

***DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE SONIDOS DE ALARMAS  
EN UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA  
INFORME TÉCNICO***

Versión 1.0  
25/04/2020

## HISTORIAL DE REVISIONES

Versión #	Desarrollado por	Fecha Revisión	Aprobado por	Fecha Aprobación	Descripción
1.0	<i>Genolet Alejandro</i>	<i>25/04/2020</i>	<i>Genolet Alejandro</i>	<i>25/04/2020</i>	<i>Se desarrolla la primera versión de identificación de sonidos para grabaciones de 3 alarmas.</i>

## **Tabla de Contenidos**

### 1.0 INTRODUCCIÓN

#### 1.1 PROPÓSITO

### 2.0 RESUMEN DEL INFORME

#### 2.1 ACTIVIDAD 1

#### 2.2 ACTIVIDAD 2

#### 2.3 ACTIVIDAD 3

### 3.0 RESULTADOS DE LA ETAPA 1

### 4.0 INCIDENTES DURANTE EL ENSAYO

#### INCIDENTES RESUELTOS

#### INCIDENTES NO RESUELTOS

### 5.0 RECOMENDACIONES

## 1.0 INTRODUCCIÓN

### 1.1 PROPÓSITO

Este Informe Técnico de Detección automática de sonidos de alarmas en Unidad de Terapia Intensiva, provee evidencia de pruebas, ensayos y resultados.

Se pretende identificar alarmas presentes en una unidad de terapia intensiva, registrando ocurrencias de las mismas.

## 2.0 RESUMEN DEL INFORME

Una unidad de terapia intensiva está destinada a personas con lesiones y enfermedades que ponen en riesgo su vida. En la misma está implicada la atención médica cercana y constante, brindada por un equipo de profesionales de la salud.

Monitores, vías intravenosas, sondas de alimentación, catéteres, ventiladores y otros equipos son comunes en las unidades de terapia intensiva. Estos aparatos pueden mantener con vida a una persona, pero también aumentan el riesgo de infecciones.

Muchos de estos aparatos poseen un sistema de alarmas dedicadas a que los profesionales a cargo atiendan las necesidades que notifica dicha máquina. Muchas de estas alarmas pueden estar sonando constantemente sin notificar una situación de emergencia y/o atención inmediata, por lo que puede generar molestia constante para el personal.

Se desarrolla un sistema de clasificación de alarmas presentes, con registro del accionar de cada alarma y notificar al usuario, registrando audio constantemente para identificar ocurrencias. Esto se desarrolla en un ambiente ruidoso de la unidad de terapia.

### 2.1 ACTIVIDAD 1

Esta actividad comprende principalmente el reconocimiento de ciertos parámetros, como tiempos y frecuencias, característicos del sonido de la alarma de tres respiradores (Puritan Bennett 840, Newport HT50, Dragger Carina). Para ellos se utilizaron grabaciones con extensión .wav de las alarmas con y sin ruido ambiente.

**Equipamiento empleado:** PC (Intel core i7-4790k, RAM: 16GB, SO. Windows 10) con Spyder 4.1.2.

**Resultados de la actividad:** En primera instancia se trabajaron con tres alarmas, pertenecientes a 3 respiradores, cuyos modelos son: Puritan Bennett 840, Newport HT50, Dragger Carina (imagen 1).

Se analizaron las señales temporales y sus respectivos espectros de frecuencia utilizando como herramienta código programado en python 3.7 como también para el resto de actividades.

A partir de la señal temporal de cada alarma se identificaron ciertos parámetros característicos:

- Duración de cada tono.

## **Detección automática de sonidos de alarmas en Unidad de Terapia Intensiva**

- Duración entre tonos continuos.
- Duración entre cada conjunto (conjunto de 3, y conjunto de 2) de tonos en una misma “melodía\*”
- Duración del silencio entre dos “melodías\*” distintas de menor valor.
- Duración del silencio entre dos “melodías\*” distintas de mayor valor.

\*Se llamó melodía al conjunto de 5 tonos para un fin explicativo.

Está última (silencio de mayor valor) puede no ser tan característica de la alarma, ya que al detenerse y volver a reproducirse no sería del mismo valor, pero se realizó de igual manera el cálculo.

**Dragger Carina** tiene los siguientes valores:

- El tono de Dragger Carina dura 0.12 seg.
- El silencio entre tonos de Dragger Carina dura 0.05 seg.
- El silencio entre los 3 y 2 tonos de Dragger Carina dura 0.25 seg, o silencio entre cada conjunto de tonos .
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más corto de Dragger Carina dura 1.42 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más largo de Dragger Carina dura 2.42 seg.

**Newport HT50** tiene los siguientes valores:

- El tono de Newport HT50 dura 0.15 seg.
- El silencio entre tonos rápidos de Newport HT50 dura 0.20 seg.
- El silencio entre los 3 y 2 tonos de Newport HT50 dura 0.40 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más corto de Newport HT50 dura 1.11 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más largo de Newport HT50 dura 6.93 seg.

