

## Trabajo Práctico

### TP 6 - VOIP

Fecha de entrega: 03/11/2021

Franco, Juan Martín 149.615

[juanmartin\\_franco@hotmail.com](mailto:juanmartin_franco@hotmail.com)

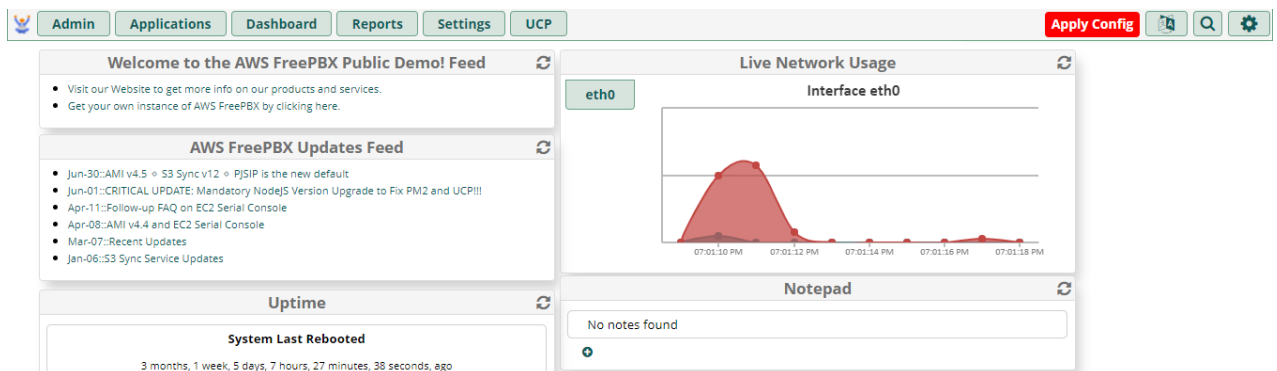
#### Experiencia de Laboratorio

Para esta edición utilizaremos un servidor PBX remoto provisto por *TheWebMachine Networks*. Este servidor es público por lo que no se recomienda poner datos personales reales en él. Se debe prestar atención además, al momento de colocar los datos de acceso. Si se hace mal repetidas veces puede ser que la IP de origen sea puesta en una lista negra. En ese caso deberá esperar entre 20 y 30 minutos hasta poder ingresar nuevamente (o ingresar desde una IP pública diferente).

1. Acceder a la interfaz (web) administrativa de la central telefónica por software, disponible en <https://publicdemo.thewebmachine.net/>. Hacer clic en FreePBX Administration e ingresar con las siguientes credenciales:

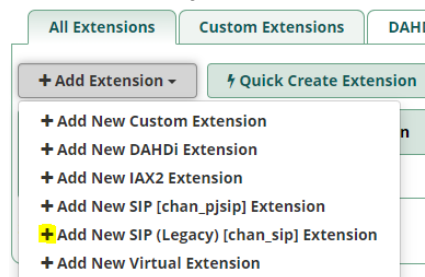
- Usuario: public
- Clave: demo7857

Una vez se ingresa a la interfaz web y se ingresa las credenciales, se visualiza algo como lo siguiente:



2. Crear una nueva extensión personal (número interno) para usted. Para ello, dirigirse al menú **Applications » Extensions**. Hacer clic en **+ Add Extension** y seleccionar **+ Add New SIP (Legacy) [chan\_sip] Extension**.

Ahora, me dirijo hacia Applications → Extensions y elijo la opción correspondiente:



### 3. Completar el formulario como sigue:

- **User Extension:** elegir un número de extensión de tres a seis dígitos a su elección, que no esté definido previamente, por ej. su número de legajo.
- **Display Name:** copiar lo mismo que en Extension Number.
- **Secret:** esta será la clave de la extensión, copiar el valor existente o definir una nueva.
- **Language Code:** Spanish (o English si no existiera el primero)
- Dejar el resto de los campos tal como figuran en el formulario.

Hacer clic en Submit (abajo a la derecha). Finalmente y muy importante, hacer clic en el botón Apply Config en la esquina superior derecha de la pantalla y aguardar algunos segundos mientras el sistema finaliza la configuración.

