

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRES DE FEBRERO**

Carrera: Ingeniería de Sonido

**INFORME FINAL**

**PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA (PPS)**

**Fundación Cethus**

**Alumno: Martín Tomás**

**2022**

## RESUMEN

El alumno realizó la Práctica Profesional Supervisada (PPS) de la carrera Ingeniería de Sonido de la Universidad Nacional de Tres de Febrero en la Fundación Cethus. Las actividades iniciaron en el mes de agosto de 2021, y finalizaron en el mes de marzo de 2022. La Fundación Cethus es una de las principales organizaciones sin fines de lucro encargadas de investigar y divulgar conocimiento sobre los distintos tipos de cetáceos del Mar Argentino para su conservación. La fundación implementa métodos de monitoreo que requieren de un profundo conocimiento de características de señales acústicas subacuáticas. En el siguiente informe se presentan las actividades realizadas por el estudiante durante la práctica haciendo énfasis en los conocimientos adquiridos en ella.

## SUMMARY

The student performed the Supervised Professional Practice (PPS) of the Sound Engineering career at the Universidad Nacional de Tres de Febrero in Fundación Cethus. The activities began in august 2021 and were completed in march 2022. Fundación Cethus is one of the main non-profit organizations in charge of investigating and spread knowledge about the different types of cetaceans in the Argentine Sea for their conservation. The foundation implements monitoring methods that require a deep understanding of underwater acoustic signals. In the following report, the activities carried out by the student during the practice are presented, emphasizing the knowledge acquired in it.

**Palabras clave:** *acústica subacuática, procesamiento digital de señales, análisis de datos.*

**Keywords:** *subacoustic acoustic, digital sound processing, data analysis.*

## ÍNDICE

1. PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA FUNDACIÓN CETHUS.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Justificación.....	5
2. OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo general.....	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
3. PROCESO DE FORMACIÓN DE VOLUNTARIO.....	7
3.1 Descripción.....	7
3.1.1 Metodología empleada.....	7
3.1.2 Resultados obtenidos.....	11
3.1.2.1 Análisis de los resultados obtenidos.....	11
4. INSPECCIÓN DE GRABACIONES PARA CONFECCIÓN DE BASE DE DATOS.....	12
4.1 Descripción.....	12
4.1.1 Metodología empleada.....	12
4.1.2 Resultados obtenidos.....	14
4.1.2.1 Análisis de los resultados obtenidos .....	14
5. DISEÑO DE BASE DE DATOS PARA SQL.....	14
5.1 Descripción.....	12
5.1.1 Metodología empleada.....	15
5.1.2 Resultados obtenidos.....	16
5.1.2.1 Análisis de los resultados obtenidos .....	16
6. DESARROLLO DE SOFTWARE DE DETECCIÓN.....	17

6.1 Descripción.....	17
6.1.1 Metodología empleada.....	17
6.1.2 Resultados obtenidos.....	21
6.1.2.1 Análisis de los resultados obtenidos .....	21
7. CONCLUSIONES.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23

---

## **1. PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA EN FUNDACIÓN CETHUS.**

---

### **1.1 Introducción**

Dentro del territorio argentino, la Fundación Cethus es una de las principales organizaciones sin fines de lucro encargadas de investigar, monitorear, estudiar y divulgar conocimiento sobre distintos tipos de cetáceos para su conservación. Desde el año 2010, la fundación implementa métodos de monitoreo que buscan caracterizar señales acústicas subacuáticas. En la actualidad, en conjunto con el Grupo de Investigación de Acústica Submarina (GIAS) de la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF), se encuentra en etapa de desarrollo de una sonoboya autónoma de Monitoreo Acústico Pasivo (PAM) que registre eventos sonoros (tanto de cetáceos como antropogénicos) para enviarlos automáticamente a un servidor en la nube con el cual se permite el procesamiento remoto de la información.

En la presente práctica profesional se analizaron las características acústicas de diversos sonidos subacuáticos recolectados en las distintas campañas antárticas realizadas previamente por personal de la fundación. Luego se lleva a adelante una revisión del estado del arte en sistemas computacionales de detección automática de eventos acústicos. Se estudian conceptos básicos de bases de datos en SQL para a posterior diseñar una base de datos y además se desarrollaron algoritmos de detección automática. Estos últimos se implementan con el objetivo de facilitar la tarea de detección y obtención de eventos acústicos de interés en grabaciones de larga duración. Por último, se desarrolló una clase en el curso de Acústica Subacuática con los resultados obtenidos con el objetivo de divulgar y fomentar el desarrollo de herramientas computacionales.

### **1.2 Justificación**

Al realizar la práctica profesional en la fundación Cethus se le proporciona al alumno una gran oportunidad para aplicar conceptos adquiridos durante la carrera en soluciones de ingeniería. La experiencia estuvo atravesada principalmente por la acústica subacuática y el procesamiento digital de señales, pero además se debieron incorporar nuevos conocimientos tales como: diseño de bases de datos; tipos y características de vocalizaciones de cetáceos; y distintas topologías de sistemas de detección automática de eventos sonoros existentes. Por lo tanto, a partir de esta práctica profesional se llevaron a cabo soluciones de ingeniería en el marco de acústica subacuática mediante un estudio exhaustivo de la problemática y el desarrollo de algoritmos computacionales de detección de eventos sonoros.

Debido a que las actividades que realiza la fundación suelen ser no remuneradas, pues al tratarse de una ONG gran parte de su personal realiza actividades ad-honorem, este

tipo de prácticas profesionales no pueden considerarse como vínculo directo entre el ámbito académico y laboral. Sin embargo, llevar a cabo las prácticas profesionales dentro de la fundación sirve como una experiencia en el desarrollo de soluciones de ingeniería para problemáticas reales. Por lo tanto, las mismas pueden considerarse sumamente útiles de forma indirecta ya que aporta experiencias que sirven para mejorar la forma en la que el alumno se vinculará en un ámbito laboral. Además, deja un antecedente de haber trabajado en el área de ingeniería de una organización, en este caso en particular, relacionado con investigación y desarrollo de software.

---

## **2. OBJETIVOS.**

---

### **2.1 Objetivo general**

El objetivo principal de esta práctica fue la inserción del alumno en el ambiente del desarrollo de soluciones de ingeniería orientada principalmente al desarrollo de algoritmos computacionales para acústica subacuática.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Estudiar y familiarizarse con los eventos acústicos de interés.
- Investigar el estado del arte de la detección automática de eventos acústicos.
- Aprender conceptos fundamentales de bases de datos.
- Elaborar un diseño de base de datos para ser implementada en SQL.
- Investigar, aprender y manejar diversos software específicos para detección manual de eventos acústicos subacuáticos.
- Ejecutar los conceptos aprendidos en la universidad y en la práctica profesional para diseñar, desarrollar y validar detectores de vocalizaciones de ballenas.
- Divulgar y fomentar el desarrollo de algoritmos computacionales con el objetivo de solucionar problemáticas específicas.