**Puritan Bennett 840** tiene los siguientes valores:

- El tono de Puritan Bennett 840 dura 0.19 seg.
- El silencio entre tonos rápidos de Puritan Bennett 840 dura 0.06 seg.
- El silencio entre los 3 y 2 tonos de Puritan Bennett 840 dura 0.12 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más corto de Puritan Bennett 840 dura 0.76 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más largo de Puritan Bennett 840 dura 5.01 seg.

Luego se realizó un análisis de la respuesta en frecuencia de cada tono perteneciente a las alarmas, identificando así las frecuencias fundamentales de las mismas:

**Dragger Carina** contiene dos tonos distintos en su alarma, las cuales tienen las siguientes frecuencias fundamentales: Tono 1: 991.20 Hz, y Tono 2: 783.53 Hz.

**Newport HT50** presenta un solo tono en su alarma, el cual tiene una frecuencia fundamental de 2558.27 Hz.

**Puritan Bennett 840** tiene 4 tonos diferentes con las siguientes frecuencias fundamentales: Tono 1: 764.37 Hz, tono 2: 509.74 Hz, tono 3: 714.84 Hz, y tono 4: 764.52 Hz.

Otro de los parámetros que se analizó es la distorsión armónica presente en cada tono de las señales. Para esto además de identificar las frecuencias fundamentales se analizaron los armónicos y se los vinculó con la frecuencia fundamental siguiendo la siguiente relación:

$$THD = \frac{\sqrt{P_1 + P_2 + \dots + P_n}}{P_o}$$

Suele notificarse de manera porcentual como así se presenta en este informe. Los valores para los tonos mencionados antes son:

**Dragger Carina.** THD: Tono 1: 53.72 %, tono 2: 243.09 %.

**Newport HT50.** THD: Tono: 0.00 % (no presenta armónicos).

**Puritan Bennett 840.** THD: Tono 1: 77.82 %, tono 2: 89.85 %, tono 3: 130.19 %, y para el tono 4: 52.86 %.

Para las distintas alarmas se realizaron análisis sobre ambientes ruidosos, calculando la relación señal ruido (snr: signal noise rate) como:  $10 \cdot \log\left(\frac{P_{señal}}{P_{ruido}}\right) dB$ .

Pseñal es la potencia de la señal que queremos identificar, utilizando el espectro en potencia de cada una. Se consideró únicamente la frecuencia fundamental de los tonos para caracterizar la potencia de la señal, es decir, no se consideró la potencia de los armónicos.

Pruido es la potencia del ruido únicamente, y de manera análoga, se utilizó como principal herramienta el espectro de potencia de dicha señal. Para hallar dicha potencia, se eliminaron del mismo las frecuencias que no se consideran ruido, como lo son las frecuencias fundamentales y los armónicos de los tonos. Entonces Pruido es igual a la potencia de toda la señal menos, la potencia de armónicos y fundamentales.

De esta manera, los valores obtenidos fueron:

**Dragger Carina.** snr: -8.58 dB

**Newport HT50.** snr: -0.82 dB

**Puritan Bennett 840.** snr: -10.57 dB

También se realizó el mismo cálculo para la señal grabada fuera de la unidad de terapia,

## Detección automática de sonidos de alarmas en Unidad de Terapia Intensiva

con lo que el ruido es mucho menor. Los resultados son los siguientes:

