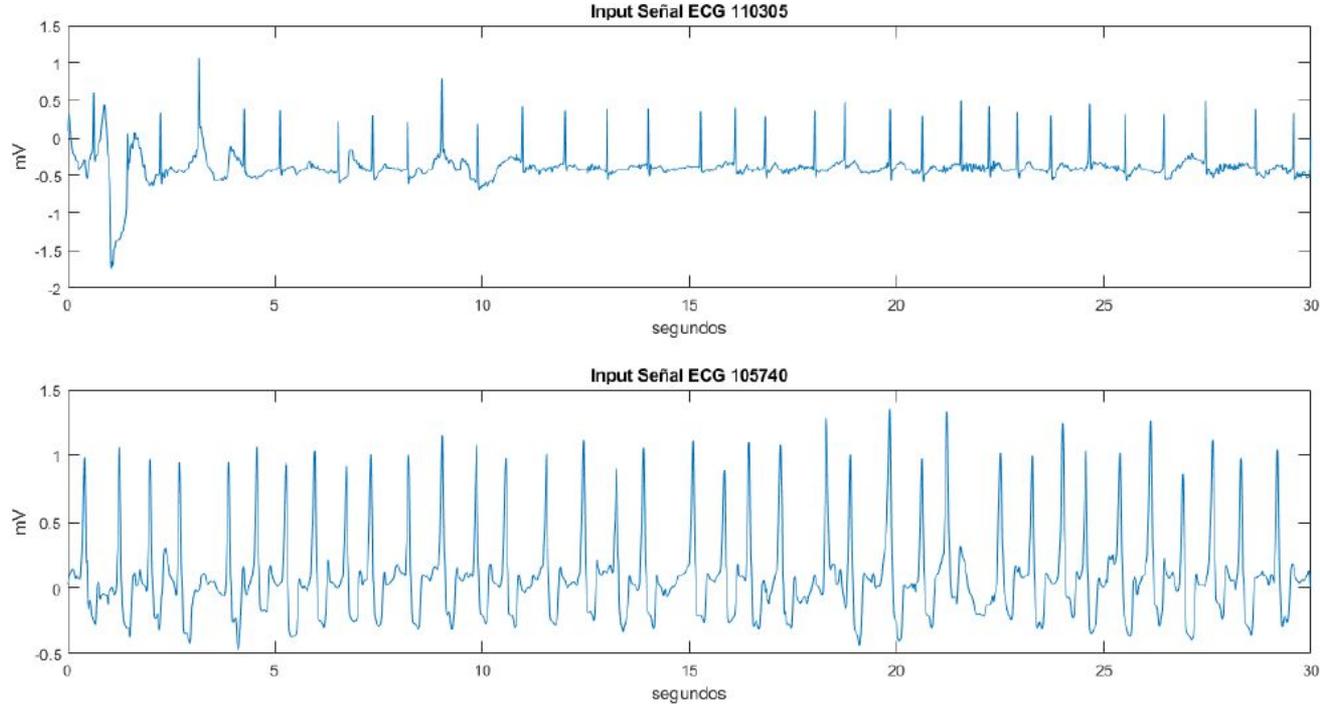


FIGURA 6: Registro de ECG clasificado como posible FA por el dispositivo y como FA por los expertos.

# POSIBLES FA POR EL DISPOSITIVO Y FA POR LOS EXPERTOS

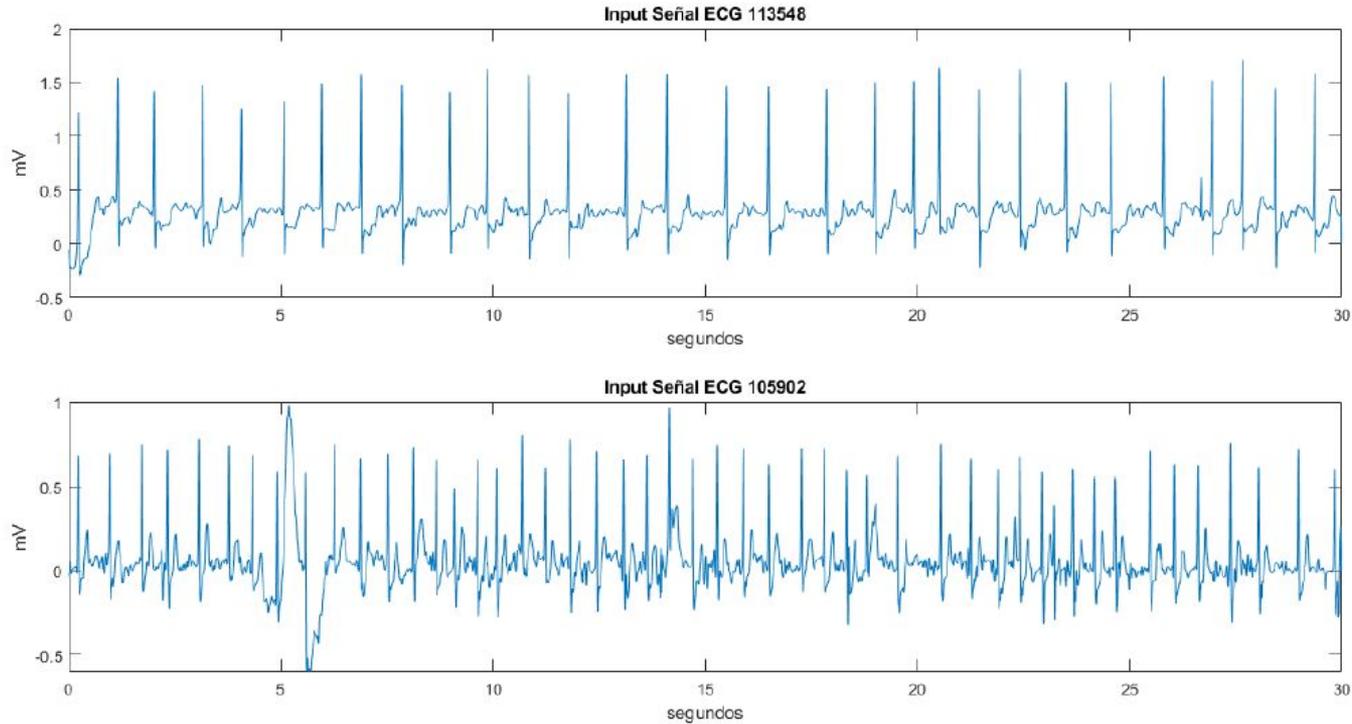


FIGURA 7: Registro de ECG clasificado como posible FA por el dispositivo y como FA por los expertos.