Ahora, lleno el formulario correspondiente con los siguientes datos:

User Extension: 149615

Display Name: 149615

Secret: la clave que está por defecto, en este caso, e5a5c8c5a1c3123a1089bd365c7a3434

— Add Extension

This device uses **CHAN\_SIP** technology listening on Port 5060 (UDP)



User Extension ?	149615
Display Name ?	149615
Outbound CID ?	
Emergency CID ?	
Secret ?	e5a5c8c5a1c3123a1089bd365c7a3434

— Language

Language Code ?	Default
-----------------	---------

Por último, hago clic en Submit y luego en Apply Config para que se guarden los cambios.

Se deberá visualizar algo como lo siguiente:

<input type="checkbox"/>	149615	149615	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sip	 
--------------------------	--------	--------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-----	---

### 4. Instalar e iniciar en su computadora una aplicación de llamadas VoIP (comunmente denominadas softphone). Recomendamos twinkle, linphone o jitsi-desktop.

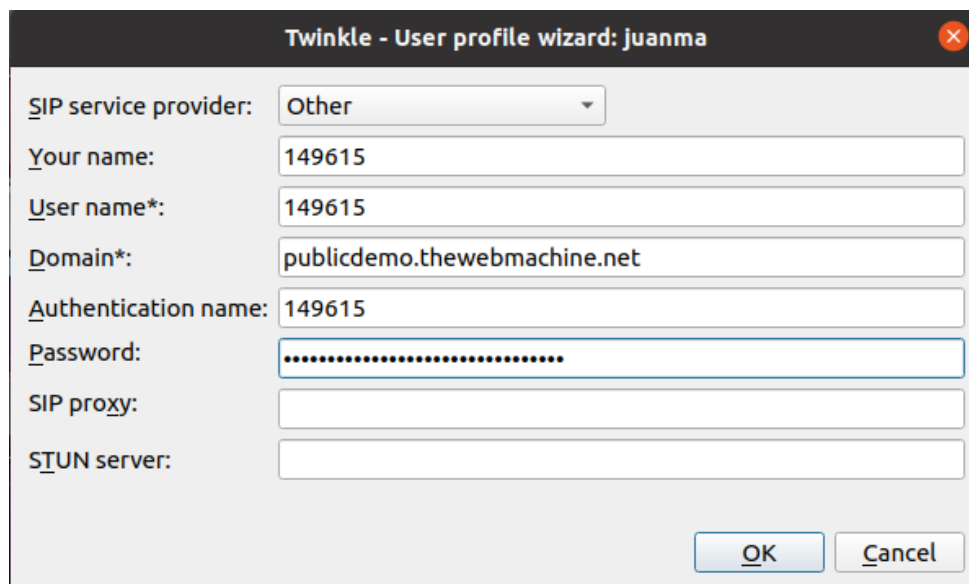
En la aplicación, agregar una nueva cuenta indicando como dominio o servidor SIP **publicdemo.thewebmachine.net** y los datos consignados en el punto anterior.

Documentar la configuración en el trabajo práctico. Una vez finalizada la misma, cierre la aplicación completamente. Algunas aplicaciones quedan corriendo en segundo plano, asegúrese de finalizarlas también.

Para comenzar con la instalación del softphone (en este caso elegí Twinkle), utilicé el comando:

```
apt-get install twinkle
```

Una vez instalado, procedo a configurar la aplicación:



5. Iniciar una captura de tráfico en su computadora. Aplicar el siguiente filtro de visualización **sip or rtp or rtcp**. Mientras la captura está en curso, iniciar la aplicación de telefonía IP. Debería ver los mensajes de registro en la captura. Detener y guardar la misma como **tp\_voip\_register.pcap**.

Ahora, procedo a iniciar una captura de tráfico con Wireshark, y luego abro la aplicación Twinkle.

Se puede visualizar lo siguiente dentro de la captura:

sip or rtp or rtcp					
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
12	9.718319728	192.168.66.132	52.11.17.23	SIP	530 Request: REGISTER sip:publicdemo.thewebmachine.net (1 bindin...
13	9.962014647	52.11.17.23	192.168.66.132	SIP	602 Status: 401 Unauthorized
14	9.962777632	192.168.66.132	52.11.17.23	SIP	702 Request: REGISTER sip:publicdemo.thewebmachine.net (1 bindin...
15	10.207650378	52.11.17.23	192.168.66.132	SIP	594 Request: OPTIONS sip:149615@192.168.66.132
16	10.207651197	52.11.17.23	192.168.66.132	SIP	615 Status: 200 OK (1 binding)
17	10.208528670	192.168.66.132	52.11.17.23	SIP	565 Status: 200 OK
26	10.294359667	192.168.66.132	52.11.17.23	SIP/XML	683 Request: PUBLISH sip:149615@publicdemo.thewebmachine.net
27	10.540597677	52.11.17.23	192.168.66.132	SIP	522 Status: 489 Bad Event

6. Iniciar una nueva captura, llamar desde el teléfono al número de devolución de extensión **\*65**, escuchar el audio y colgar al finalizar. Detener y guardar la captura como **tp\_voip\_65.pcap**.

