



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Desarrollo y evaluación de un sistema de localización para un dron subacuático mediante técnicas de beamforming y machine learning

Autores: Ortiz Carreño, Andrés Miguel; Sánchez Lincango, Luis Fernando

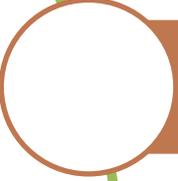
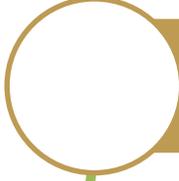
Director: Carrera Erazo, Enrique Vinicio PhD.

Sangolquí, 27 junio 2023





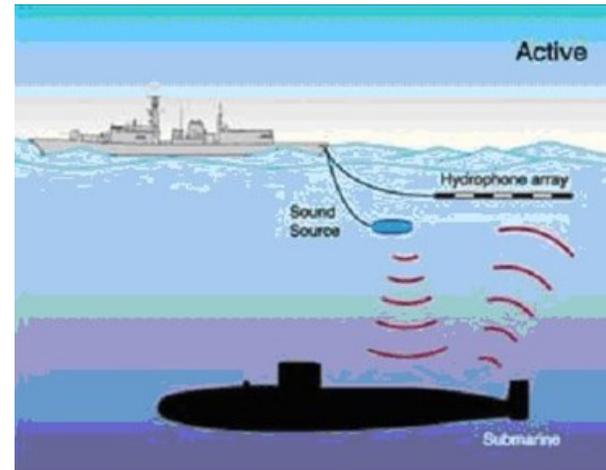
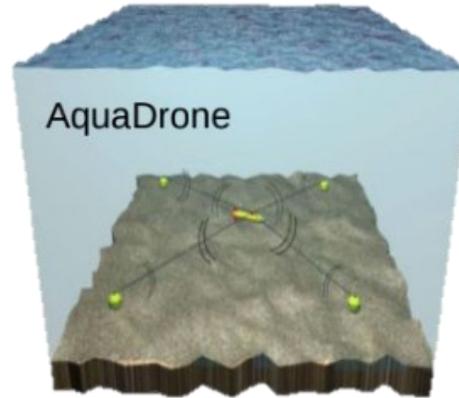


-  INTRODUCCIÓN
-  OBJETIVOS
-  MATERIALES Y MÉTODOS
-  RESULTADOS Y DISCUSIÓN
-  CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

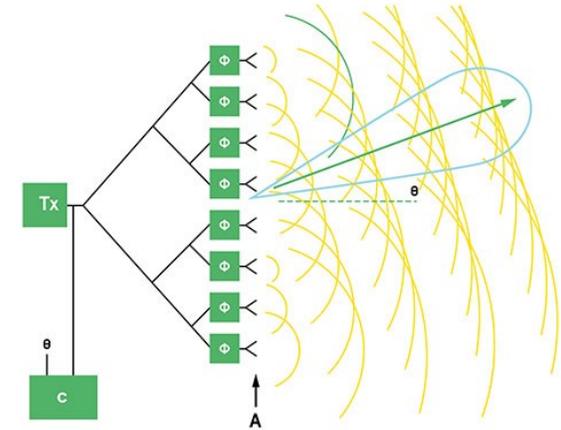
Justificación



Antecedentes



Alcance



- INTRODUCCIÓN
-  OBJETIVOS
- MATERIALES Y MÉTODOS
- RESULTADOS Y DISCUSIÓN
- CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS



General

Desarrollar un sistema de localización de un dron subacuático, mediante la construcción de un arreglo de hidrófonos utilizando técnicas de beamforming y machine learning.

Específicos

- 1 • Contrastar la teoría sobre el posicionamiento de vehículos subacuáticos mediante el uso de señales acústicas y la implementación de técnicas de beamforming y machine learning.
- 2 • Diseñar e implementar un arreglo de hidrófonos, para la adquisición de señales acústicas en un medio subacuático controlado y en uno no controlado.
- 3 • Generar una base de datos de las señales acústicas obtenidas del dron en los dos posibles escenarios subacuáticos.
- 4 • Realizar la programación del algoritmo de beamforming y el entrenamiento de machine learning, mediante el uso del software Matlab, para determinar el posicionamiento del dron en los dos posibles escenarios subacuáticos.
- 5 • Comparar el desempeño de los algoritmos de beamforming y machine learning, para determinar el rendimiento de los mismos y seleccionar el más efectivo en los dos escenarios propuestos.

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
-  MATERIALES Y MÉTODOS
- RESULTADOS Y DISCUSIÓN
- CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS





PowerVision
PowerRay



DolphinEar
DE200



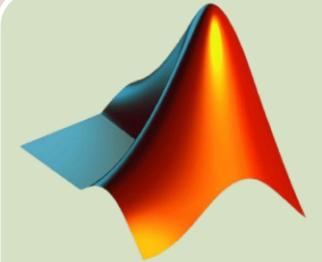
Behringer
U-Phoria
UMC404HD



Audacity



AutoCAD
2024



MATLAB

Matlab
2023a

Diseño del arreglo lineal uniforme de hidrófonos

Para 2500 Hz:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1435 [m/s]}{2500 [1/s]} = 0,574 [m]$$