---

### **3. PROCESO DE FORMACIÓN DEL VOLUNTARIO.**

---

#### **3.1 Descripción**

Una de las primeras etapas de la práctica profesional consistió en adquirir ciertos conocimientos técnicos y herramientas disponibles para poder desempeñar las demás actividades correctamente.

En este sentido, se tuvo una clase introductoria relacionada con vocalizaciones de cetáceos y sus características espectrales además de exponer un ejemplo del trabajo de detectarlas mediante el uso de un programa específico.

Luego, se realizó una investigación exploratoria de distintos programas para realizar dicha actividad. En este momento resultó necesario hacer cursos introductorios para adquirir nociones básicas que posibiliten su uso y conocer las capacidades de cada uno de los programas posibilitando su comparación.

Por otro lado, debido a que una de las actividades propuestas fue la del diseño de una base de datos relacional en SQL, resultó necesario aprender bases y fundamentos de las mismas.

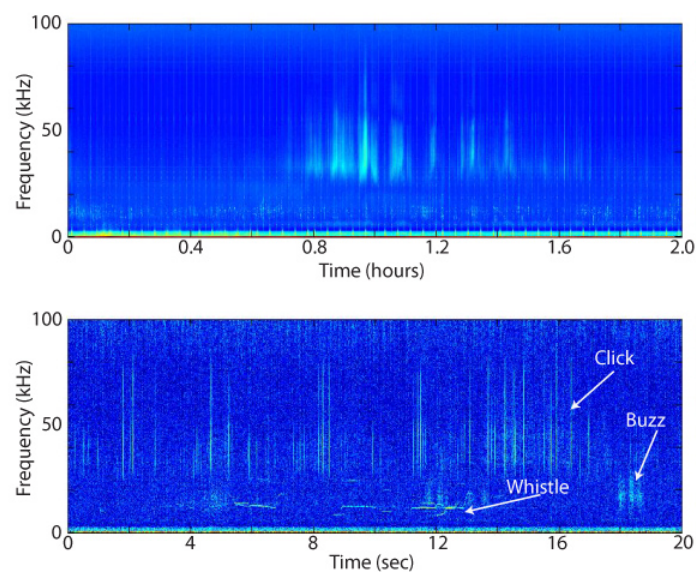
Por último, se realizó una revisión del estado del arte de algoritmos de detección y clasificación automática. Con estos conocimientos se establecieron las premisas para crear herramientas computacionales personalizadas para satisfacer las necesidades e inquietudes que planteaba el personal de la fundación.

Vale la pena mencionar que estas actividades están relacionadas con la incorporación de conocimientos que exceden al contenido aportado por la formación académica de el pasante. Pero, analizándolo desde otra perspectiva, la formación académica de ingeniería sirvió no solo para poder aprender esta nueva información en un tiempo considerablemente menor sino también para incorporarla de forma crítica y activa. Es decir, el rol del pasante no fue el de un observador meramente pasivo sino que fue un participante activo en la elección de fuentes y contenido de información necesaria para luego poder llevar adelante las distintas actividades correctamente. Si bien el desarrollo de esta actividad en particular fue durante toda la práctica, se concentra mayoritariamente en el primer mes de trabajo (aproximadamente 80hs).

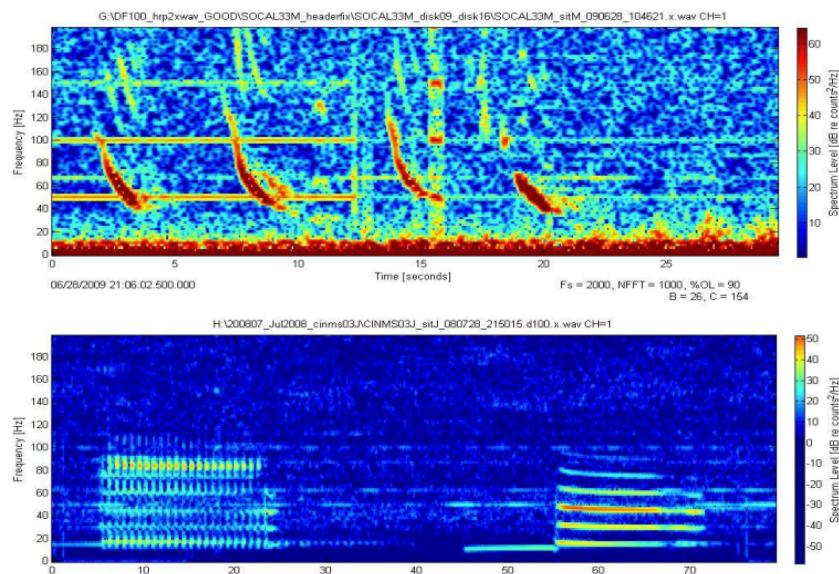
##### **3.1.1 Metodología empleada**

Salvo para el caso de la clase brindada por el personal de la fundación, para el proceso de formación primero se planteaba una actividad puntual a desarrollar y, en base a los conocimientos necesarios, se propusieron distintas instancias y temas de aprendizaje.

En primer lugar se llevó a cabo el proceso de familiarización de las señales acústicas a detectar y anotar. Como se menciona en la descripción, aquí se brindó una pequeña clase introductoria en conjunto con una presentación donde se ilustraban claramente las distintas vocalizaciones y sus características espectrales de forma que el pasante pueda luego realizar sus propias detecciones. Además se mostró a grandes rasgos como suele ser el proceso de calibración de la representación de espectrograma en un programa específico para su correcta inspección. En las figuras 3.1 y 3.2 se muestran los espectrogramas de algunas vocalizaciones a modo de ejemplos.