# MÉTODO DE PAN-TOMPKINS

ECG - etapa de preprocesamiento - etapa decisional - individuacion de picos R

Pasos de la etapa de preprocesamiento del algoritmo de Pan-Tompkins:

- Filtrado pasa-banda: pasa-abajo y pasa-alto en cascada, para aislar la energía QRS predominante centrada en 10 Hz, atenuando las bajas frecuencias características de las ondas P y T y la deriva de la línea base
- Filtro derivador: destacar las pendientes rápidas de la señal, que, en el caso de la señal ECG , coincide con el QRS
- Transformación no lineal: se eleva al cuadrado la señal, convirtiéndola en positiva. Se destacan las frecuencias más altas en la señal, que se deben principalmente al complejo QRS
- Integrador con ventana móvil para incluir una medida del ancho del complejo QRS en la señal procesada. Los autores eligieron un ancho de la ventana suficientemente largo para incluir la duración de los complejos QRS anormales extendidos, pero lo suficientemente corto para excluir la onda T (30 muestras)

Resultados basados en las implementaciones de Hooman Sedghamiz y Joachim Behar.

# MÉTODO DE PAN-TOMPKINS I

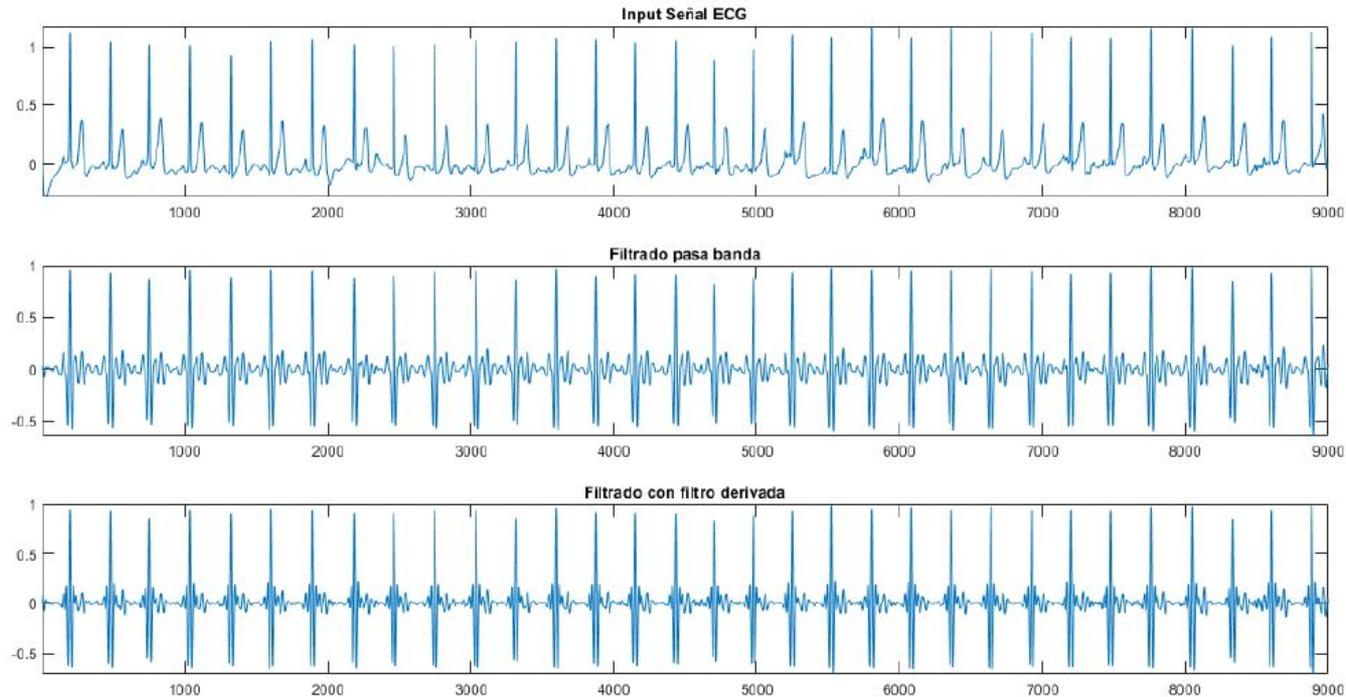


FIGURA 8: Etapa de preprocesamiento del algoritmo de Pan-Tompkins