**Dragger Carina.** Poco ruido. snr: -0.15 dB

**Newport HT50.** Poco ruido. snr: 4.87 dB

**Puritan Bennett 840.** Poco ruido. snr: 2.59 dB

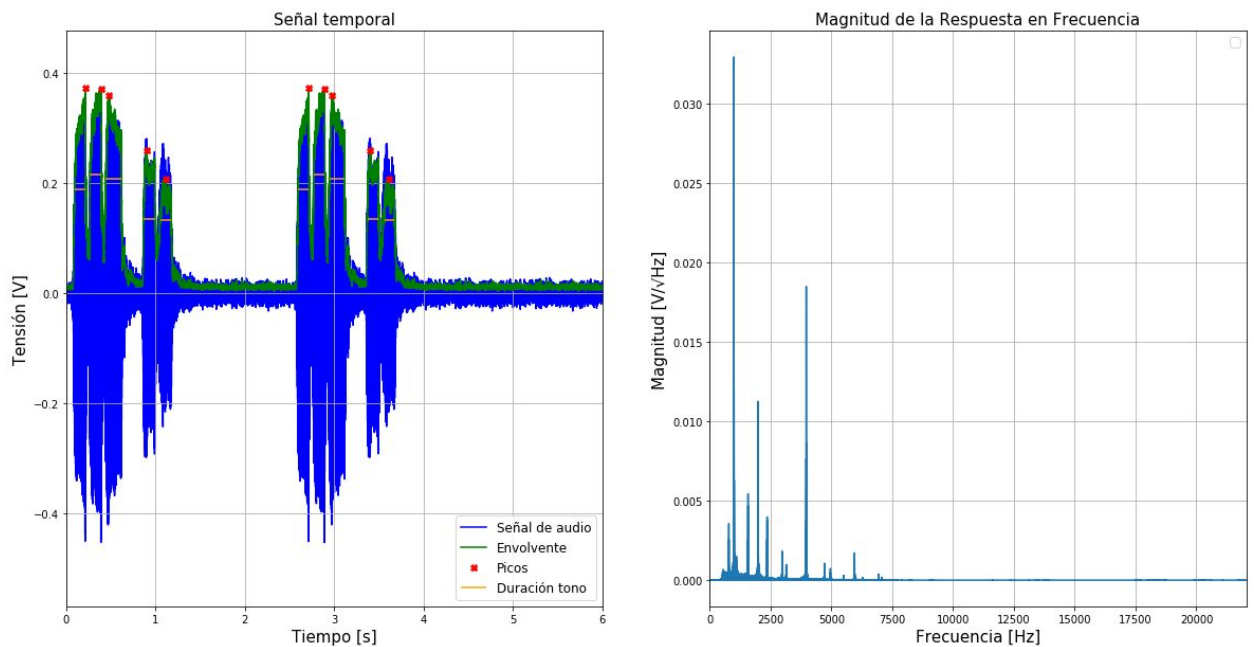
**Imágenes de la actividad:**