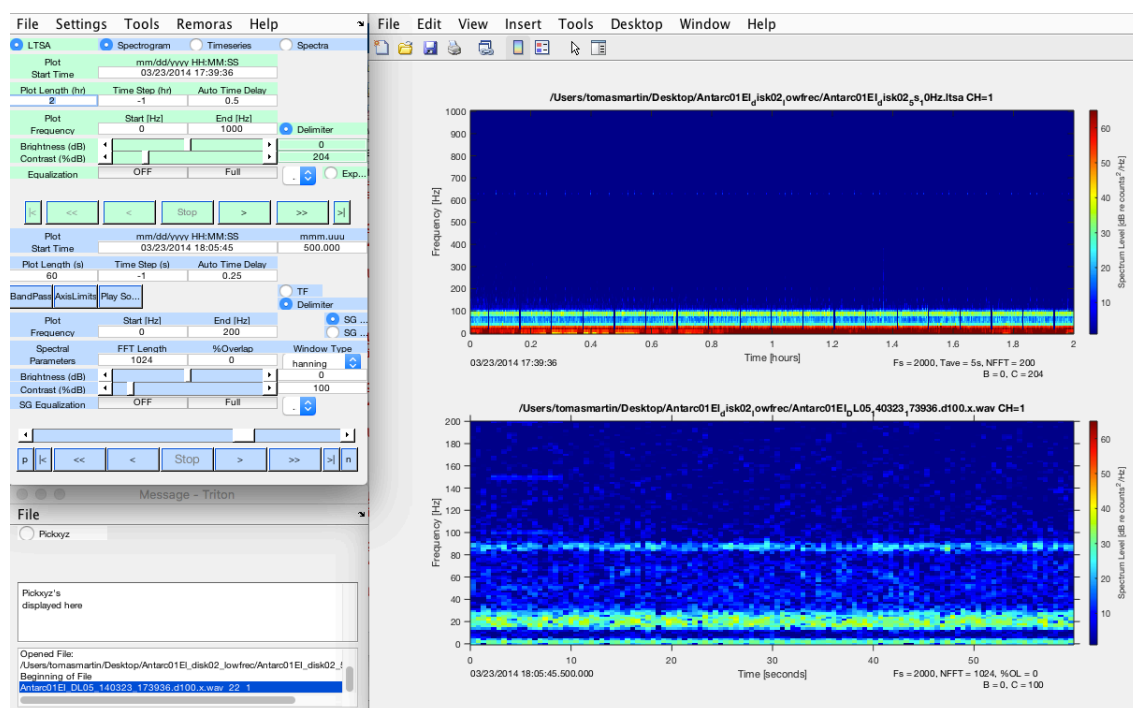
**Figura 3.1.** Ejemplos de espectrogramas de vocalizaciones de alta frecuencia.





**Figura 3.2.** Ejemplo de espectrogramas de vocalizaciones de baja frecuencia.

En segundo lugar, se realizaron unas primeras pruebas de detecciones en Triton, el software que estaba utilizando el personal de la fundación. Triton es un algoritmo de código abierto escrito en Matlab. Como cuestión a destacar, el mismo permite la reducción de representaciones de extensas grabaciones en un archivo suficientemente liviano para una primer inspección general. Este proceso es útil, sobretudo cuando se trata de encontrar vocalizaciones en altas frecuencias debido a que la representación directa de su espectrograma cargaría considerablemente al procesador y memoria RAM volviendo de esta tarea una actividad lenta y tediosa. Si bien el procesamiento antes mencionado supone un gran beneficio, se consideró que el programa no es lo suficientemente ágil para llevar a cabo una actividad de detección de eventos registrados en varios años de grabaciones continuas. Es por esto que se le propuso a los responsables de la fundación realizar un proceso de revisión de distintos programas existentes. En la figura 3.3 se muestra, a modo de representación, la interfaz de usuario de Triton.



**Figura 3.3.** Interfaz de usuario de Triton. Representación simplificada (gráfico superior) y representación real (gráfico inferior).

Se comenzó a estudiar PamGuard, ya que también es un software de código abierto. El mismo presentaba características similares a las de Triton por lo que se decidió continuar con la búsqueda. Se estableció comunicación con los desarrolladores de

Raven Pro 1.6, que a diferencia de los anteriores, se trata de un software comercial. La respuesta de los desarrolladores es que la empresa tiene la política de brindar licencias gratuitas para países de latinoamérica por lo cual finalmente pudo utilizarse sin que esto genere un gasto para la fundación. Se realizó una breve capacitación del mismo y, para nuestra fortuna, se encuentra que mediante este programa se consigue una forma de trabajar muy dinámica. Una característica de este programa es que representa el espectrograma de todas las grabaciones en distintas páginas. En las figuras 3.4 y 3.5 se presentan las interfaces de usuario de PamGuard y Raven Pro respectivamente.

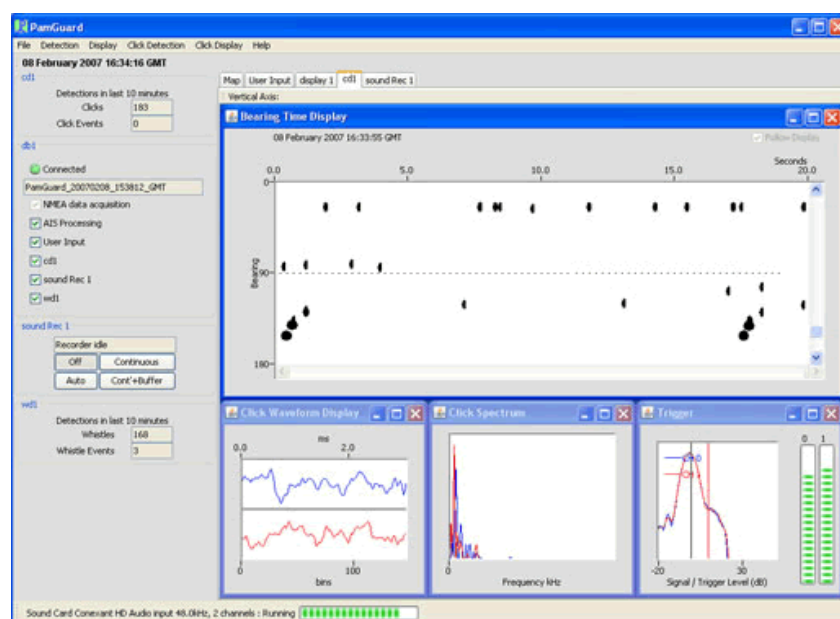
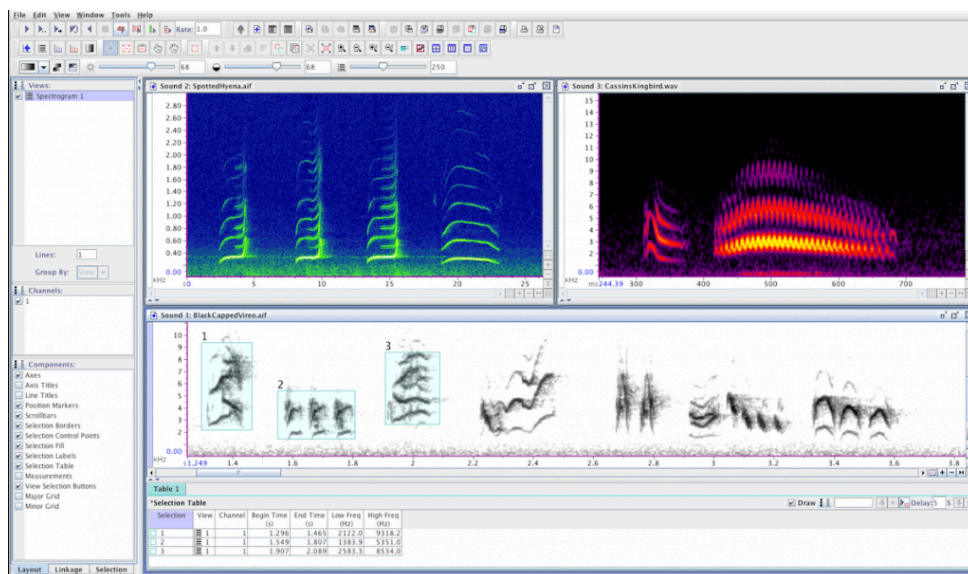


Figura 3.4. Interfaz de usuario de PamGuard.