Ahora, inicio una nueva captura de Wireshark y llamo a \*65, obteniendo una captura como la siguiente:

sip or rtp or rtcp					
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
12	13.972224915	192.168.66.132	52.11.17.23	SIP/SDP	889 Request: INVITE sip:*65@publicdemo.thewebmachine.net
13	14.208322292	52.11.17.23	192.168.66.132	SIP	588 Status: 401 Unauthorized
14	14.209462130	192.168.66.132	52.11.17.23	SIP	396 Request: ACK sip:*65@publicdemo.thewebmachine.net
15	14.209632314	192.168.66.132	52.11.17.23	SIP/SDP	1065 Request: INVITE sip:*65@publicdemo.thewebmachine.net
16	14.447431777	52.11.17.23	192.168.66.132	SIP	528 Status: 100 Trying
17	14.452876909	52.11.17.23	192.168.66.132	SIP/SDP	948 Status: 200 OK
18	14.479394323	192.168.66.132	52.11.17.23	SIP	560 Request: ACK sip:*65@52.11.17.23:5060
19	14.490151482	192.168.66.132	52.11.17.23	RTCP	74 Receiver Report Source description
20	14.706508990	52.11.17.23	192.168.66.132	SIP/SDP	948 Status: 200 OK
21	14.708658099	192.168.66.132	52.11.17.23	SIP	560 Request: ACK sip:*65@52.11.17.23:5060
22	15.124116941	192.168.66.132	52.11.17.23	RTP	214 PT=ITU-T 6.711 PCMU, SSRC=0xC3FC28E0, Seq=4374, Time=20511651...
23	15.133050696	192.168.66.132	52.11.17.23	RTP	214 PT=ITU-T 6.711 PCMU, SSRC=0xC3FC28E0, Seq=4375, Time=205116679
24	15.169047307	192.168.66.132	52.11.17.23	RTP	214 PT=ITU-T 6.711 PCMU, SSRC=0xC3FC28E0, Seq=4376, Time=205116839
25	15.187063772	192.168.66.132	52.11.17.23	RTP	214 PT=ITU-T 6.711 PCMU, SSRC=0xC3FC28E0, Seq=4377, Time=205116999
26	15.196038125	192.168.66.132	52.11.17.23	RTP	214 PT=ITU-T 6.711 PCMU, SSRC=0xC3FC28E0, Seq=4378, Time=205117159
27	15.231169456	192.168.66.132	52.11.17.23	RTP	214 PT=ITU-T 6.711 PCMU, SSRC=0xC3FC28E0, Seq=4379, Time=205117319
28	15.249029437	192.168.66.132	52.11.17.23	RTP	214 PT=ITU-T 6.711 PCMU, SSRC=0xC3FC28E0, Seq=4380, Time=205117479

7. En acuerdo con un compañero de cursada, realizar una llamada desde su interno al número de extensión de su compañero. Capturar la llamada con Wireshark desde el inicio hasta su fin (diálogo incluido) y guardar sólo los paquetes correspondientes al filtro **sip or rtp or rtcp** con el nombre **tp\_voip\_call.pcap**. Determinar los codecs soportados por cada terminal VoIP e indicar cuál o cuáles se utilizaron en la transmisión RTP.

En este caso, los codecs soportados para cada terminal VoIP son:

- G711 PCMU
- G711 PCMA
- GSM
- G726
- G722

Estos codecs pueden ser apreciados en la siguiente imagen:

```
> Media Attribute (a): rtpmap:0 PCMU/8000
> Media Attribute (a): rtpmap:8 PCMA/8000
> Media Attribute (a): rtpmap:3 GSM/8000
> Media Attribute (a): rtpmap:111 G726-32/8000
> Media Attribute (a): rtpmap:9 G722/8000
```

El codec utilizado dentro de la transmisión RTP fue G.711 PCMU, y puede ser visualizado dentro de las tramas RTP.