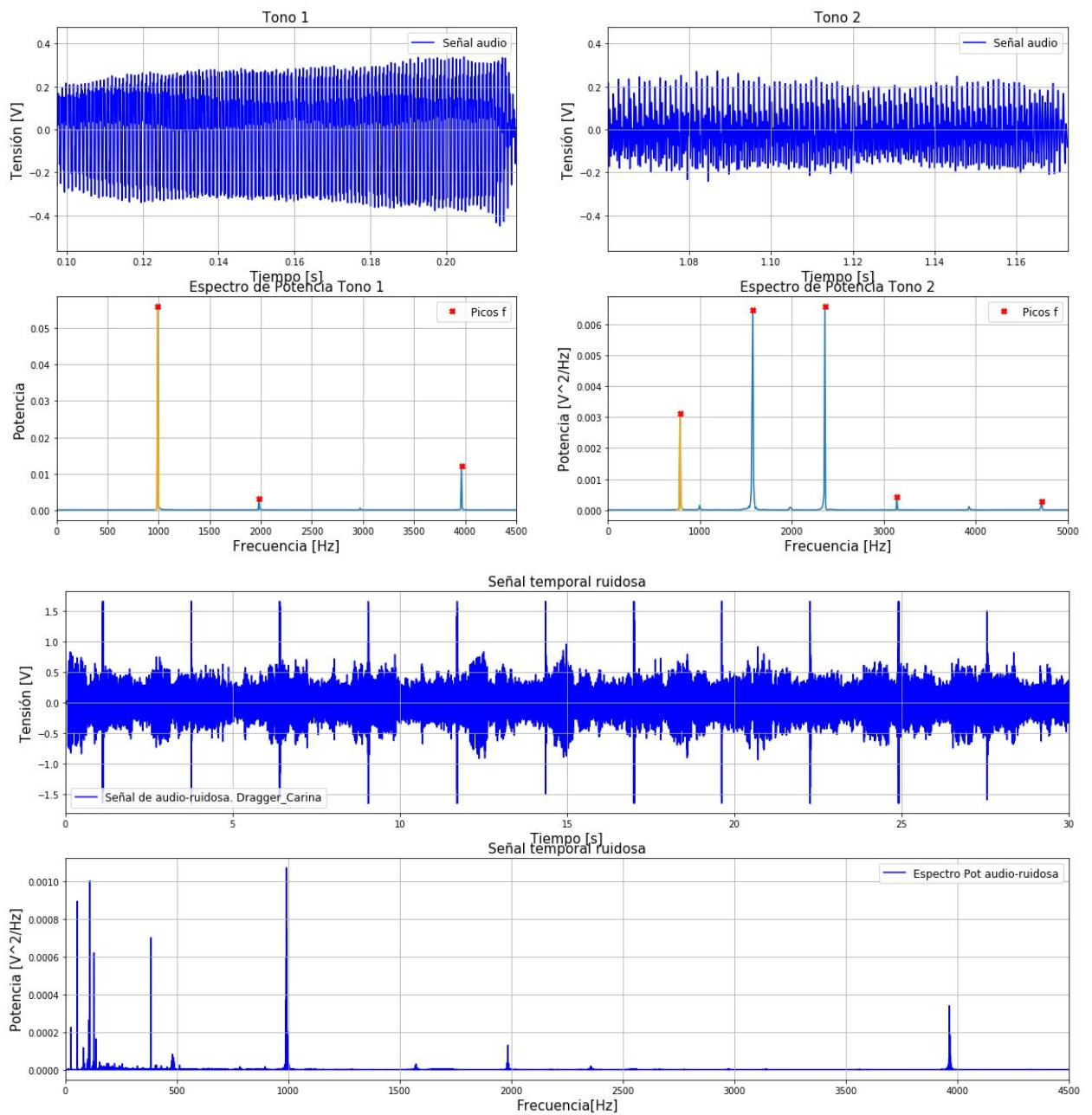
Imagen 1

## Dragger Carina: Gráficas

Tonos de Dragger\_Carina



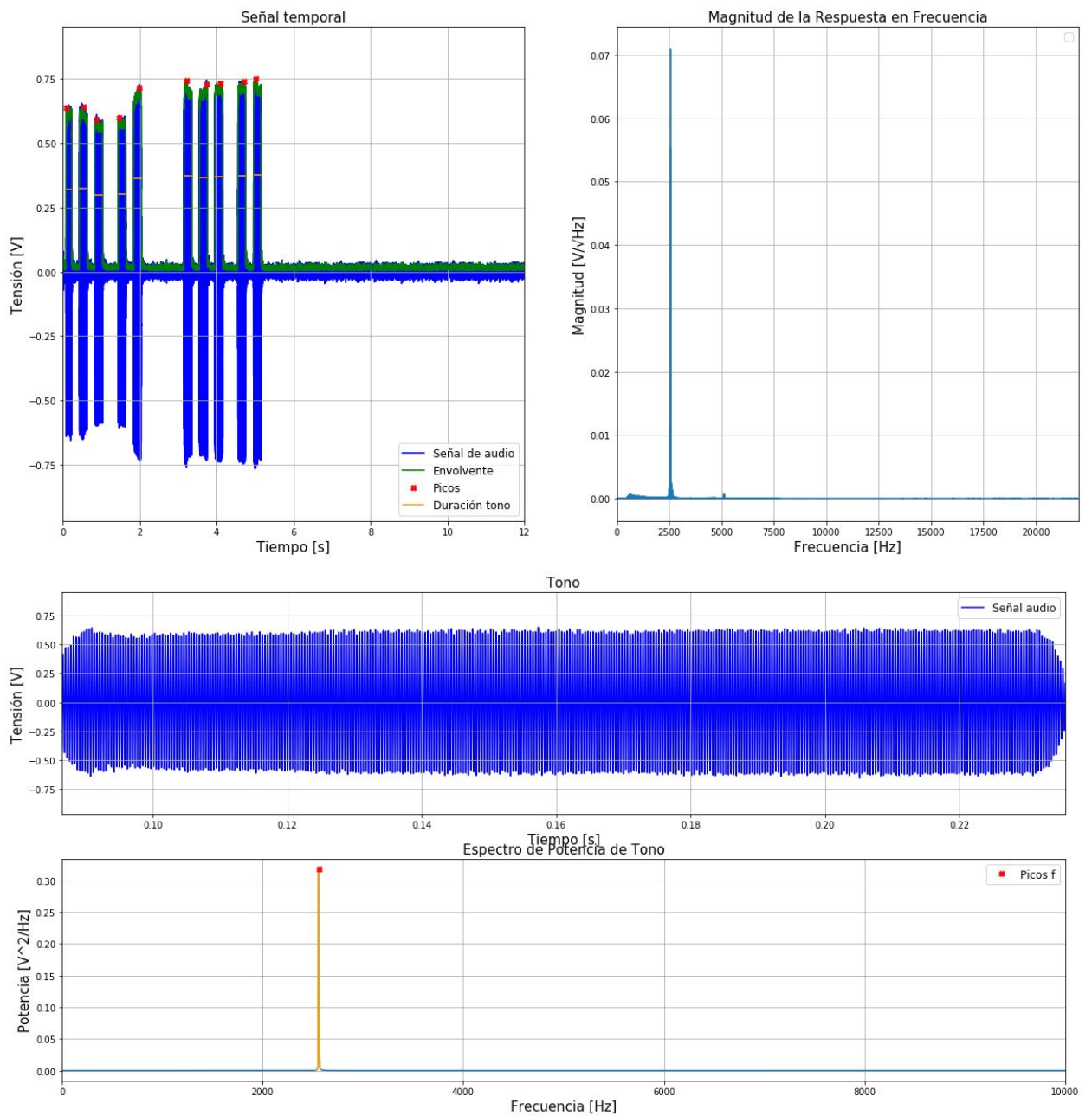
## Detección automática de sonidos de alarmas en Unidad de Terapia Intensiva