**Figura 3.5.** Interfaz de usuario de Raven Pro.

Como puede observarse en la figuras 3.3, 3.4 y 3.5, Raven Pro a diferencia de los demás programas permite realizar anotaciones directamente en el programa para luego ser exportadas a un archivo con formato CSV volviendo más dinámica la tarea de detectar eventos acústicos en grandes conjuntos de grabaciones.

Tanto para el caso de la búsqueda de información de bases de datos relacionales en SQL como del estado del arte de algoritmos de detección y clasificación automáticos, se examinaron diversas páginas informativas, papers y publicaciones referidas. Se aprendieron bases y fundamentos de SQL para poder diseñar el diagrama entidad-relación de un futuro desarrollo a cargo del personal de la fundación. Por el otro, se encontraron varias topologías de algoritmos desarrollados con el objetivo de crear sistemas de detección y clasificación automática de eventos acústicos.

Se encontró que los sistemas que se basan en aprendizaje automático son de gran utilidad para identificar señales de interés dentro de grandes conjuntos de datos de forma relativamente barata. Hasta el momento, en la monitorización acústica se han utilizado métodos como el análisis discriminante [Steiner 1981], los modelos de mezcla gaussiana [Roch 2004], las máquinas de vectores de soporte [Fagerlund 2007], los árboles de clasificación y regresión [Oswald 2003], los bosques aleatorios [Gradišek 2017], la codificación dispersa [Guilment 2018] y el aprendizaje profundo [Halkias 2013]. El problema con todos estos métodos es que se requiere de una gran cantidad de datos disponibles para entrenar estos sistemas. Esta es la razón por la cual, los algoritmos que se desarrollaron utilizan una lógica de detección energética y clasificación por

correlación. De esta forma se conseguirán las muestras necesarias para posteriores desarrollos de algoritmos basados en aprendizaje automático.

### 3.1.2 Resultados obtenidos

Durante el desarrollo de la presente actividad los conocimientos técnicos y socioemocionales adquiridos fueron:

- A utilizar diversos programas específicos del rubro.
- Distintos tipos y características de vocalizaciones de cetáceos.
- Nociones elementales de bases de datos en SQL y diagramas entidad-relación.
- Diversas topologías y sistemas de detección y clasificación automática de registros sonoros

#### 3.1.2.1 Análisis de los resultados obtenidos

Debido a que para la redacción del presente informe se agrupó en una sola sección la explicación de la gran mayoría de los conocimientos adquiridos en las prácticas, es que esta actividad se considera sumamente importante para la formación del estudiante. Por un lado se aprendieron algunas cuestiones específicas del rubro, como los son los programas o vocalizaciones de cetáceos. Esto es un valor agregado directamente a la forma de trabajar dentro de la fundación ya que se establecieron metodologías que dinamizan y estandarizan el desarrollo del trabajo. Por otro lado, se produjo un resumen del estado del arte de los sistemas de detección más utilizados, sus beneficios y complejidades. Esto permite establecer metas y objetivos para posibles desarrollos de sistemas de detección y clasificación automática de cetáceos tanto para la empresa como a nivel de interés profesional del voluntario.

---

## **4. INSPECCIÓN DE GRABACIONES PARA CONFECCIÓN DE BASE DE DATOS.**

---

### **4.1 Descripción**

La actividad consistió en la realización de una inspección exhaustiva de distintos discos con grabaciones acústicas mediante la utilización de programas específicos. Para esto fue necesario por un lado, el estudio de las características acústicas de los eventos sonoros de interés. Por el otro, se realizó una investigación exploratoria de los diversos programas comúnmente utilizados para detecciones con el fin de establecer cual o cuales eran los indicados para llevar a cabo la tarea en cuestión. Debido a la meticulosidad con la que hay que realizar tan extensa actividad, la misma se fue realizando durante la totalidad del transcurso de la práctica profesional. Es por esto que, luego del proceso de capacitación hasta casi el final de la práctica se llevó a cabo la revisión de grabaciones de diferentes discos (150hs aproximadamente).

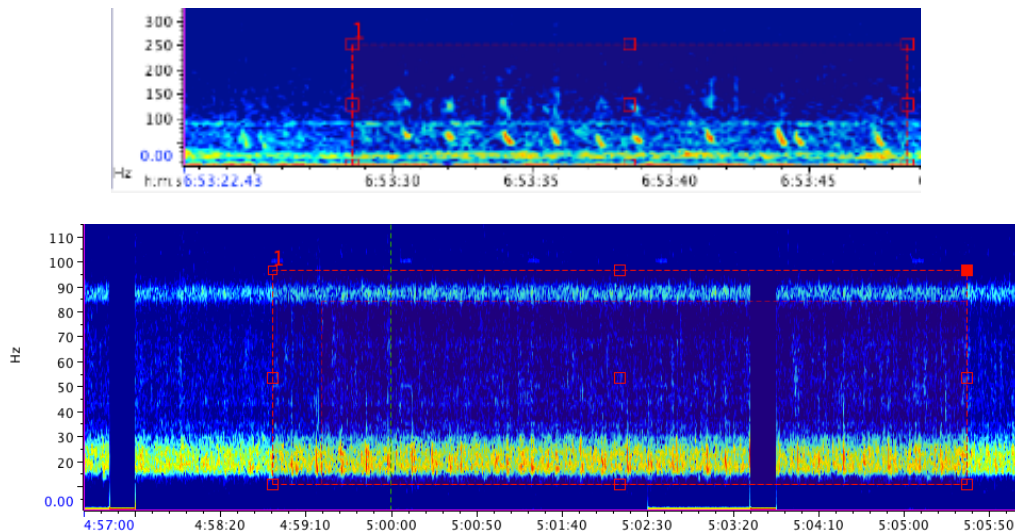
Para llevar a cabo la presente actividad se utilizaron distintos sonidos recolectados durante la campaña antártica. La misma tuvo lugar entre los años 2014-2020 localizándose en la plataforma continental de la República Argentina y el noroeste de la península Antártica. Se pretende detectar particularidades y características intrínsecas que permitan discriminar entre distintos tipos de fuentes, correspondiendo principalmente a vocalizaciones de cetáceos. Dichas detecciones deben ser correctamente anotadas en archivos excel de forma tal que a posteriori serán el sustento de bases de datos de los distintos eventos sonoros encontrados en las grabaciones.