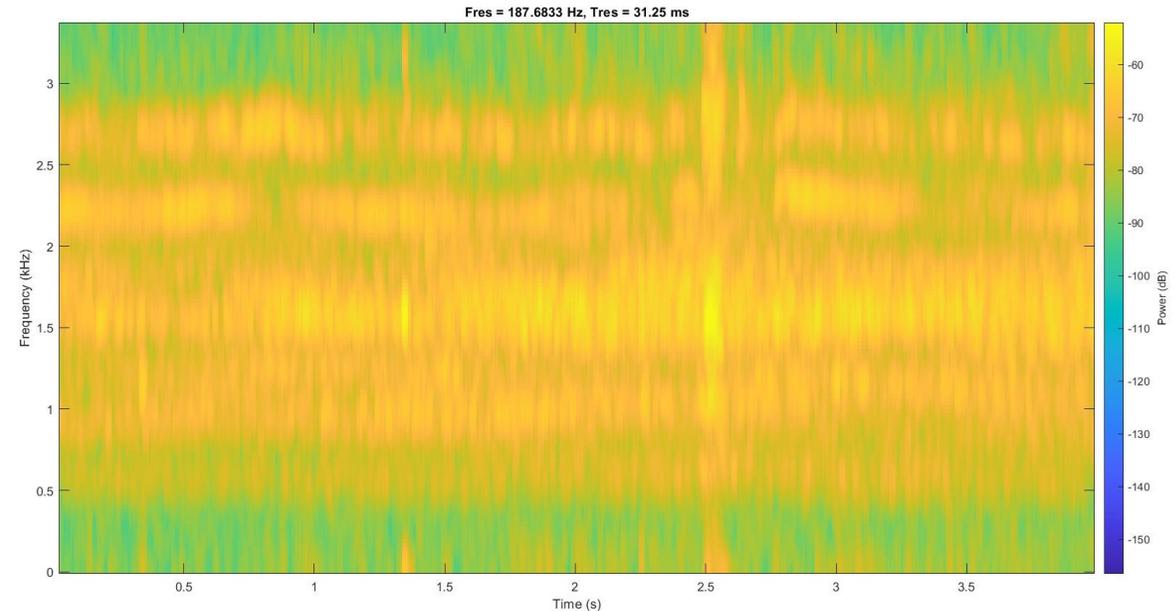
Para 250 Hz:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1435 [m/s]}{250 [1/s]} = 5,74 [m]$$

La distancia entre los hidrófonos debe cumplir:

$$d < \frac{\lambda}{2}$$

$$d < 0,287 [m]$$



Diseño del arreglo lineal uniforme de hidrófonos

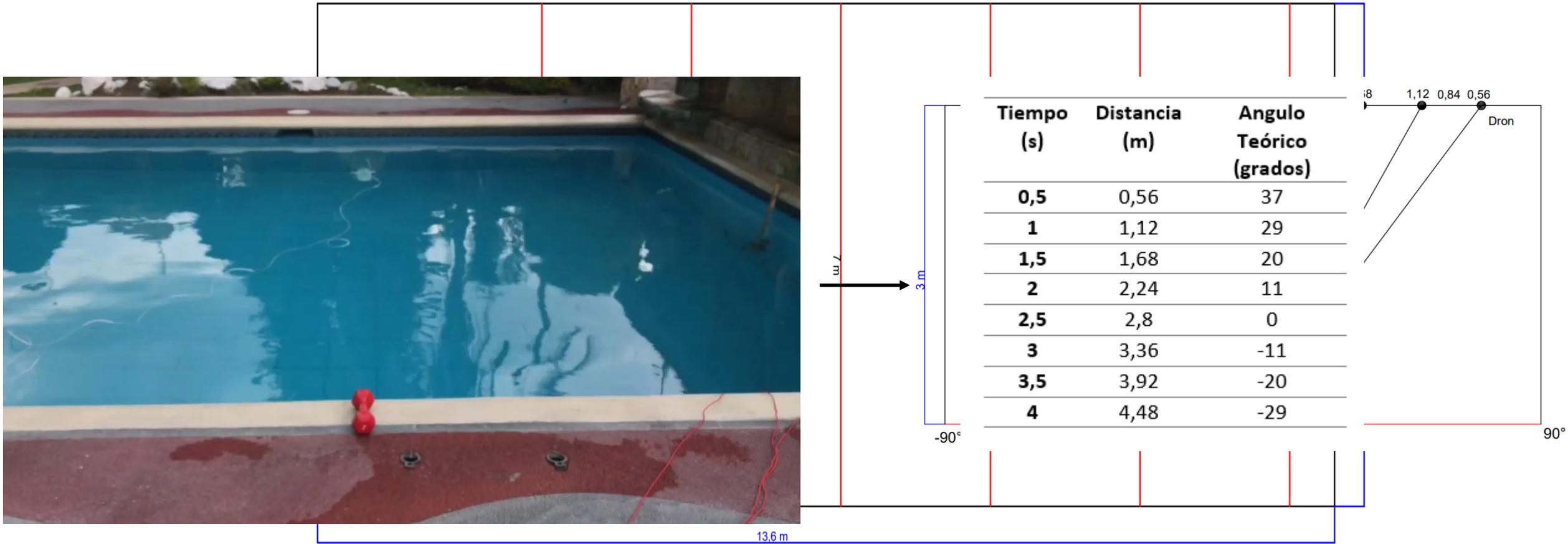
Medio controlado



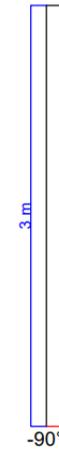
Medio no controlado



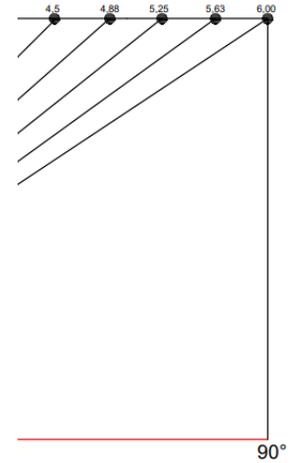
Adquisición y procesamiento de señales para algoritmos Music y Espirit- Medio controlado



Adquisición y procesamiento de señales para algoritmos Music y Spirit – Medio no controlado