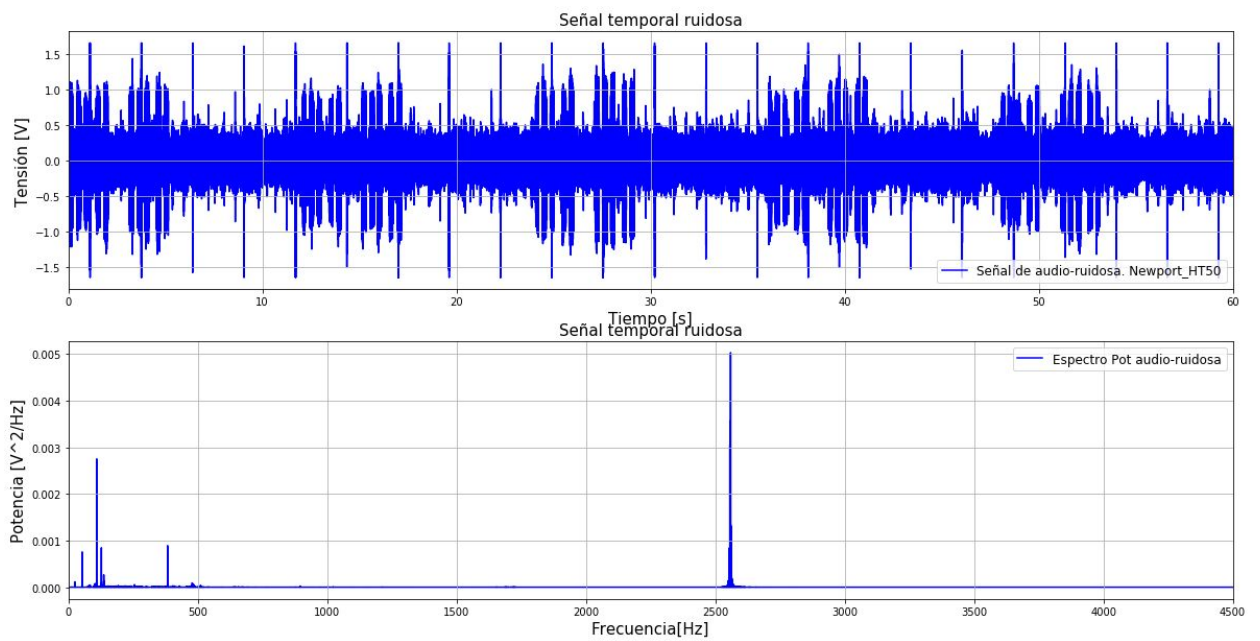


## Newport HT50: Gráficas

Tonos de Newport\_HT50

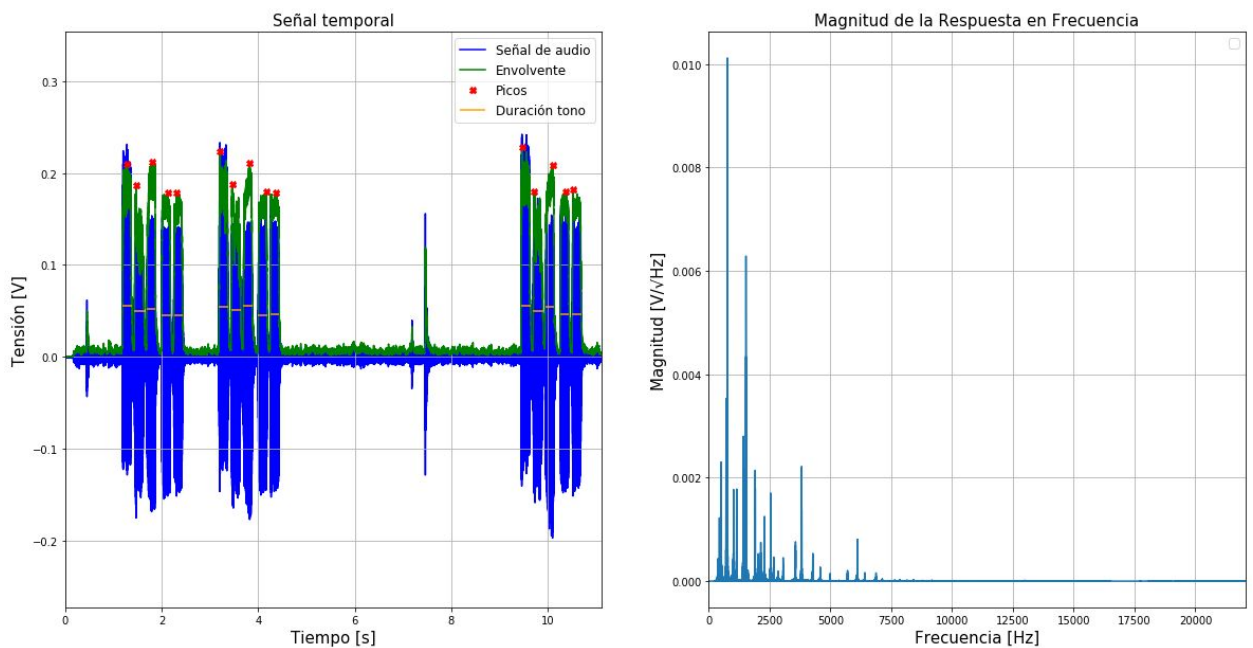


## Detección automática de sonidos de alarmas en Unidad de Terapia Intensiva

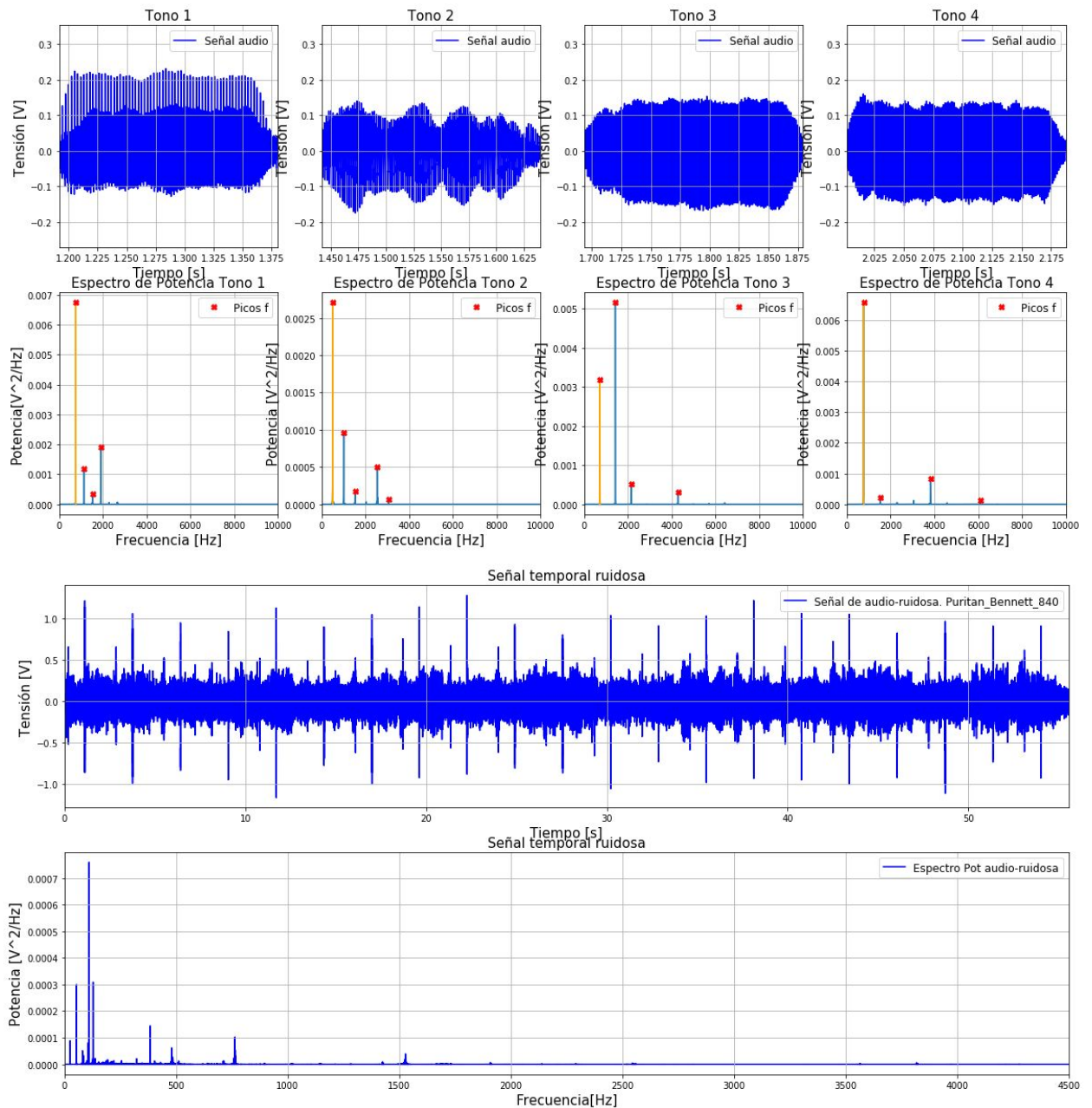


## Puritan Bennett 840: Gráficas

Tonos de Puritan\_Bennett\_840



## Detección automática de sonidos de alarmas en Unidad de Terapia Intensiva



**Comentarios adicionales:** Para el cálculo de potencia de cada armónico, incluida la frecuencia fundamental, se consideró un rango de  $\pm 5$  Hz ya que la energía de estas frecuencias no están concentradas en un único valor, no son una delta de dirac, y por lo tanto se considero este rango para tomar dichas potencias. Esto exceptúa a la alarma Puritan Bennett 840 ya que las frecuencias que caracterizan sus tonos están muy cerca las unas de las otras, y para evitar contar varias veces la potencia de algunas mismas frecuencias se redujo el ancho a considerar. Se consideraron los armónicos más importantes para cada tono, si se hubiera tomado aún más armónicos, las relaciones snr habrían dado mayor valor. Lo que más me interesa no es el valor en sí, sino la comparativa entre estos.

## 2.2 ACTIVIDAD 2

Este punto hace especial hincapié en la alarma del respirador Dragger Carina. Sus requisitos o parámetros abocados al software de detección.

**Equipamiento empleado:** PC (Intel core i7-4790k, RAM: 16GB, SO. Windows 10) con Spyder 4.1.2.

**Resultados de la actividad:** Para la alarma de Dragger Carina se identificaron parámetros característicos tanto en tiempo como en frecuencia, que permitirían identificar a la misma.