Para llevar a cabo el proceso, se observan las mencionadas particularidades en el espectrograma de los archivos de audio. Por tal motivo, resulta necesario tener conocimientos previos de procesamiento de señales de audio, en particular poder manipular correctamente los distintos parámetros que influyen en la representación del espectrograma. Estos temas fueron adquiridos durante el transcurso de la materia procesamiento digital de señales.

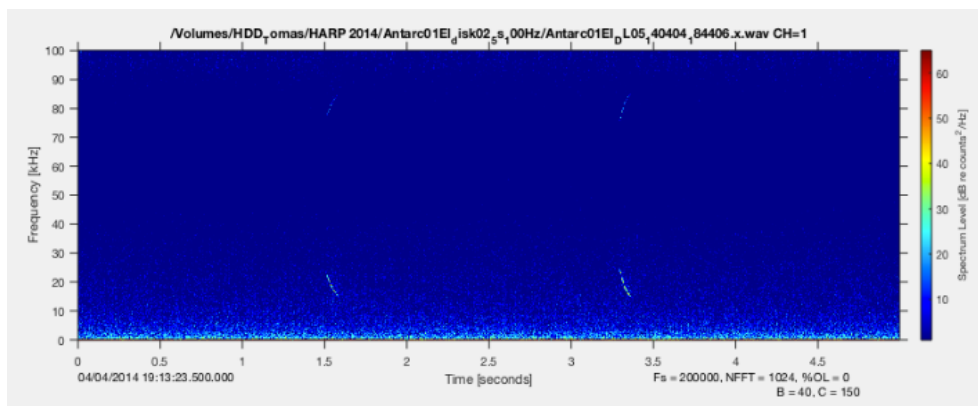
#### 4.1.1 Metodología empleada

Como se explica en la etapa de formación, Raven Pro 1.6 posibilita una forma de trabajar muy dinámica cuando se trata de eventos que suceden regularmente y es necesario realizar una inspección minuciosa de los registros sonoros. Por otro lado, el archivo simplificado que genera Triton se consideró una herramienta sumamente útil para eventos esporádicos. Por lo tanto, Raven Pro 1.6 se decidió utilizar para trabajar con bajas frecuencias, ya que en esta banda en particular se encuentran regularmente grandes cantidades de vocalizaciones a anotar durante gran parte del transcurso de las grabaciones. Por otro lado, para altas frecuencias se trabajó con Triton ya que estas son fácilmente distinguibles en una primer inspección mediante el uso del archivo simplificado. Vale la pena mencionar que si dicha actividad se realizara con Raven Pro habría que recorrer el total de las grabaciones lo que volvería considerablemente más lenta la evolución de la actividad.

Una vez determinada la metodología de trabajo, se inicia el proceso de inspección y carga de las vocalizaciones. Dicha actividad se llevó a cabo durante lo que duró toda la práctica profesional. En la figura 4.1 se presentan a modo de ejemplo algunas de las vocalizaciones encontradas en el análisis de baja frecuencia y en la figura 4.2 se presentan vocalizaciones en altas frecuencias.



**Figura 4.1.** Vocalizaciones detectadas en Raven Pro de Minke (gráfico superior) y Fin (gráfico inferior).



**Figura 4.2.** Vocalizaciones de Orcas encontradas en Triton.

#### 4.1.2 Resultados obtenidos

Durante el desarrollo de la presente actividad los conocimientos técnicos y socioemocionales adquiridos fueron:

- Dedicación, con buena disposición, en una tarea larga y tediosa de forma metódica y ordenada.
- La automotivación, la responsabilidad y la tolerancia a la frustración son capacidades sumamente importantes para lograr cumplir con esta actividad en particular.

- Desarrollar criterio profesional para proponer soluciones a las complicaciones evidentes en la actividad de forma que dinamicen su desarrollo.

#### 4.1.2.1 Análisis de los resultados obtenidos

Se considera a los resultados de la presente actividad como satisfactorios sobretudo en el plano de lo socioemocional. Al realizar una actividad considerablemente larga y repetitiva se forzó a establecer una forma metódica de trabajo, a encontrarse con problemáticas reales y a proponer posibles soluciones concretas.

---

## 5. DISEÑO DE BASE DE DATOS PARA SQL.

---

### 5.1 Descripción

Se llevó a cabo el diseño de la base de datos relacional (BDR) donde se almacenan los nombres de archivos y características de interés para los registros sonoros detectados y clasificados. El sistema de gestión de bases de datos que en el que va a desarrollarse es PostgreSQL. En la figura 5.1 se muestra en el diagrama de entidad - relación del diseño de la BDR a implementar. Vale la pena mencionar que la implementación en PostgreSQL quedará pendiente a futuro para ser desarrollada por el personal de la fundación. El diseño en cuestión busca simplificar y estandarizar la tarea de carga de eventos para los usuarios. Este es el motivo por lo cual se crean diversas tablas con información pre-establecida de forma que el usuario solo tenga que referirse a los ID de los datos que quiere almacenar y evite errores o información redundante.

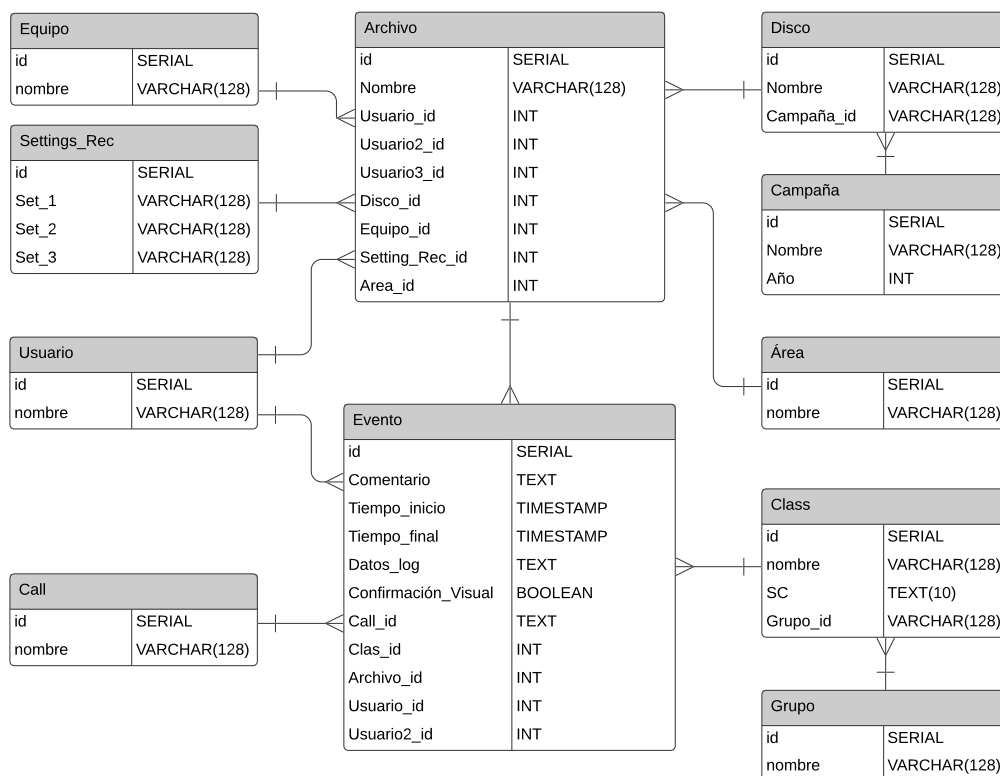
Como se menciona en la actividad número 3, para el desarrollo de la presente actividad resultó necesario incorporar conocimientos básicos de bases de datos y en particular de PostgreSQL. Por lo tanto, sin tener en cuenta la capacitación, la duración estimada del desarrollo de esta actividad fue de una semana (aproximadamente 20hs).