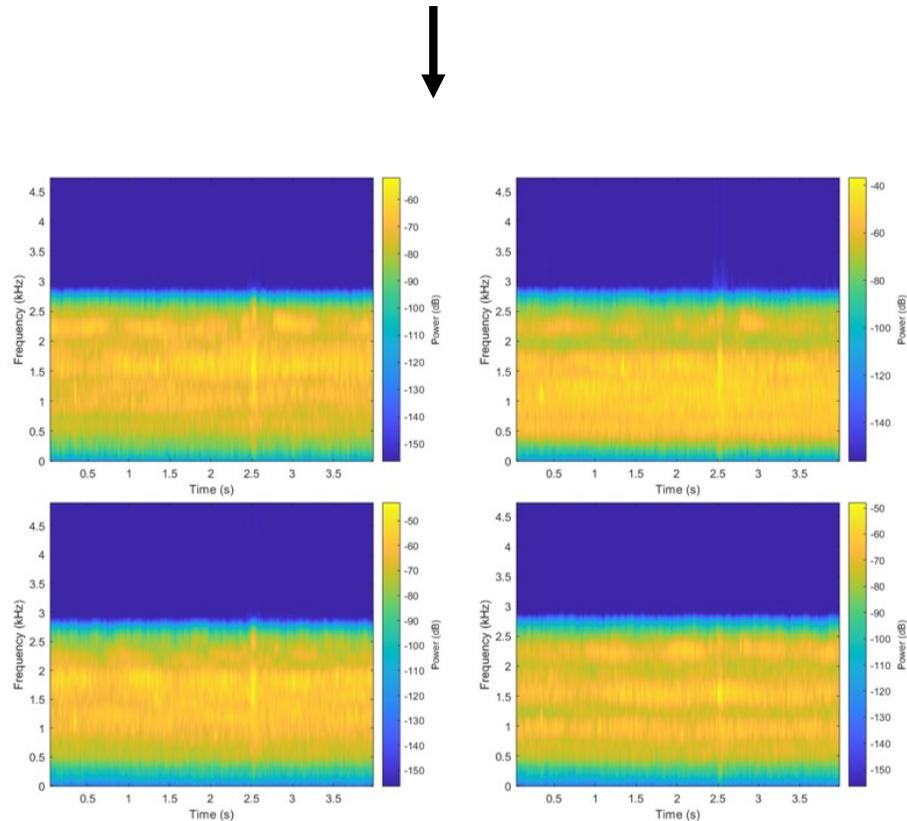


Tiempo (s)	Distancia (m)	Angulo teórico (grados)
1	0,75	-14
2	1,50	0
3	2,25	14
4	3,00	27
5	3,75	37
6	4,50	45
7	5,25	51
8	6,00	56