Como valores temporales se destacan

**Dragger Carina** tiene los siguientes valores:

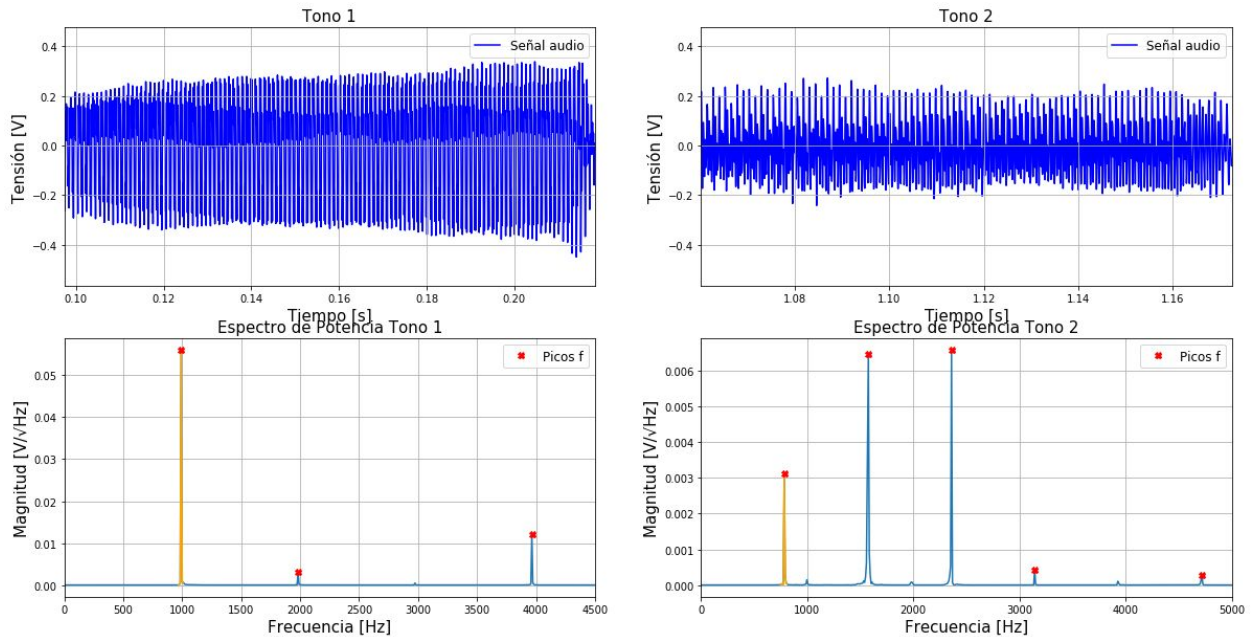
- El tono de Dragger Carina dura 0.12 seg.
- El silencio entre tonos de Dragger Carina dura 0.05 seg.
- El silencio entre los 3 y 2 tonos de Dragger Carina dura 0.25 seg, o silencio entre cada conjunto de tonos .
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más corto de Dragger Carina dura 1.42 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más largo de Dragger Carina dura 2.42 seg.

Por lo tanto, la primer melodía dura 1 segundo aproximadamente. Luego de 1.42 segundo vuelve a sonar, y si la alarma se sigue reproduciendo, luego de estas 2 melodías, volverá a repetirse luego de 2.42 segundos. Con lo que tendría un período total de 5.8 segundos, con 2 melodías reproducidas y 2 silencios grandes. Necesitamos en total una muestra de aproximadamente 2 segundos para reconocer con seguridad que ésta alarma está sonando, reconociendo así 2 melodías separadas de un silencio de 1.42 segundos.

Los primeros 4 tonos de la alarma son de una frecuencia fundamental de 991.20 Hz y el último tono de la melodía es de 783.53 Hz.

El tono 1 tiene armónicos hasta una frecuencia de 3964 Hz, por lo tanto si se quiere conservar dicho armónico sería necesario muestrear con una frecuencia de 8KHz. El tono 2 tiene armónicos de gran potencia, por eso tiene una THD tan grande, donde el armónico de gran potencia y de mayor frecuencia es de 2359 Hz.

## Imágenes de la actividad:



**Comentarios adicionales:** Es de destacar la gran potencia que presenta en los armónicos el tono 2, el cual es el último tono que suena en la melodía. Esto da a lugar a una distorsión armónica del 243.09 %.

### 3.0 RESULTADOS DE LA ETAPA 1

Se obtuvo características de las señales, tanto en tiempo como en frecuencia. Se calcularon a partir de las mismas, relaciones que también caracterizan la señal. Se volverán a mencionar en este apartado, ya que fueron mencionados en Actividad 1, aunque únicamente los valores.

#### Dragger Carina:

- El tono de Dragger Carina dura 0.12 seg.
- El silencio entre tonos de Dragger Carina dura 0.05 seg.
- El silencio entre los 3 y 2 tonos de Dragger Carina dura 0.25 seg, o silencio entre cada conjunto de tonos .
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más corto de Dragger Carina dura 1.42 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más largo de Dragger Carina dura 2.42 seg.

#### Newport HT50 tiene los siguientes valores:

- El tono de Newport\_HT50 dura 0.15 seg.
- El silencio entre tonos rápidos de Newport HT50 dura 0.20 seg.
- El silencio entre los 3 y 2 tonos de Newport\_HT50 dura 0.40 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más corto de Newport HT50 dura 1.11 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más largo de Newport HT50 dura 6.93

seg.

**Puritan Bennett 840** tiene los siguientes valores:

- El tono de Puritan Bennett 840 dura 0.19 seg.
- El silencio entre tonos rápidos de Puritan Bennett 840 dura 0.06 seg.
- El silencio entre los 3 y 2 tonos de Puritan\_Bennett\_840 dura 0.12 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más corto de Puritan Bennett 840 dura 0.76 seg.
- El silencio entre los 5 tonos y los siguientes 5 más largo de Puritan Bennett 840 dura 5.01 seg.