#### 5.1.1 Metodología empleada

En primer lugar se tuvo una reunión con el personal de la fundación, donde se establecieron requisitos básicos necesarios para incluir en el diseño de la base de datos. Luego, en conjunto con otro pasante, estudiante de ingeniería de sonido Ciro Martinez, se tuvieron reuniones donde se fue realizando y corrigiendo el diseño de la base de datos. El trabajo se llevó a cabo en partes iguales entre los 2 participantes del diseño. Por último, se tuvo una reunión con el personal de la fundación para mostrar los avances y realizar las últimas correcciones al diseño establecido.

Se decide que el usuario solo deba cargar los datos en una tabla, denominada "*Evento*". Se busca utilizar tablas auxiliares para referir en los campos de la tabla de usuario. De esta forma se evita tener información repetida con distintos nombres o errores de tipo. En este caso en particular, la BDR debe contar con la lista de todos los nombres de archivos disponibles; las configuraciones y equipos de grabación; los nombres de los discos donde se almacenan; las áreas donde se realizaron las grabaciones; la lista de posibles usuarios que intervienen tanto en las grabaciones como en las detecciones y los distintos tipos de fuentes y sonidos.

Durante el proceso de detección, se extrae la información necesaria para ser organizados y almacenados en la base de datos diseñada. Como se observa en la figura 5.1, al cargar un evento detectado a la base de datos debe especificarse: tipo de sonido, tipo de fuente, nombre de archivo, configuración utilizada en el espectrograma, segmentos temporales de detección y usuario. De esta forma se conseguirá una base de datos con la cual realizar por ejemplo entrenamientos del sistemas de detección automática.



**Figura 5.1.** Diagrama entidad-relación diseñado.

### 5.1.2 Resultados obtenidos



Durante el desarrollo de la presente actividad los conocimientos técnicos y socioemocionales adquiridos fueron:

- Nociones elementales de bases de datos en SQL y diagramas entidad-relación.
- Al tratarse de un trabajo en grupo con otro pasante, la actividad fomentó el desarrollo de la escucha activa.
- Al tratarse de un trabajo de diseño, la actividad fomentó el desarrollo del pensamiento creativo y crítico.

#### 5.1.2.1 Análisis de los resultados obtenidos

Los resultados obtenidos a partir de esta actividad fueron satisfactorios ya que se tuvo una primer experiencia de trabajo con bases de datos. Por otro lado, se tuvo una experiencia en un breve proyecto colaborativo con metas y tiempos definidos donde se incorporaron un conjunto de buenas prácticas buscando garantizar el mejor resultado posible.

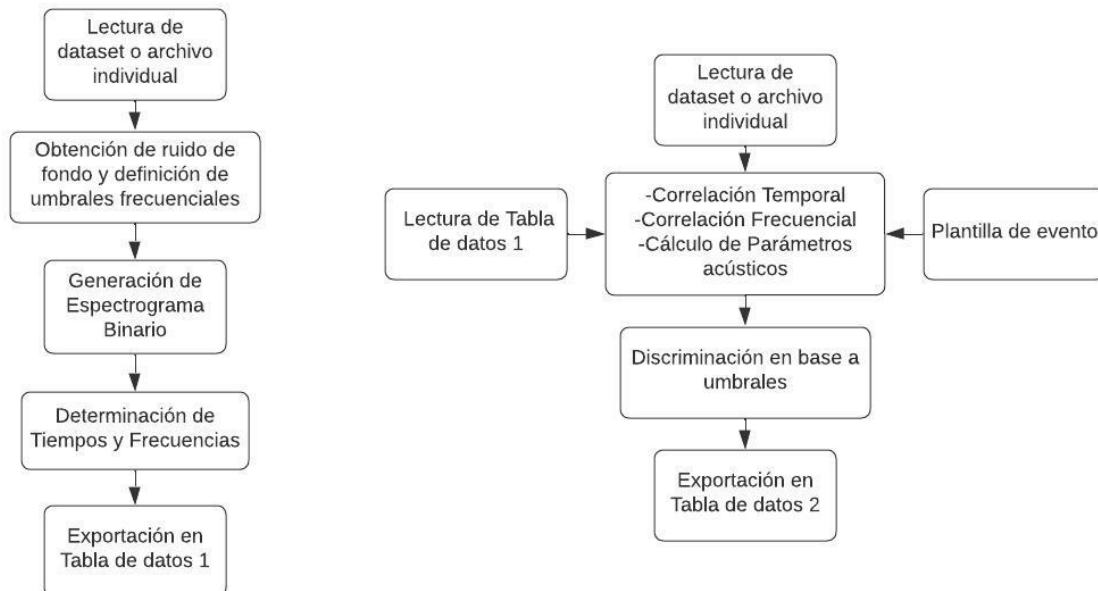
---

## 6. DESARROLLO DE SOFTWARE DE DETECCIÓN.

---

### 6.1 Descripción

A partir del desarrollo de la actividad número 4, donde se realizó una inspección de las grabaciones y el anotado de eventos de interés, se llega a la conclusión de que esta tarea es demasiado engorrosa y lleva un tiempo considerablemente largo. Por este motivo se planteó el desarrollo de un código en Python que permita la detección, evaluación y extracción de parámetros acústicos de determinados eventos sonoros específicos. La finalidad del programa es la de pre-procesar las grabaciones, consiguiendo de forma semi-automática vocalizaciones en los discos, además de distintos parámetros acústicos que podrán servir para funcionar como entrada en posteriores desarrollos de clasificadores automáticos. El desarrollo del detector llevó gran parte de la práctica profesional y también fue realizado en conjunto el estudiante de Ingeniería de Sonido Ciro Martínez. El desenvolvimiento de esta actividad comienza a finales de octubre de 2021 y termina al finalizar las prácticas (ocupando aproximadamente 160 horas de trabajo). Si bien se termina un primer sistema, a la fecha de finalización de la práctica quedaron mejoras por realizar. La figura 6.1 muestra un diagrama en bloques de los códigos desarrollados con el objetivo de facilitar su comprensión.