52.11.17.23	192.168.1.10	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x73B1DC03, Seq=28463, Time=1425691344
52.11.17.23	192.168.1.10	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x73B1DC03, Seq=28464, Time=1425691504
52.11.17.23	192.168.1.10	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x73B1DC03, Seq=28465, Time=1425691664
52.11.17.23	192.168.1.10	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x73B1DC03, Seq=28466, Time=1425691824
52.11.17.23	192.168.1.10	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x73B1DC03, Seq=28467, Time=1425691984
52.11.17.23	192.168.1.10	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x73B1DC03, Seq=28468, Time=1425692144
52.11.17.23	192.168.1.10	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x73B1DC03, Seq=28469, Time=1425692304

## Trabajo Práctico

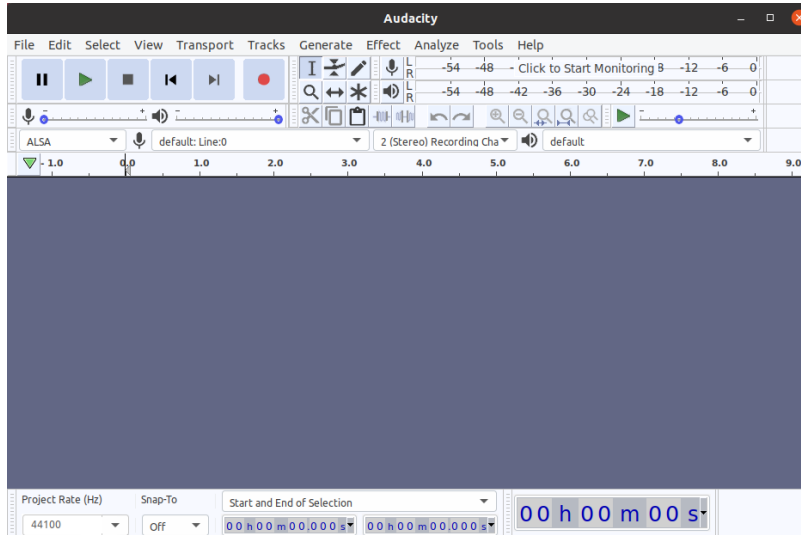
### 1. Conversión Analógico-Digital. Descargar e instalar el programa “Audacity”.

Para dar comienzo con el TP, descargo e instalo el programa Audacity.

Luego, para poder ejecutar el archivo con formato .AppImage, ejecuto el comando:

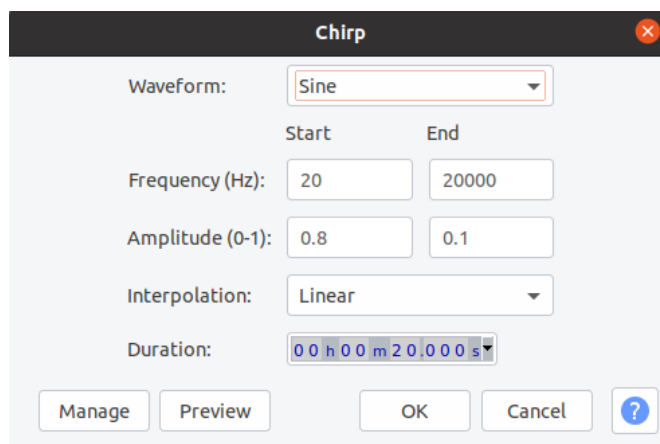
```
chmod +x [archivo .AppImage]
```

Luego, ejecuto dicho archivo y abre una interfaz como la siguiente:



- a) **Generar una onda de sonido sinusoidal cuya frecuencia se inicie en 20 hz y suba hasta 20000 hz durante un período de 20 segundos (menú Generate » Chirp). Luego reproducir dicho fragmento. Teniendo en cuenta la duración del sonido, ¿hasta qué segundo fue capaz de escucharlo?**

Para realizar esto, me dirijo a Generate → Chirp, y configuro lo siguiente:



Fui capaz de escuchar aproximadamente hasta el segundo 14-15.