# MÉTODO DE PAN-TOMPKINS II

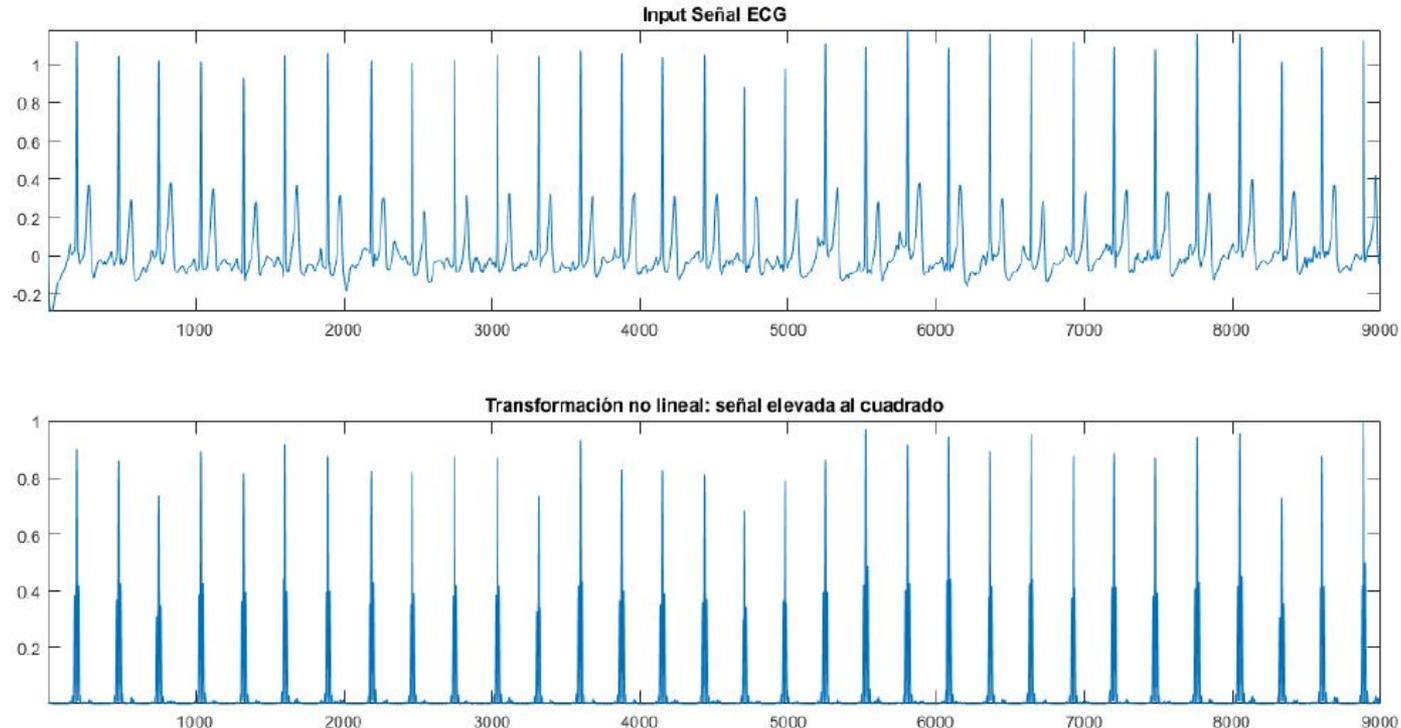


FIGURA 9: Etapa de preprocesamiento del algoritmo de Pan-Tompkins

# MÉTODO DE PAN-TOMPKINS III

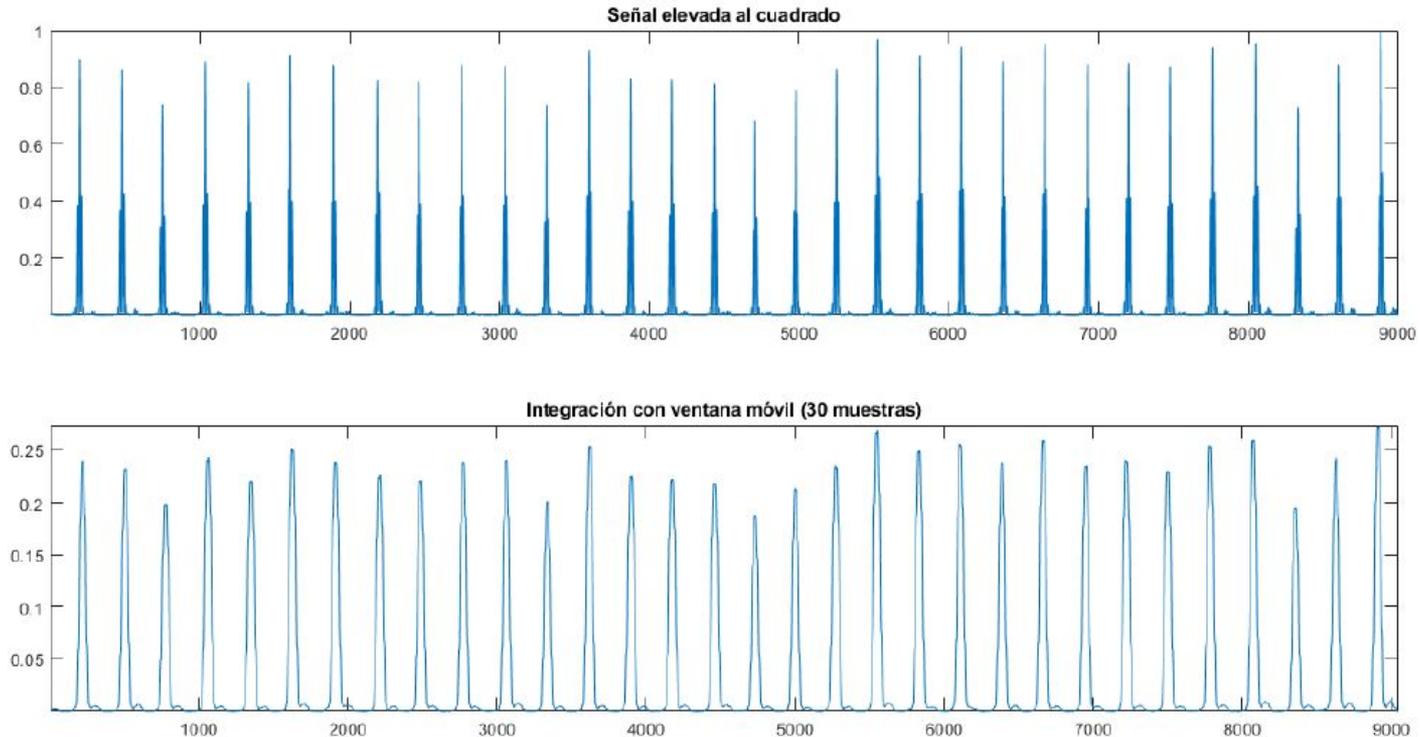


FIGURA 10: Integrador ventana móvil del algoritmo de Pan-Tompkins

# MÉTODO DE PAN-TOMPKINS IV

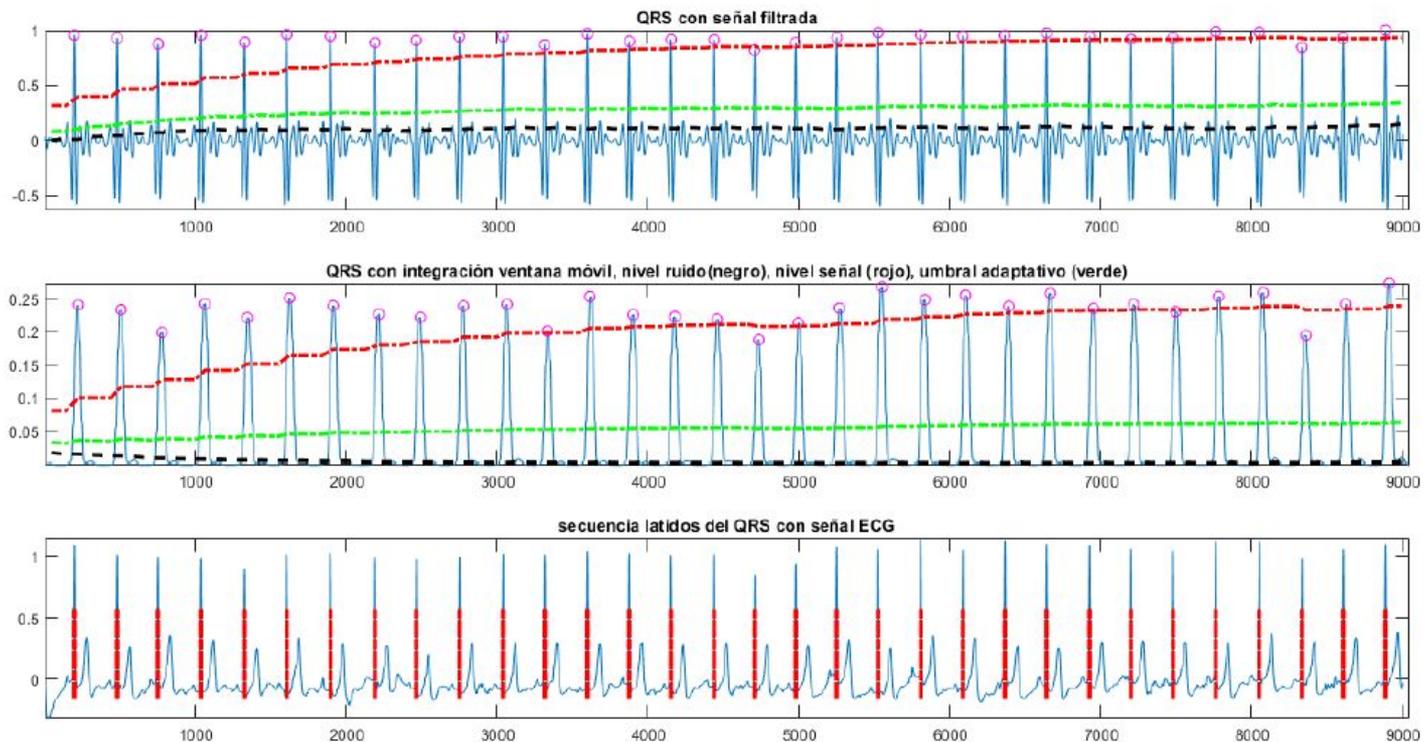


FIGURA 11: Etapa de decisión del algoritmo Pan-Tompkins

# EJEMPLO ALGORITMO DE PAN-TOMPKINS

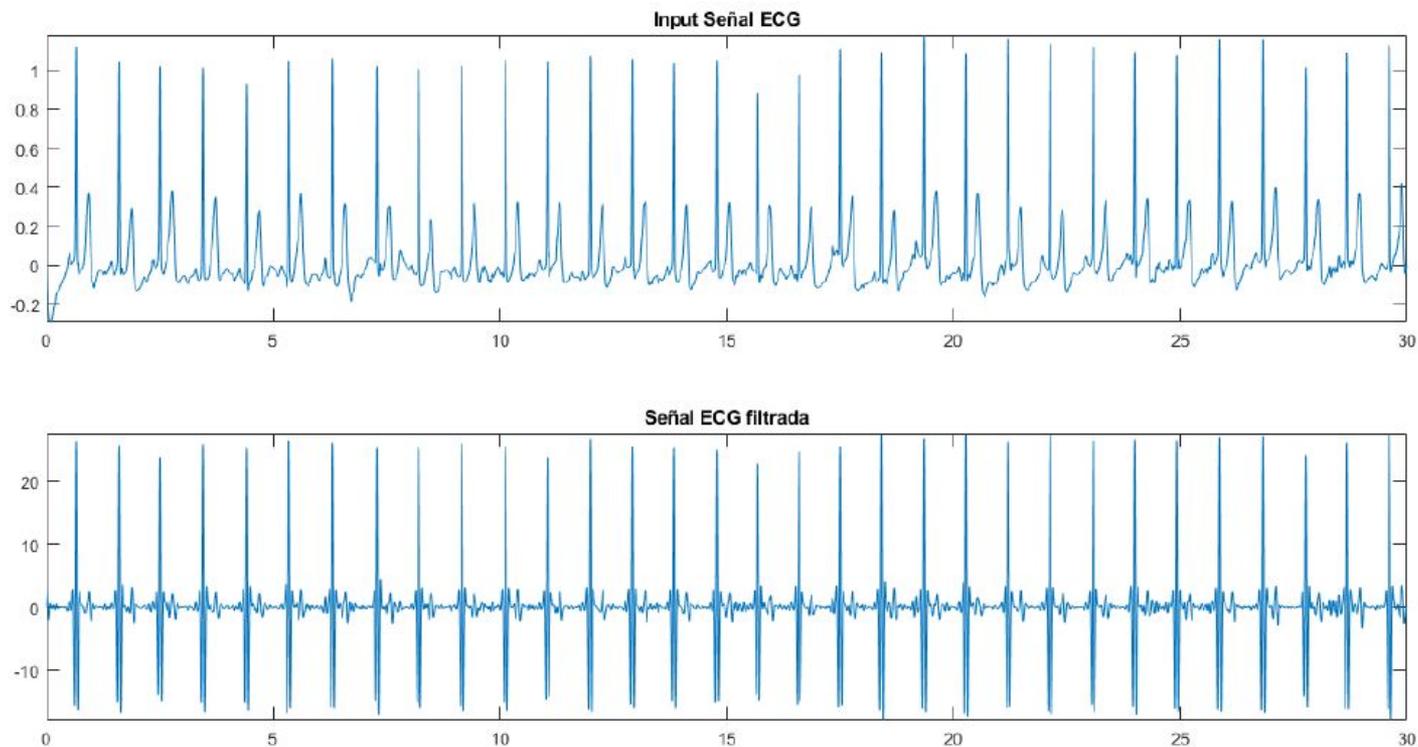


FIGURA 12: Etapa de preprocesamiento del algoritmo de Pan-Tompkins