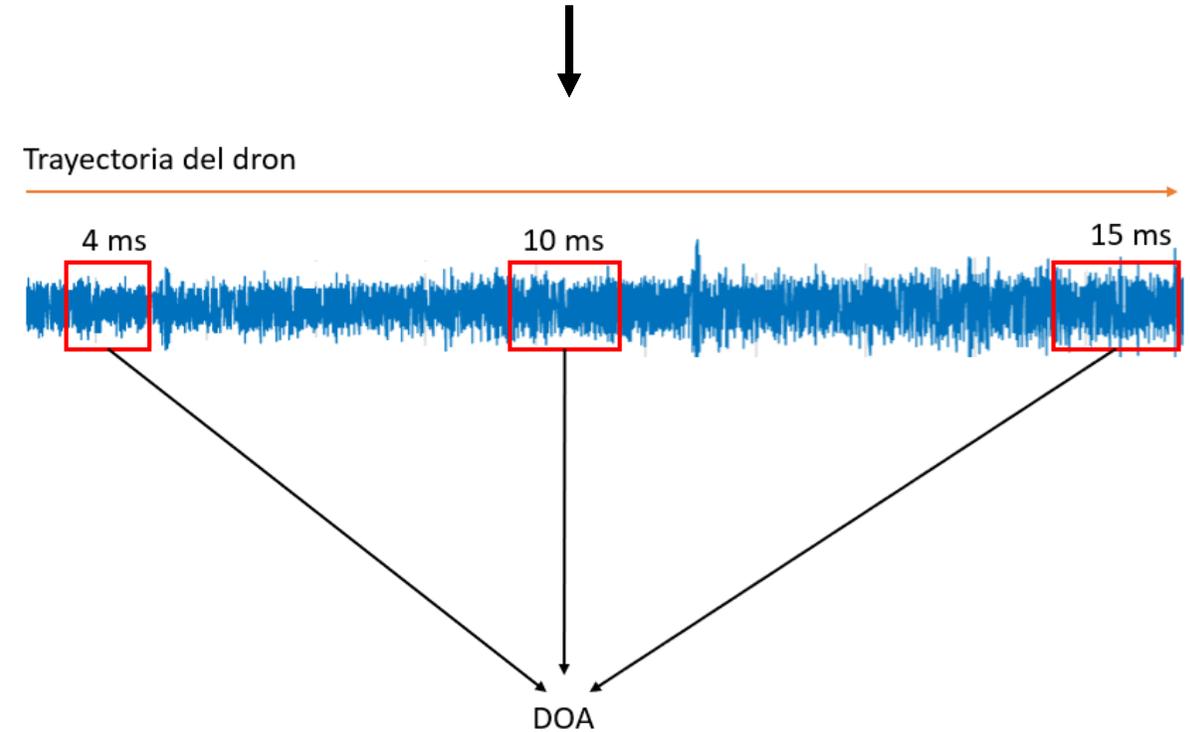


Adquisición y procesamiento de señales para algoritmos Music y Spirit

Procesamiento para las señales de audio

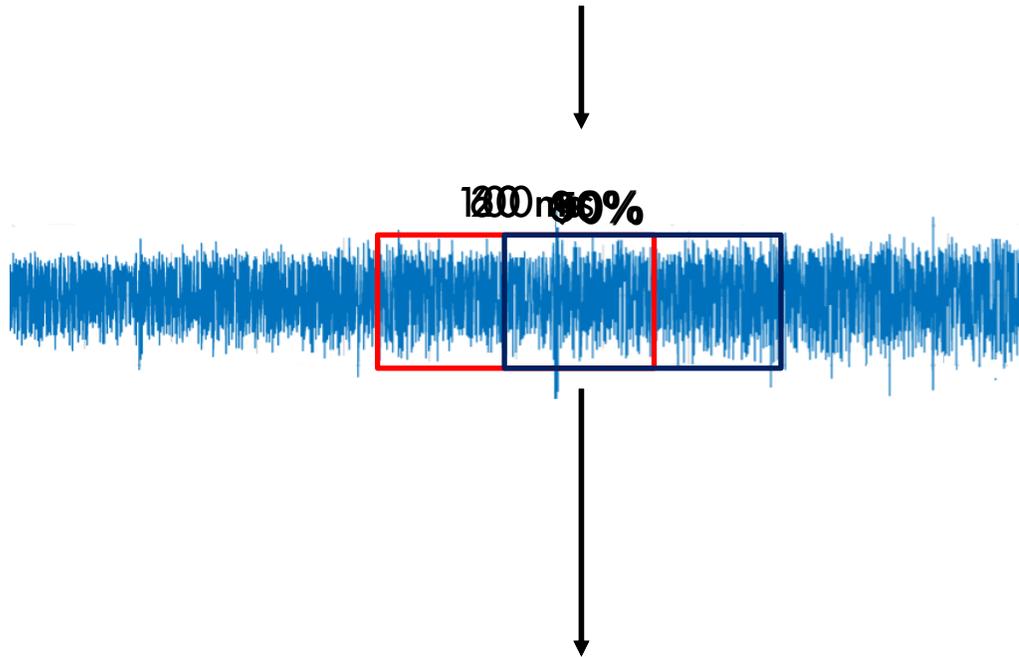


Método de evaluación de los ángulos de arribo



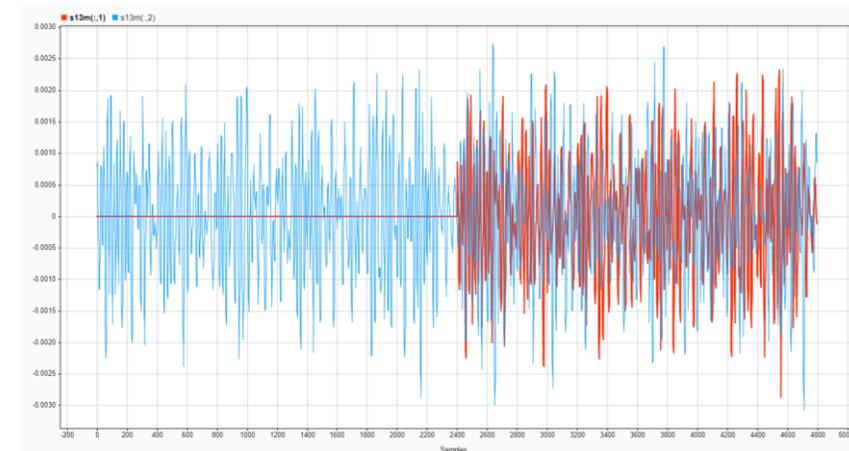
Generación de base de datos y entrenamiento de modelos para machine learning