**Figura 6.1.** Diagrama en bloques del procesamiento necesario para los algoritmos. Detector energético (izquierda), Correlacionador (derecha)

### 6.1.1 Metodología empleada

En primer lugar, se parte de una función que lee los audios que componen los discos desde un directorio específico. Luego se obtiene el espectrograma de los mismos, se calcula su valor medio y se estima que éste es el correspondiente al valor del ruido de fondo. A partir del ruido de fondo se genera un espectrograma binario. Esto significa que en las zonas del espectrograma donde el nivel supere un umbral (establecido en una cierta proporción del nivel de ruido de fondo) se asigna un valor unitario, mientras que en las zonas donde no pasan dicho valor se asigna un valor nulo. Luego este primer algoritmo obtiene tiempos y frecuencias donde se producen las zonas de valor unitario y carga estos datos incluyendo además el nombre de archivo donde se produce cada detección en una primer tabla.

En segundo lugar, se implementó una segunda función (Correlacionador en la figura 6.1) que analiza la correlación entre los eventos detectados en la etapa anterior con la vocalización de interés que debe ser cargada como plantilla. La misma se obtiene de las grabaciones previamente analizadas manualmente. Simplemente se selecciona una llamada con buena relación señal a ruido y se prueba su performance en el detector. Por lo tanto, se desarrolló una lógica de discriminación de eventos de interés a partir de la correlación presente entre eventos detectados por su nivel de energía y una plantilla de vocalización. Vale la pena mencionar que para que la determinación del umbral de

correlación sea coherente resultó conveniente asociarlo al valor de correlación de la plantilla con el ruido de fondo. De esta forma, se tiene un valor de umbral variable en función de la evolución temporal del ruido de fondo. Conociendo los tiempos entre detecciones energéticas, considerados como intervalos con ruido de fondo, se obtiene dicho valor de correlación a partir del cálculo de un promedio de correlaciones entre plantilla y ruidos de fondo. Este proceso se realiza por cada archivo en cuestión.

A partir de aquí, para que la detección energética se considere válida, debe superar el umbral establecido para la correlación espectral, temporal y para al menos un descriptor acústico. Si bien el sistema se desarrolló para una primer especie de cetáceo y permite el cálculo de un solo parámetro acústico, se dejó implementado un sistema con la potencialidad de ser expandido a otras especies y el cálculo de otros parámetros sin mayores complicaciones. La especie en cuestión es Ballena Fin y el parámetro es Frecuencia Pico. Para utilizarlo con otras especies solo se requiere utilizar otras plantillas y realizar una calibración de los umbrales. Para calcular otros parámetros, solamente deben agregarse las ecuaciones e incluir el resultado en la "*Tabla de Datos 2*". Es decir, se le dejó a la fundación un framework sólido establecido con posibilidad de posteriores mejoras.

Para determinar el rango de valores posibles del parámetro acústico utilizado para determinar si es o no una vocalización de ballena Fin se tomó diferentes segmentos de grabaciones con llamadas de 20 Hz con sobretono, y se calculó mediante Raven Pro, el valor de la frecuencia pico para los mismos. A partir de este proceso se determinó que para que la muestra de audio analizada sea aceptada, además de pasar la evaluación de correlación temporal y espectral, debe presentar una frecuencia pico entre 15 y 25 Hz.

La performance del detector se prueba en tres audios diferentes: Uno sin llamadas de interés, otro solamente con llamadas y otro con llamadas mixtas. Para el audio sin llamadas, el detector no mostró ningún resultado positivo. El audio que presenta solo llamadas de interés es manualmente inspeccionado y anotado. En este caso se encontró una tasa de positividad (positivos sobre totales) del 90 %. Por último, para el archivo con llamadas mixtas tuvo una tasa de positividad del 65 %. Si bien en este caso se tiene una considerable cantidad de eventos clasificados erróneamente, el código no deja de ser útil, ya que revisar manualmente el dataset obtenido y eliminar los falsos positivos resulta más rápido que generar el dataset manualmente.

Para audios de aproximadamente 30 minutos de duración, el procesamiento dura aproximadamente 3 segundos en una Macbook Pro Mid2012 (8 GB RAM, 2.5 GHz Intel I5). Por lo que un disco entero podría procesarse en aproximadamente una hora reduciendo sustancialmente el tiempo de anotado. Vale la pena mencionar que además de los algoritmos de procesamiento se desarrolló una interfaz gráfica suficientemente

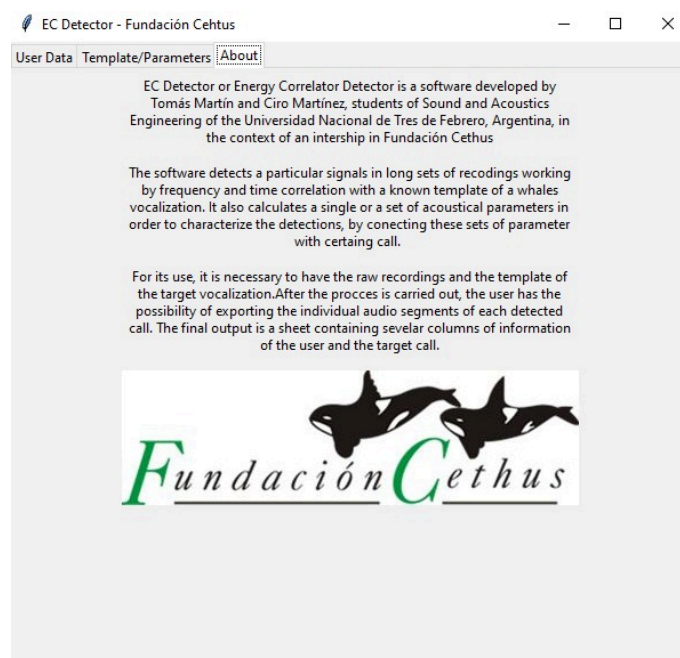
amena para ser utilizada cómodamente por el personal de la fundación. En las figura 6.2, 6.3 y 6.4 se muestra dicha interfaz.

The screenshot shows the 'User Data' tab of the 'EC Detector - Fundación Cethus' application. The window has three tabs: 'User Data', 'Template/Parameters', and 'About'. The 'User Data' tab is active and contains a section titled 'Please, complete the following fields:' with five input fields: 'Name', 'Logger ID', 'Disc ID', 'Species', and 'Vocalization'. Below this is a 'File/Database Directory:' section with two radio buttons: 'Single File' (selected) and 'DB Directory'. A 'Load' button is next to the 'DB Directory' option. Below the radio buttons is a 'File/Path:' input field with the text 'No file/path selected'. At the bottom of this section are three input fields: 'Min Freq [Hz]', 'Max Freq [Hz]', and 'Spectrogram window size [Samples]'.