# EJEMPLO ALGORITMO DE PAN-TOMPKINS I

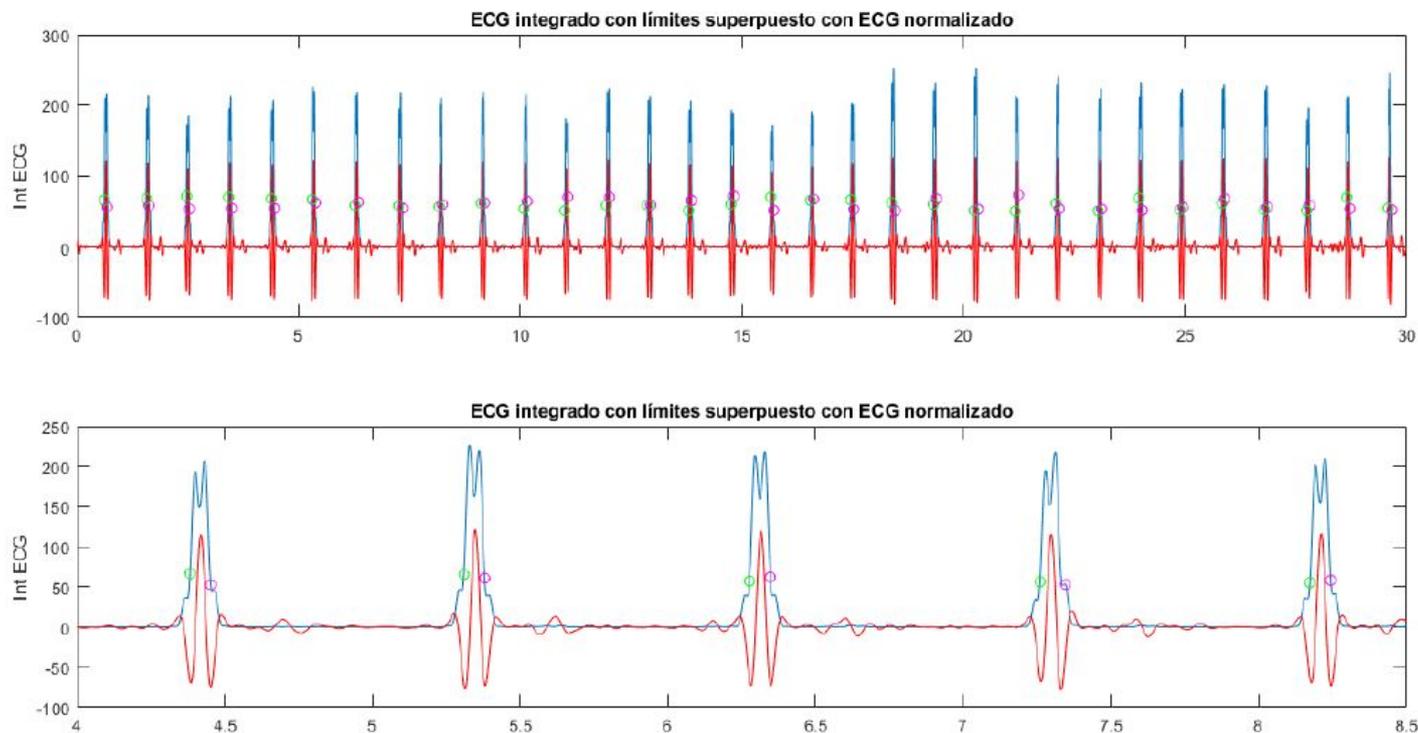


FIGURA 13: Integrador ventana móvil del algoritmo de Pan-Tompkins

# EJEMPLO ALGORITMO DE PAN-TOMPKINS II

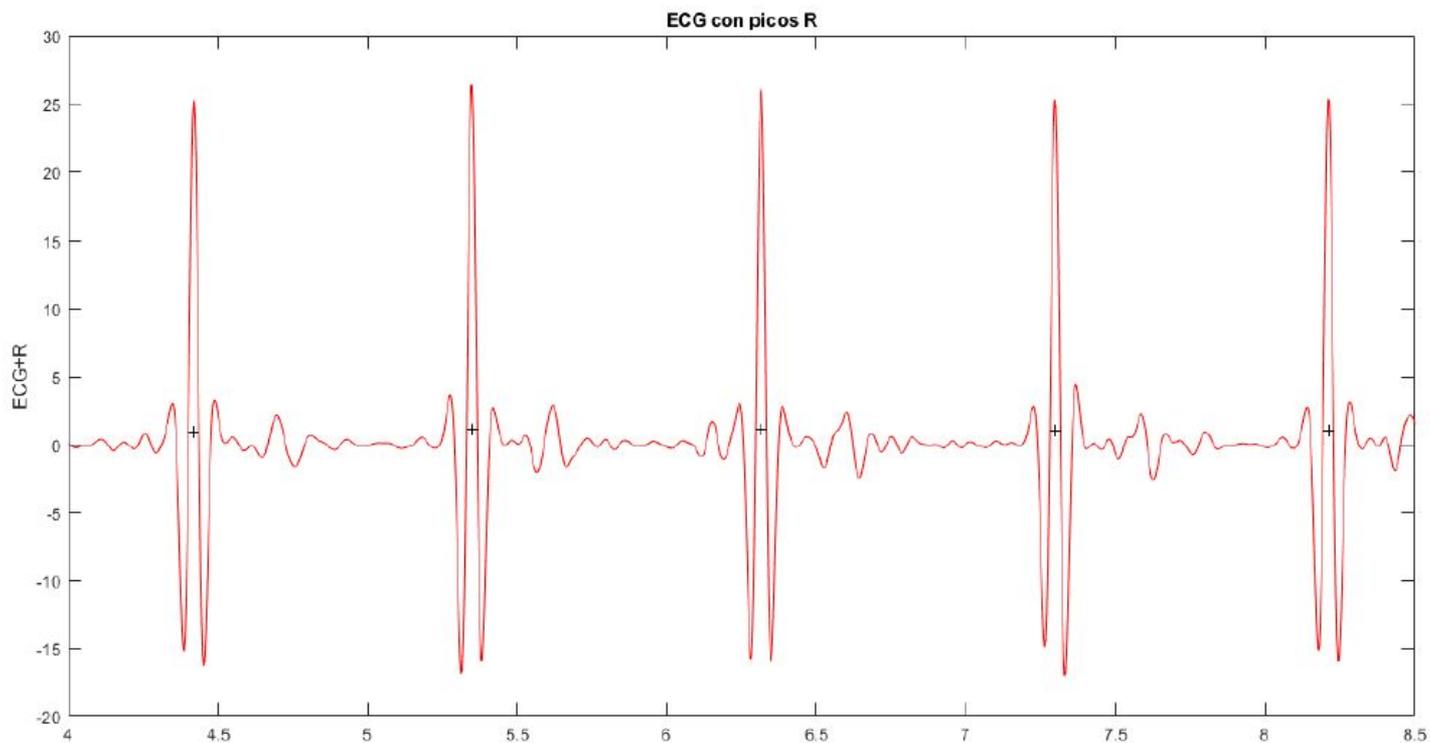


FIGURA 14: Etapa de decisión del algoritmo Pan-Tompkins

# Ejemplo 1: normal por Kardia y por cardiologo

## 115137 verdadero negativo

Ejemplos de 1 a 6 muestran 6 situaciones (Kardia-cardiólogo):

1. normal-normal
2. FA-FA
3. sin clasificar-normal
4. sin clasificar-FA
5. FA-normal (falso positivo)
6. normal-FA (falso negativo no hubo así que no hay trazado)