Segmentación de la señal



Base de datos para machine learning

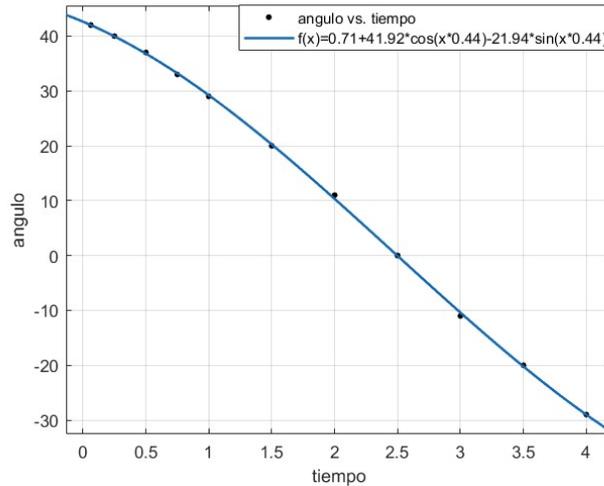
Recorte de ventanas iniciales



Generación de base de datos y entrenamiento de modelos para machine learning

Cálculo de los ángulos teóricos

Curve Fitter



Etiqueta de datos

Variables

Hidrófono 1

Hidrófono 2

Hidrófono 3

Hidrófono 4

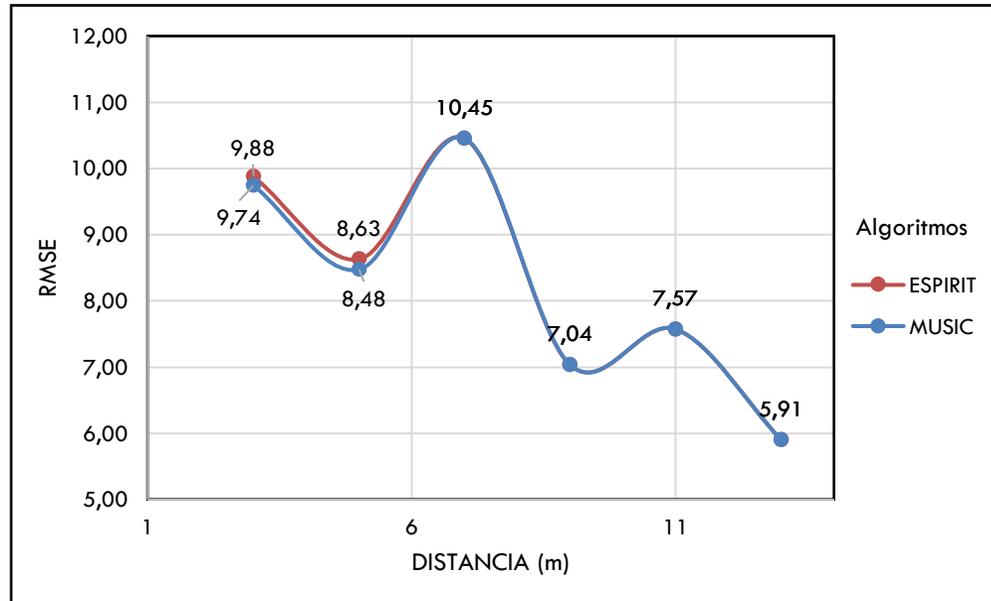
Predictores

DOA

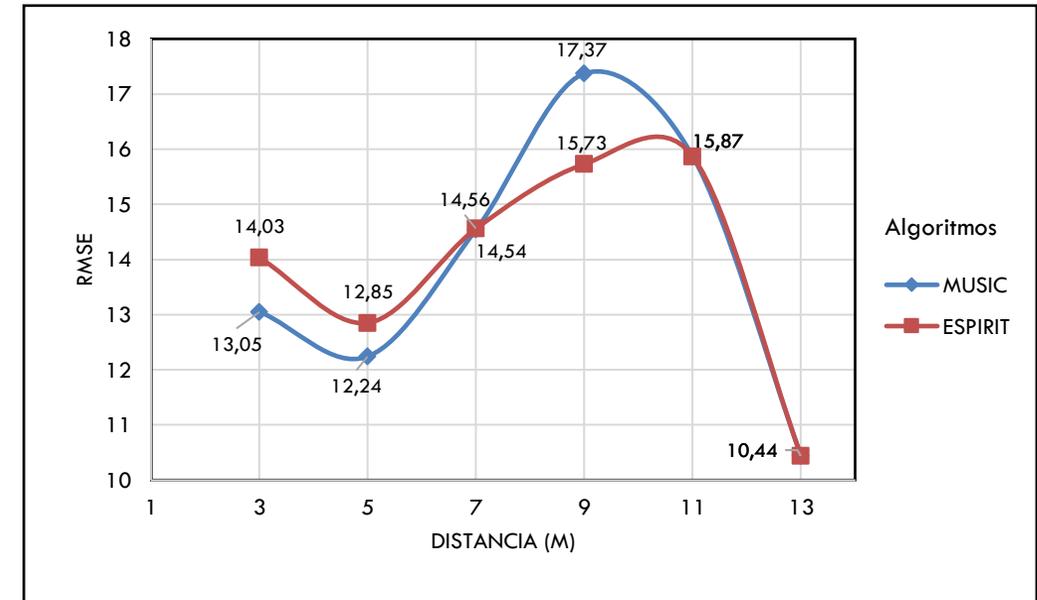
REGRESSION
LEARNER



Medio controlado.

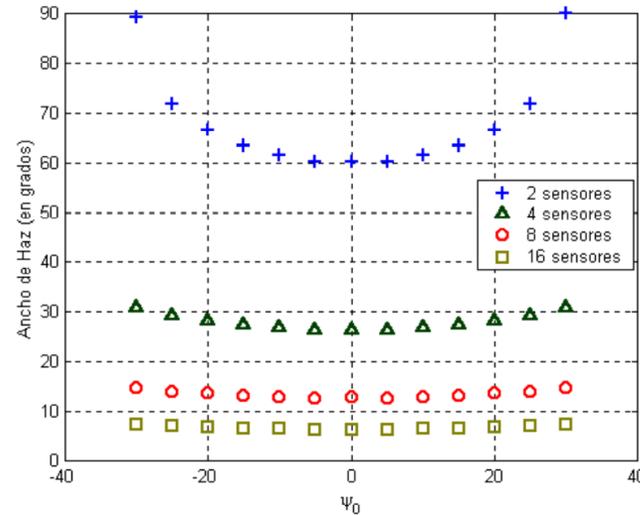
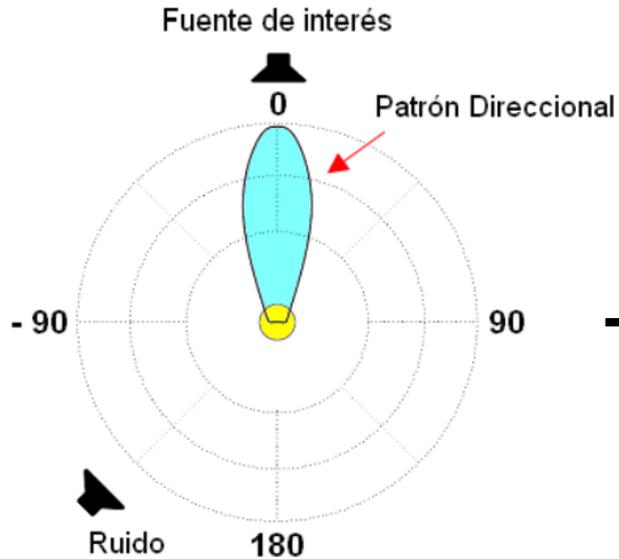


Medio no controlado



Existe una pérdida de rendimiento del 69,8% para Music y para el Espirit del 68,6% al trabajar en el lago con respecto a la piscina

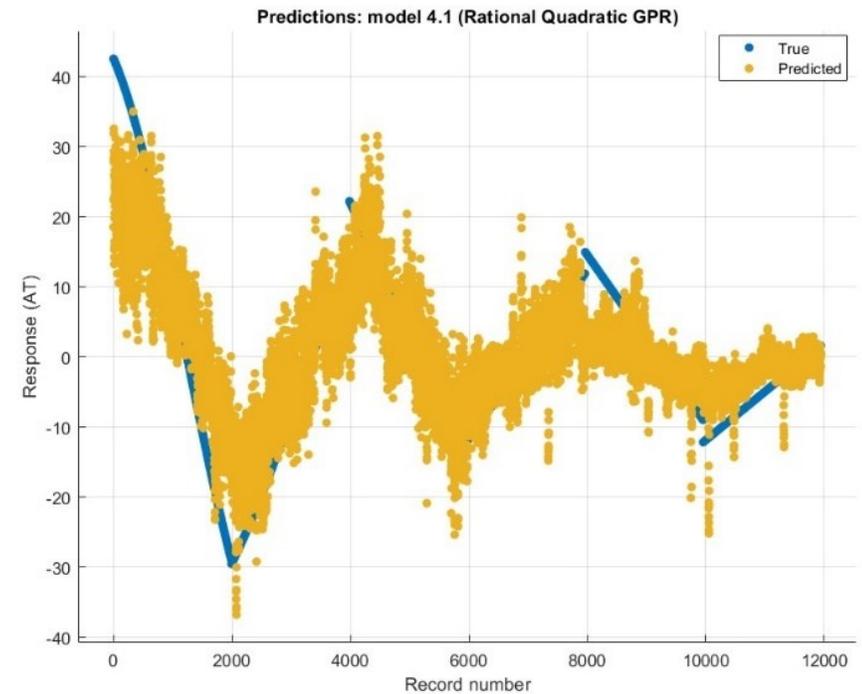
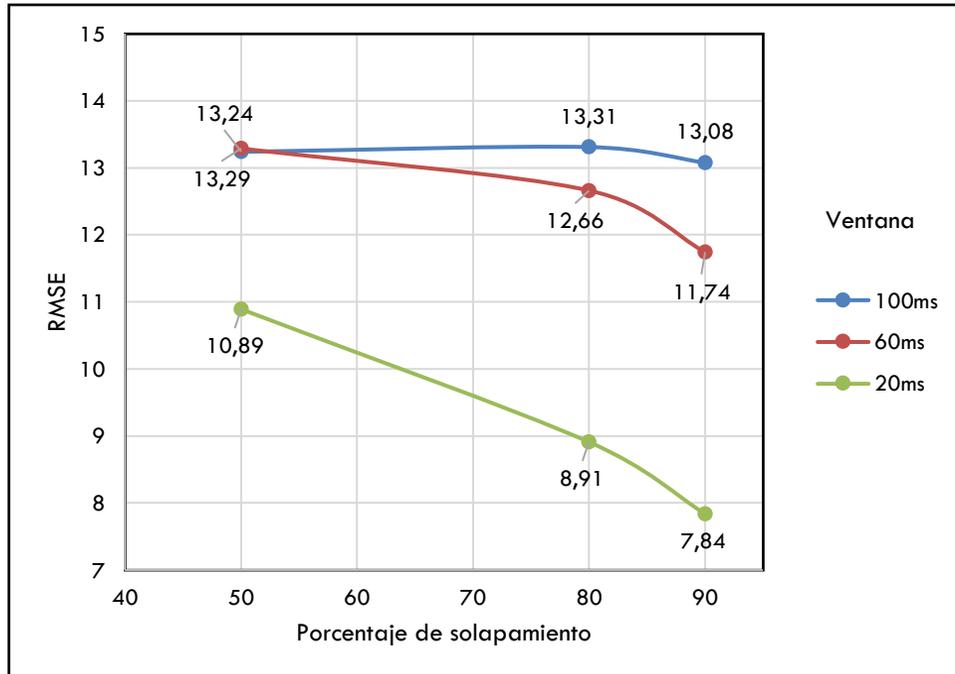
Ancho de haz del arreglo lineal de hidrófonos