**Dragger Carina** contiene dos tonos distintos en su alarma, las cuales tienen las siguientes frecuencias fundamentales: Tono 1: 991.20 Hz, y Tono 2: 783.53 Hz.

**Newport HT50** presenta un solo tono en su alarma, el cual tiene una frecuencia fundamental de 2558.27 Hz.

**Puritan Bennett 840** tiene 4 tonos diferentes con las siguientes frecuencias fundamentales: Tono 1: 764.37 Hz, tono 2: 509.74 Hz, tono 3: 714.84 Hz, y tono 4: 764.52 Hz.

**Dragger Carina.** THD: Tono 1: 53.72 %, tono 2: 243.09 %.

**Newport HT50.** THD: Tono: 0.00 % (no presenta armónicos).

**Puritan Bennett 840.** THD: Tono 1: 77.82 %, tono 2: 89.85 %, tono 3: 130.19 %, y para el tono 4: 52.86 %.

**Dragger Carina.** snr: -8.58 dB.

**Newport HT50.** snr: -0.82 dB.

**Puritan Bennett 840.** snr: -10.57 dB.

**Dragger Carina.** Poco ruido. snr: -0.15 dB.

**Newport HT50.** Poco ruido. snr: 4.87 dB.

**Puritan Bennett 840.** Poco ruido. snr: 2.59 dB.

Se obtuvieron gráficas de gran valor informativo para cada señal, y para cada uno de los tonos presentes en las señales.

Está etapa supuso un gran adelanto para la detección de señales en un ambiente ruidoso de manera automática.

## 4.0 INCIDENTES DURANTE LA ETAPA

### INCIDENTES RESUELTOS

- La identificación de máximos en señal temporal no fue fácil de resolver ya que no tenía los picos que consideraba correctos. Adaptando parámetros tanto de la función envolvente y de la función para hallar picos pudo resolverse.
- La identificación de máximos en cada espectro de potencia generó incidentes al no encontrar los armónicos que se consideraban correctos, ya que tenía en algunos casos armónicos lejanos, de muy poca amplitud, de otros tonos que eran detectados y no deseados. Se solucionó cambiando parámetros para la detección de los mismos.
- Un error fue realizar el cálculo de snr, con valores pertenecientes a las señal ruidosa (finalizada en \_UTI), y tomando valores de potencia pertenecientes a los tonos identificados desde la señal limpia (sin terminación \_UTI). Desconocía que la potencia en una frecuencia puede verse alterada en magnitud si está con ruido la señal aunque este ruido sea de otras frecuencias. Para solucionarlo simplemente se tomó el cálculo de potencia de armónicos teniendo en cuenta todo desde el espectro de potencia de la señal ruidosa.
- Mal nombramiento a variables que tienen la fft de potencia de los tonos. Se cambiaron de `tonoX_fft_mod` a `tonoX_fft_pot`, porque en realidad era espectro de potencia y no de módulo de `f`.
- Relacionado con la resolución el punto anterior, fue un problema encontrar la manera de localizar la frecuencia deseada en la señal ruidosa ya que tiene otro largo la señal, por ende, otro tamaño su vector de frecuencias. Se resolvió haciendo conversiones según la resolución frecuencial de cada espectro, y convirtiendo los valores de muestras del espectro de cada tono al correspondiente espectro de señal ruidosa para la misma frecuencia.
- En algunas señales, las frecuencias estaban muy cerca, para la determinación de potencia de las mismas, se tuvo que ajustar los rangos donde estas se encontraban.

### INCIDENTES NO RESUELTOS

- Hasta la versión 1.0 del trabajo no hay pendiente incidentes no resueltos.

## 5.0 RECOMENDACIONES

- La implementación de en algunos casos listas, en vez de variables separadas, puede resultar en una mejor comprensión del código.
- Graficación de mayor detalles o características de gráficas.

## APÉNDICE A: Aprobación del informe técnico

El que suscribe toma conocimiento que el **Informe Técnico** “Detección automática de sonidos de alarmas en Unidad de Terapia Intensiva” está listo para ser evaluado y es responsable del enfoque que presenta. Los cambios a este Informe Técnico serán coordinados con la aprobación del abajo firmante.

Firma:	<u>Alejandro Genolet</u>	Date:	<u>25/04/2020</u>
Aclaración:	<u>Aleandro Genolet</u>		
Rol :	<u>Project Manager</u>		



## APÉNDICE B: REFERENCIAS

La siguiente tabla resume los documentos utilizados para este informe.

Nombre del documento y versión	Descripción	Localización
IT1.0-Genolet v. 1.0	Se inicia el reconocimiento de patrones y características de cada alarma	Hasta el momento solo existe en formato digital.

## APÉNDICE C: PALABRAS CLAVES

La siguiente Tabla provee definiciones para términos clave del informe.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Detección automática	Característica con el fin de reducir y eliminar la intervención humana en la producción o en el funcionamiento de bienes y servicios.
Señal	Una señal puede ser también la variación de una corriente eléctrica, u otra magnitud física que se utiliza para transmitir información.
Armónico	Un armónico es el resultado de una serie de variaciones adecuadamente acomodadas en un rango o frecuencia de emisión, denominado paquete de información o fundamental.