Para mostrar los ejemplos poner los PDF porque yo en la señal no veo nada.....

**Ejemplo 2: fibrilación auricular por Kardia y FA por  
cardiólogo verdadero positivo ver nota  
(105902-113548-105740-110305)**

**Ejemplo 3: sin clasificar por Kardina (con diagnóstico por cardiólogo de NO FA) 145329**

**Ejemplo 4: sin clasificar por Kardina (con diagnóstico por cardiólogo: FA) 110801**

**Ejemplo 5: posible FA por Kardias (con diagnóstico por cardiólogo: NO FA) Falso positivo 113954**

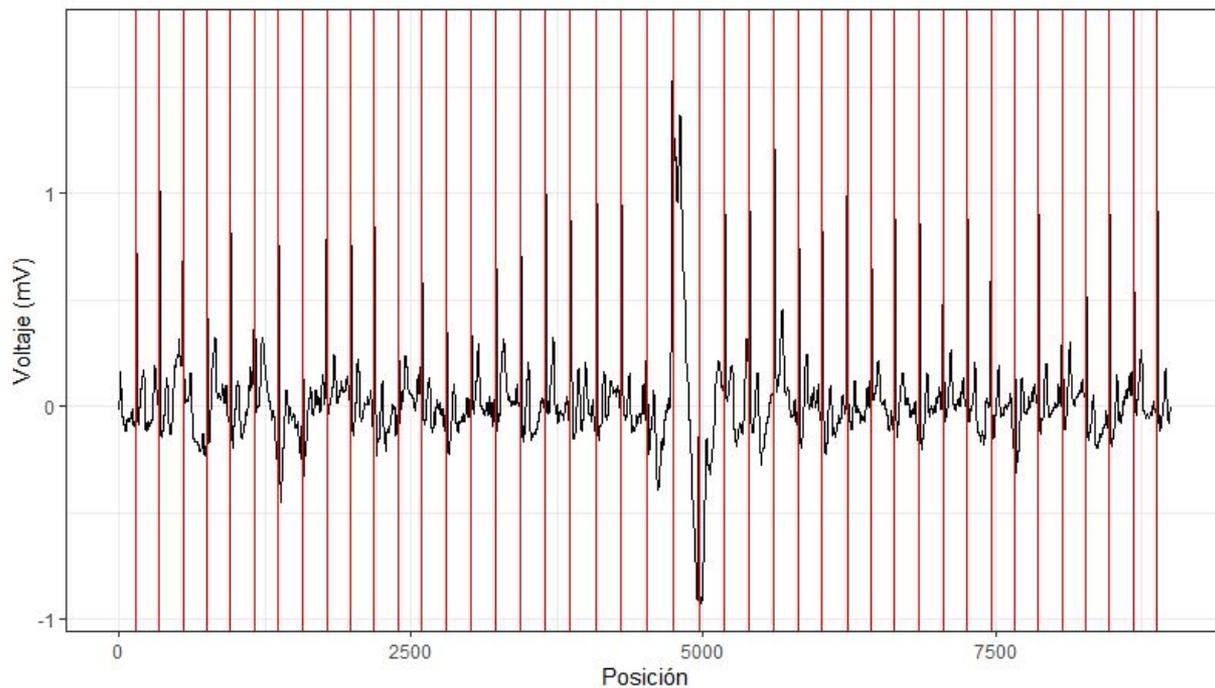
## Ejemplo 6: normal por Kardias y FA por cardiólogo (falso negativo)