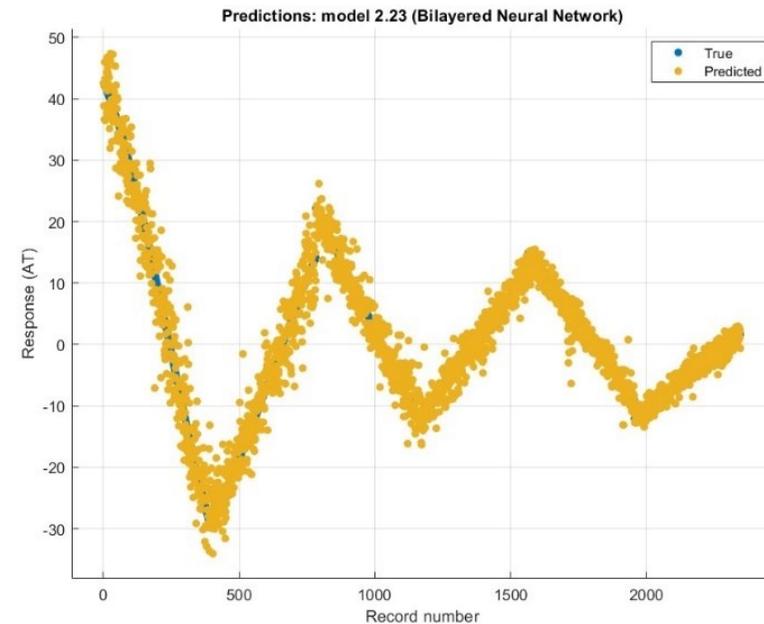
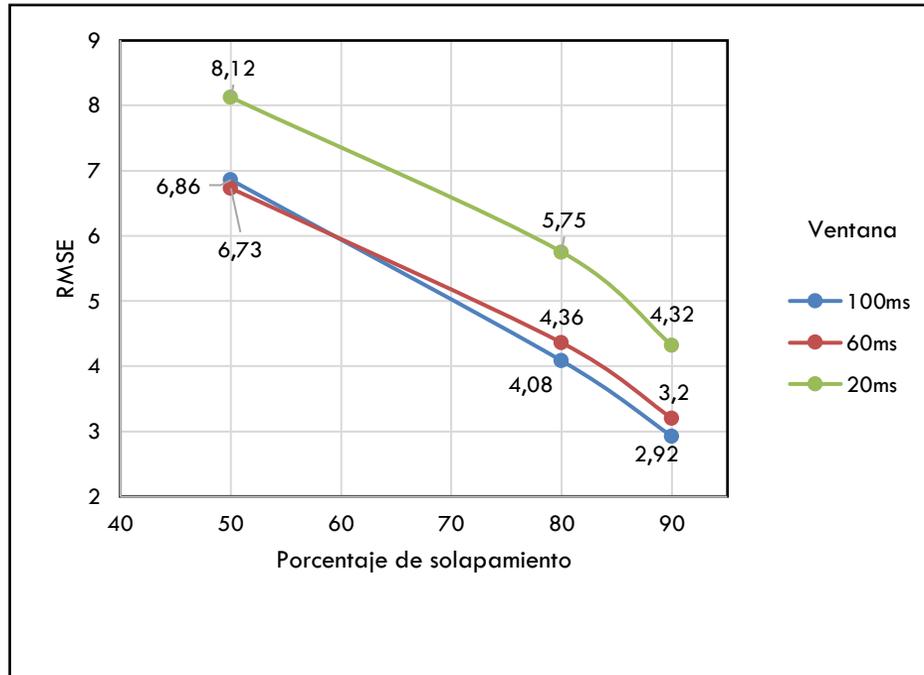
4 Hidrófonos
Piscina: $\pm 20^\circ$
Lago: $\pm 30^\circ$