Figura 6.2. Primer pestaña de interfaz de usuario.

The screenshot shows the 'Template/Parameters' tab of the 'EC Detector - Fundación Cethus' application. The window has three tabs: 'User Data', 'Template/Parameters', and 'About'. The 'Template/Parameters' tab is active and contains a 'Template:' section with a 'Template File:' input field (text: 'No file selected') and a 'Load File' button. Below this is a 'Parameters:' section with a checked checkbox 'Peak Frequency' and two input fields: 'Min spected Peak Frequency [Hz]' and 'Max spected Peak Frequency [Hz]'. At the bottom is an 'Export detections:' section with an unchecked checkbox 'Export detections [.WAV]', a 'No path selected' input field, and a 'Load Path' button. At the very bottom of the window is a 'Status:' input field and a 'Calculate!' button.

**Figura 6.3.** Segunda pestaña de interfaz de usuario.



**Figura 6.4.** Tercer pestaña de interfaz de usuario.

Por último, el algoritmo se presentó en una clase del seminario de Acústica Subacuática con el objetivo de divulgar y fomentar el desarrollo de herramientas computacionales como solución de problemáticas específicas.

#### 6.1.2 Resultados obtenidos

Durante el desarrollo de la presente actividad los conocimientos técnicos y socioemocionales adquiridos fueron:

- Conocimientos relacionados con la problemática en cuestión, herramientas de procesamiento de señales, lógicas de detección y clasificación automática de eventos acústicos y sus características.
- Al tratarse de desarrollo de software integral, se adquirieron hábitos y buenas costumbres para llevar a cabo el trabajo de forma ordenada y sistematizada.
- Tratándose de un desarrollo donde los resultados muchas veces no son los esperados, o que se suele demorar hasta que lo sean, se estimuló la tolerancia a la frustración y postergación de la gratificación. En este sentido, resulta beneficioso ser perseverante, dividir en pequeñas tareas con metas y tiempos posibles. De esta forma se consigue mantenerse motivado por dichos logros y poder continuar con el desarrollo.

- Al tratarse de un trabajo en grupo con otro pasante, la actividad fomentó el desarrollo de la escucha activa y el manejo de conflictos interpersonales.
- Al tratarse de un trabajo de diseño, la actividad fomentó el desarrollo del pensamiento creativo y crítico.

#### 6.1.2.1 Análisis de los resultados obtenidos

Esta actividad en particular se trató de un largo proyecto integral donde se incorporaron buenos hábitos de trabajo en equipo e información específica de procesamiento de señales. Por esta razón es que se considera que fue la actividad que más aportó a la incorporación de conocimiento de interés, tanto en el plano de lo técnico (análisis y procesamiento de datos) como en lo socioemocional (herramientas para mejorar el trabajo en equipo)

---

## 7. CONCLUSIONES.

---

Mediante el desarrollo de las distintas actividades de la práctica profesional se cumplieron todos los objetivos específicos detallados en el presente informe. Se logró la familiarización con algunas vocalizaciones de cetáceos y se aprendió a manejar software específico. Se incorporaron conceptos básicos de bases de datos y se elaboró un diagrama de entidad-relación con el cual el personal de la fundación desarrollará a futuro una base de datos. Por otro lado, se analizó y se elaboró la solución a una problemática puntual, como la de la necesidad de extraer muestras de vocalizaciones de forma sistemática y automatizada. Principalmente en esta actividad es que se utilizaron conceptos aprendidos para desarrollar un algoritmo capaz de procesar audio digital. Por último, se generó un dataset formado por eventos acústicos mediante detecciones manuales. En este sentido, el algoritmo desarrollado resulta sumamente útil como una herramienta de software que permite acelerar considerablemente futuras detecciones.

A lo largo de la práctica profesional se fomentó el desarrollo de distintas competencias socioemocionales dependiendo de las diferentes situaciones que se generaban. Las

competencias más desarrolladas fueron las relacionadas al trabajo grupal y de larga duración. Algunas de ellas son: automotivación, tolerancia a la frustración, postergación de gratificación, escucha activa, pensamiento crítico y creativo entre otras. Además se adquirieron buenas costumbres para el desarrollo de trabajos de extensa duración y a veces tediosos.

Si bien se ejecutó la cantidad de horas necesarias para cumplir con las demandas de la materia, por decisión propia se va a seguir trabajando como voluntario en diversas actividades de la índole de la investigación, desarrollo y divulgación. Además, se propuso como tema de tesis el desarrollo de un algoritmo de detección y clasificación automática de eventos acústicos antropogénicos mediante el uso de redes neuronales profundas, por lo que el vínculo con la fundación Cethus seguirá vigente a futuro.

A modo de recomendación para una armónica inserción de los estudiantes en el mundo laboral, en la carrera se deberían realizar prácticas basadas en planteos de soluciones para problemáticas reales y no quedar solo en el plano de lo teórico. Más allá del rubro donde se realizó la presente práctica en cuestión, sería considerablemente útil realizar trabajos integradores. Por ejemplo, dentro de la acústica, medir distintos parámetros acústicos de una sala real y diseñar soluciones acústicas, presupuestos e informes técnicos para proponer soluciones a problemas puntuales que se manifiesten.

---

## BIBLIOGRAFÍA.

---

[Fagerlund 2007] Fagerlund, S. "Bird species recognition using support vector machines". EURASIP J. Adv. Signal Process, pp. 64–64. 2007.

[Gradišek 2017] Gradišek, A., Slapničar, S., Šorn, J., Luštrek, M., Gams, M., Grad, J. "Predicting species identity of bumblebees through analysis of flight buzzing sounds". Bioacoustics 26, pp. 63–76. 2017.

[Guilment 2018] Guilment, T., Socheleau, F.-X., Pastor, D., Vallez, S. "Sparse representation-based classification of mysticete calls". J. Acoust. Soc. Am. 144, pp. 1550–1563. 2018.

[Halkias 2013] Halkias, X. C., Paris, S., Glotin, H. "Classification of mysticete sounds using machine learning techniques". J. Acoust. Soc. Am. 134, pp. 3496–3505. 2013.

[Oswald 2003] Oswald, J. N., Barlow, J., Norris, T. F. "Acoustic identification of nine delphinid species in the eastern tropical Pacific Ocean". Mar. Mammal. Sci. 19, pp. 20–37, 2003.

[Roch 2004] Roch, M., Soldevilla, M., Hildebrand, J. "Automatic species identification of odontocete calls in the Southern California Bight". J. Acoust. Soc. Am. 116, pp. 2614–2614. 2004.

[Steiner 1981] Steiner, W. W. "Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western North Atlantic dolphin species". Behav. Ecol. Sociobiol. 9, pp. 241–246. 1981.