No hubo falso negativo, es decir, ningún trazado con FA diagnosticado por cardiólogo fue clasificado como NO FA por el Kardias

# Pan tompkins

sobre ecg-105629

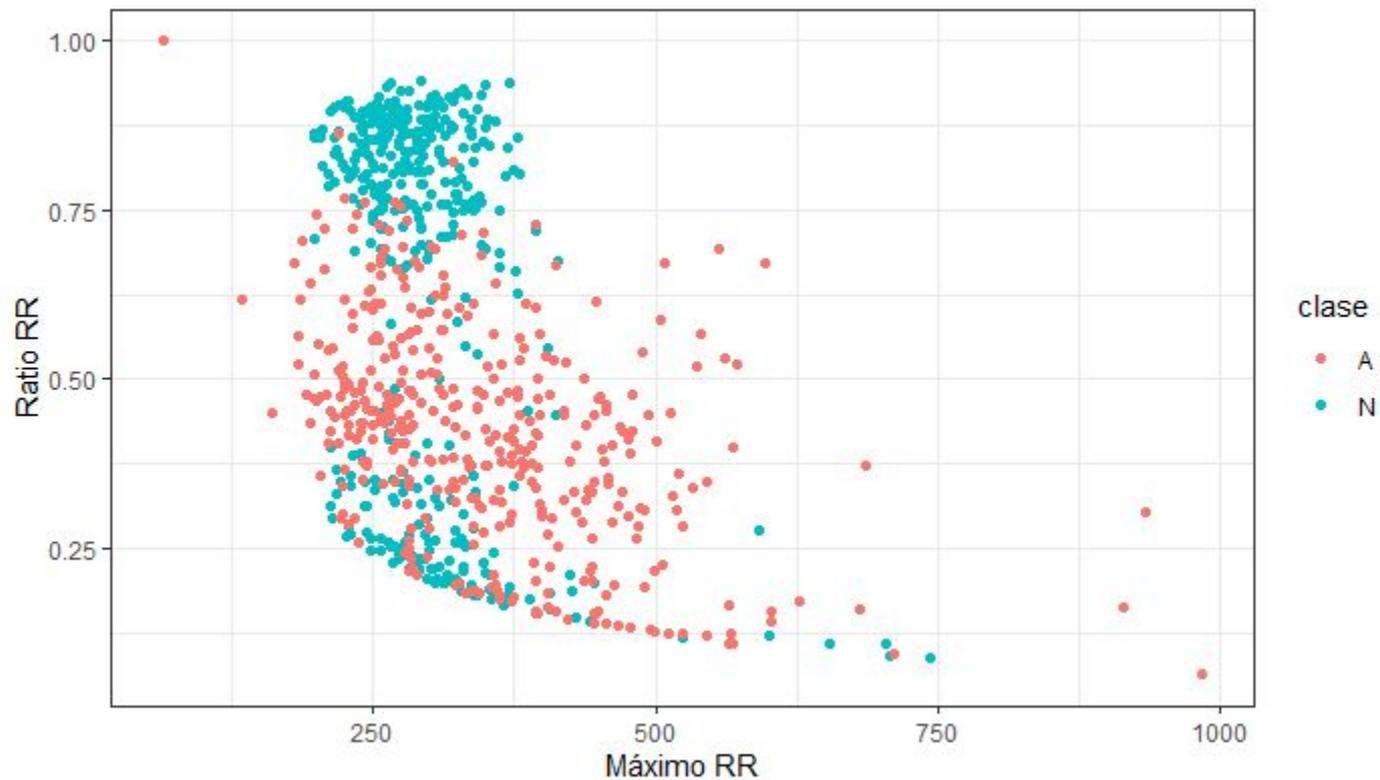
# Clasificación supervisada



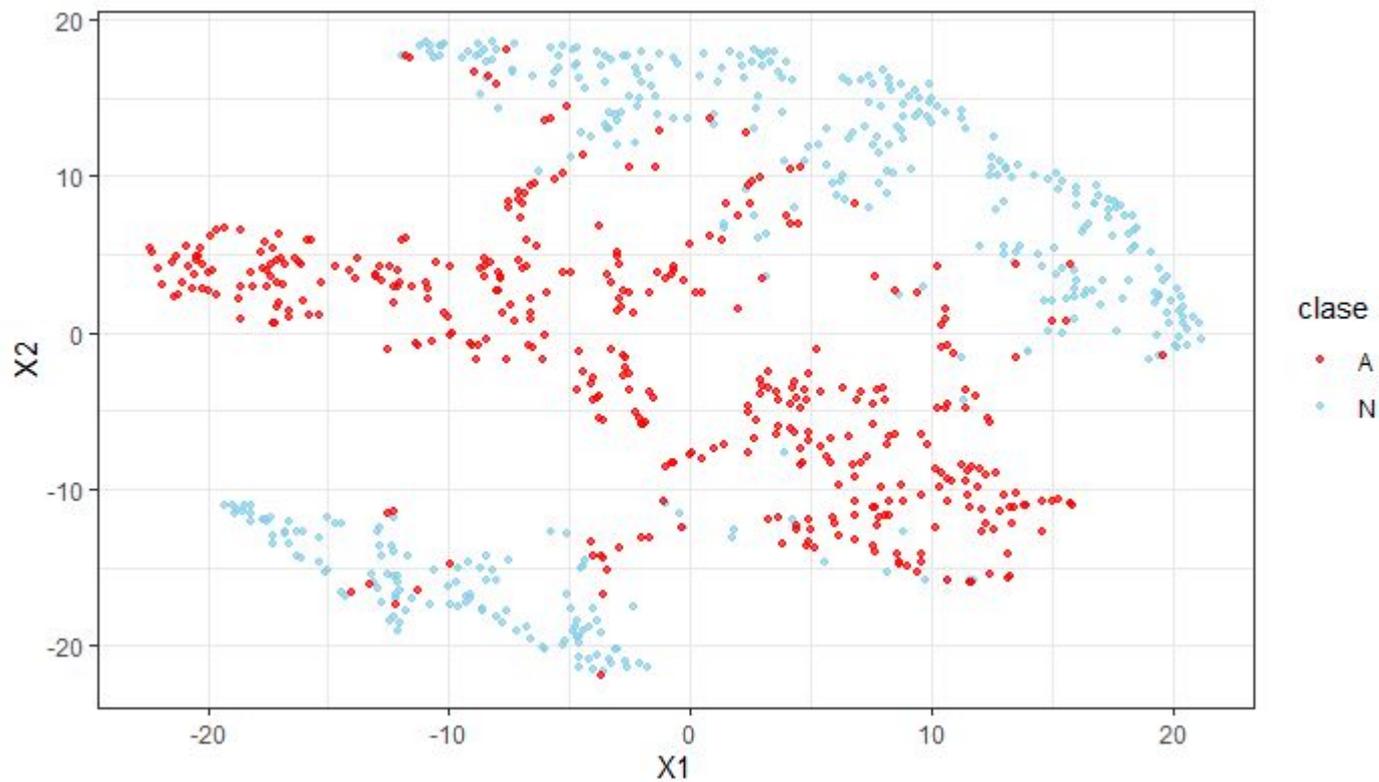
# Intervalo RR

<b>ECG</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>DS</b>
<b>1</b>	194	209,5	208,1	225	8,14
<b>2</b>	63	217	221,3	424	69,7

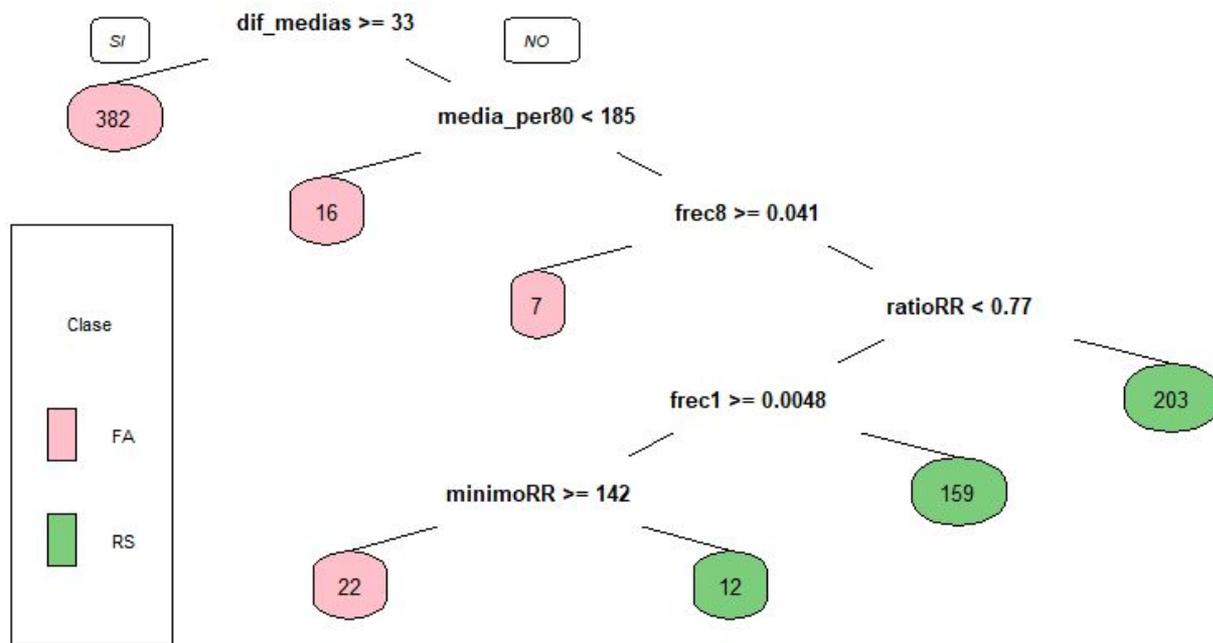
# Separación de clases



# Reducción de dimensiones



# Árbol de clasificación



# Predicción sobre conjunto de entrenamiento

	<b>FA</b>	<b>RS</b>
<b>Clasifica FA</b>	382	45
<b>Clasifica RS</b>	15	359

92,5% clasificados correctamente

# Predicción sobre conjunto de prueba

	Normal	Posible FA	Sin Clasificar
Clasifica FA	12	7	7
Clasifica RS	74	0	14

# Random Forest

	<b>FA</b>	<b>RS</b>
<b>Clasifica FA</b>	366	38
<b>Clasifica RS</b>	31	366

91,4% clasificados correctamente

# Predicción sobre conjunto de prueba

	Normal	Posible FA	Sin Clasificar
Clasifica FA	12	7	8
Clasifica RS	74	0	13

# Siguientes pasos

Aprendizaje profundo:

- Redes neuronales recurrentes
- Redes neuronales convolucionales
- Arquitectura de red

Clasificación no supervisada de series temporales

# Trayectoria del proyecto