16 Hidrófonos
 $\pm 3,6^\circ$

Dominio del tiempo – Medio controlado

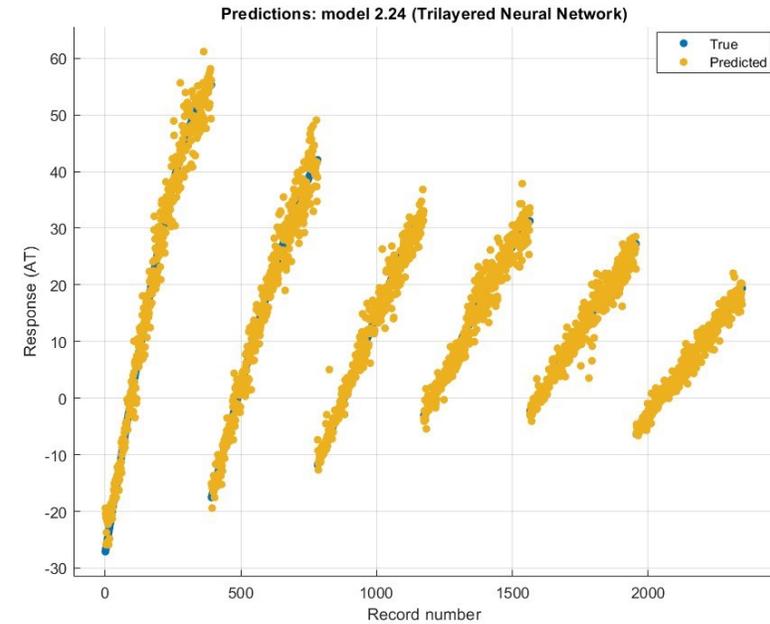
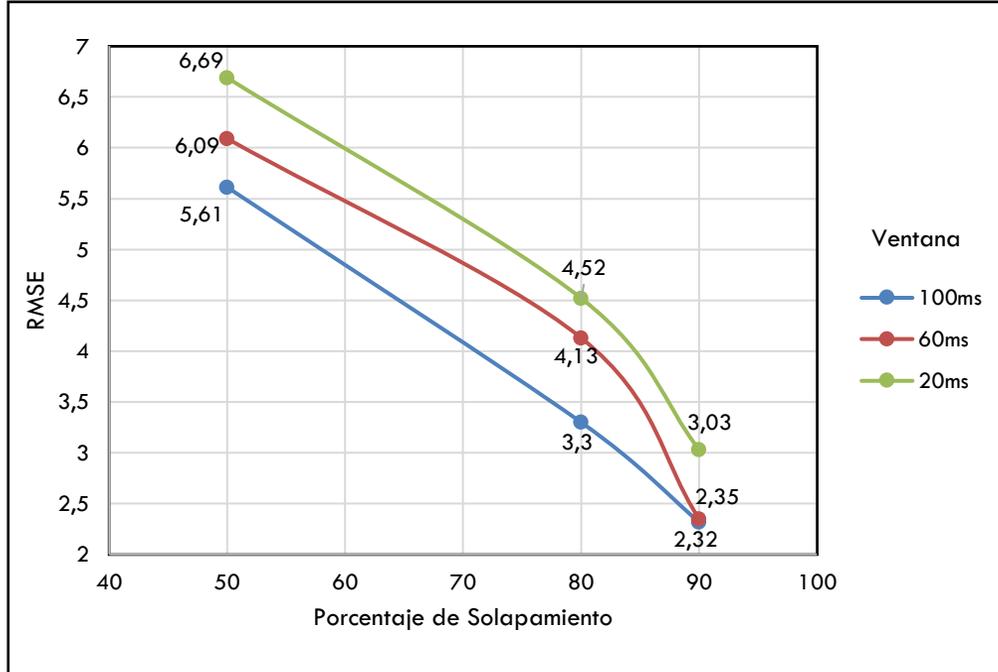


Dominio de la frecuencia – Medio controlado



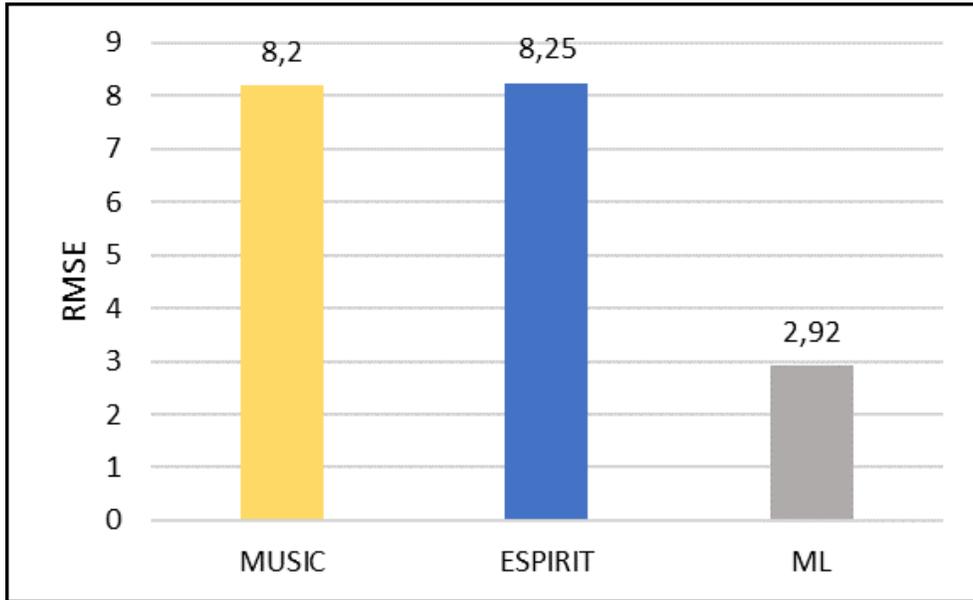
El rendimiento de los modelos de machine learning cuando se trabaja en el dominio de la frecuencia con respecto al tiempo mejora en un 62,8%

Dominio de la frecuencia – Medio no controlado



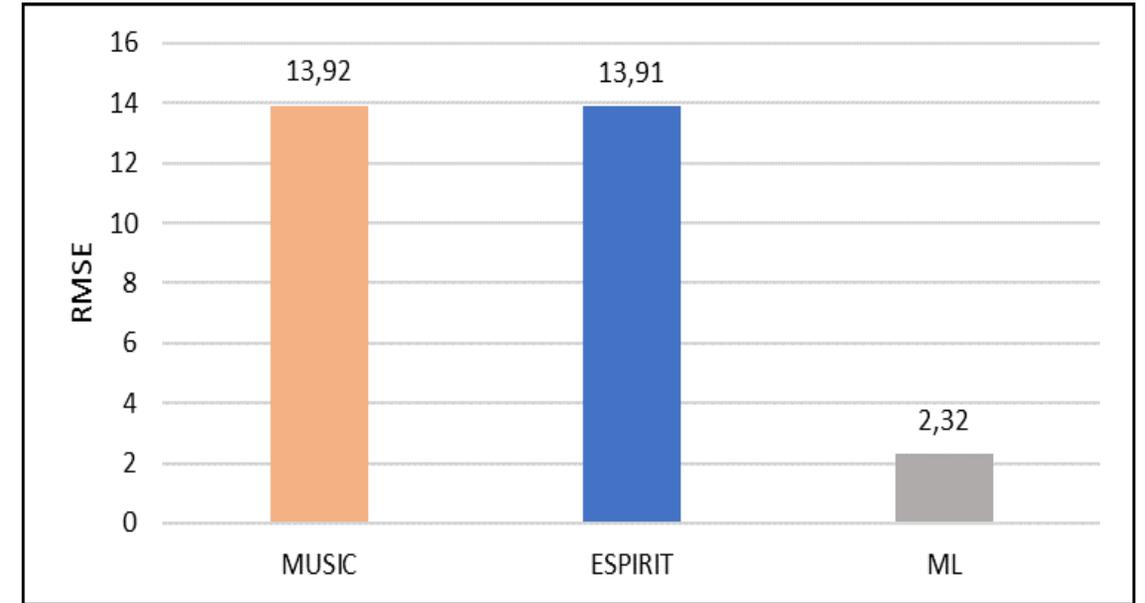
Al comparar los resultados del lago con respecto a la piscina en el dominio de la frecuencia se puede establecer que el rendimiento mejora en un 20,5%

Medio controlado.



Machine learning en el dominio de la frecuencia mejora su rendimiento con respecto a beamforming en un 64,5%.

Medio no controlado.

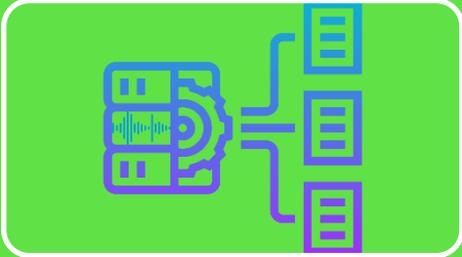


Machine learning en el dominio de la frecuencia mejora su rendimiento con respecto a beamforming en un 83,33%





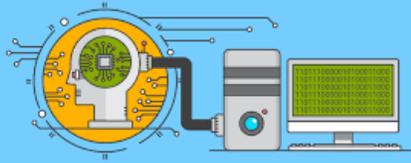
En el presente trabajo de investigación se diseñó e implementó un arreglo lineal de hidrófonos para la adquisición de las señales acústicas emitidas por el dron subacuático tanto para el medio controlado, así como también para el no controlado, identificando que las características y el comportamiento del arreglo lineal permitieron establecer que los hidrófonos deben permanecer fijos en su posición para evitar la deformación del lóbulo principal y la detección errónea de la posición del dron.



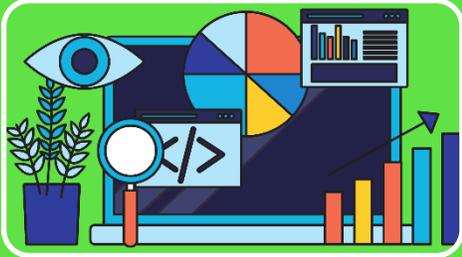
Para determinar el tamaño de datos necesarios que permitan un adecuado funcionamiento computacional y que posea las características necesarias para evaluar los algoritmos de beamforming y machine learning se generó una base de datos de las señales acústicas obtenidas en los dos escenarios de prueba.



Se realizó la programación de los algoritmos de beamforming mediante el uso del software Matlab donde se determinó la posición del dron mediante el ángulo de arribo en los escenarios de prueba, evidenciando que los algoritmos Music y Espirit no son eficientes para localizar el dron tanto en la piscina como en el lago ya que de acuerdo con los resultados obtenidos presentan errores significativos y su rendimiento decae conforme crece la región de incidencia de las señales de audio hacia el arreglo lineal uniforme de hidrófonos.



Se efectuó el entrenamiento de los modelos de machine learning mediante la aplicación Regression Learner de Matlab en la cual se ejecutaron pruebas tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia obteniendo en este último el menor porcentaje de errores y un rendimiento óptimo computacional.



En las pruebas realizadas de machine learning se pudo establecer que se obtiene mejores resultados cuando el solapamiento de las ventanas es mayor al 80%. En lo que respecta a la longitud de ventana se obtiene resultados eficientes cuando la ventana es menor o igual a 20 ms para el tiempo y mayor o igual a 60 ms para la frecuencia.



Se comparó el desempeño de los algoritmos utilizados para la presente investigación estableciendo que machine learning mediante la utilización de los modelos de Redes Neuronales posee un rendimiento óptimo y es efectivo en la detección de la posición del dron en los escenarios propuestos.



Los resultados del presente trabajo de investigación demostraron que los algoritmos basados en machine learning en función del dominio de la frecuencia, presentan un alto potencial al momento de predecir el ángulo de posicionamiento del AUV respecto al arreglo de hidrófonos en ambos escenarios. Por lo cual, como siguiente paso se contemplaría la implementación del algoritmo de detección en un dispositivo compacto capaz recolectar los datos, procesarlos y detectar la ubicación del vehículo en tiempo real.



Adicional, una línea de investigación sería el implementar el mismo arreglo lineal en los escenarios propuestos, pero con un mayor número de hidrófonos. Teniendo como objetivo evidenciar si existe o no una mejora respecto a la resolución del lóbulo detector generado por el arreglo. Adicional, una línea de investigación sería el implementar el mismo arreglo lineal en los escenarios propuestos, pero con un mayor número de hidrófonos. Teniendo como objetivo evidenciar si existe o no una mejora respecto a la resolución del lóbulo detector generado por el arreglo.



Como siguiente línea de investigación, se plantearía el diseño y la implementación de diferentes formas de arreglos de hidrófonos para la adquisición de la señal de audio. Debido a que dependiendo la forma ya sea circular, rectangular o esférica, variarán parámetros como la directividad y la resolución espacial, pudiendo acoplarse a nuevos estudios en diversos escenarios.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Desarrollo y evaluación de un sistema de localización para un dron subacuático mediante técnicas de beamforming y machine learning

Autores: Ortiz Carreño, Andrés Miguel; Sánchez Lincango, Luis Fernando

Director: Carrera Erazo, Enrique Vinicio PhD.

Sangolquí, 27 junio 2023