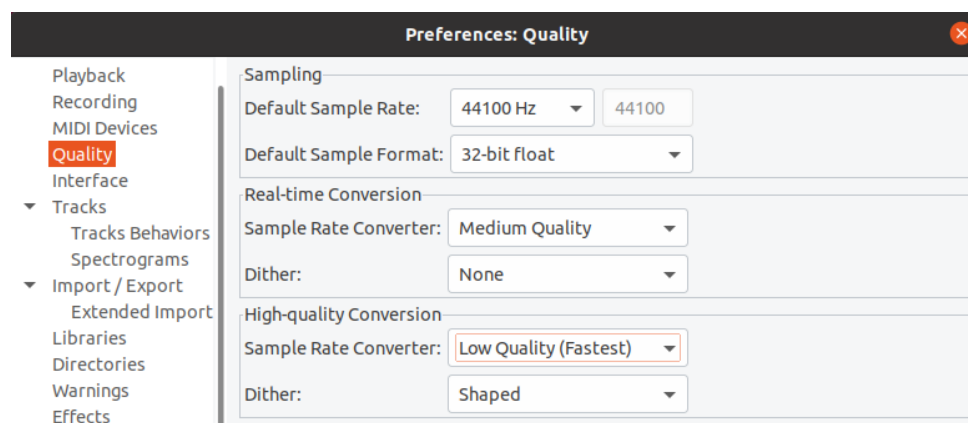
- b) **Dirigirse al menú Edit » Preferences... » Quality y en el selector High-quality Conversion establecer Sample Rate Converter en Low Quality (Fastest).**

Luego, utilizar la opción de menú Tracks » Resample para reducir la cantidad de muestras por segundo a 20000 hz y escuchar nuevamente todo el sonido. ¿Qué sucede con el tono? Deshacer y repetir la operación, pero esta vez reduciendo la tasa de muestreo a 8000 hz. ¿Qué sucede con el tono ahora? Finalmente, reconvertir el fragmento a 4000 hz.

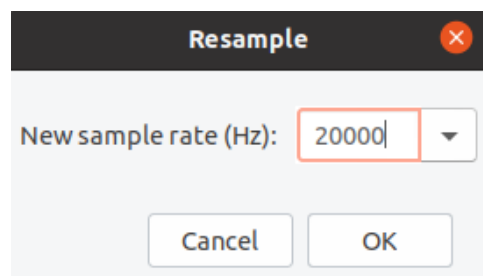
Si el sonido original es el mismo, ¿por qué suceden estos cambios?

**Nota:** luego de realizar este ejercicio, vuelva a establecer la opción Sample Rate Converter en Best Quality (Slower).

Ahora, me dirijo a Edit → Preferences → Quality y configuro lo siguiente:



Luego, me dirijo a Tracks → Resample y configuro lo siguiente:



Una vez hecho esto y reproducido el tono, noto una diferencia.


El primer sonido, o sea el generado originalmente en el ejercicio a), se puede escuchar hasta el segundo 14 o 15 y luego no se escucha nada hasta el final.

Luego, el sonido con la configuración aplicada (el que tiene la configuración de 20000Hz), se escucha hasta el segundo 10, y luego es como que a medida que pasa el tiempo se vuelve a escuchar.

Ahora, configurado con 8000Hz, se logra escuchar hasta el segundo 4, luego vuelve a escucharse hasta el segundo 8, y por último se termina en el segundo 20.

Por último, con 4000Hz sucede lo mismo pero mucho más repetido.

Si bien el sonido original es el mismo, la frecuencia de las ondas sonoras varían entre cada muestra, a medida que pasa el tiempo se escuchan mas o menos ondas sonoras.

- c) Utilizando el analizador de espectro disponible en <https://academo.org/demos/spectrum-analyzer/> visualice las frecuencias que mayor energía tienen en las diferentes muestras de sonido (seleccione en Sound sample y luego haga clic en ).

**¿En qué rango se ubican las frecuencias con mayor energía para cada muestra?**

La primera muestra de sonido → Bird Song (Song Thrush), alcanza una frecuencia máxima levemente superior a los 14Khz. La frecuencia con mayor energía está en el rango de [2Khz – 7Khz].

La segunda muestra de sonido → Orca (Killer Whale), alcanza una frecuencia máxima de aprox. 8.9Khz. La frecuencia con mayor energía está en el rango de [440Hz – 3Khz].

La tercera muestra de sonido → Police Siren, alcanza una frecuencia máxima de aprox. 10Khz. La frecuencia con mayor energía está en el rango de [440Hz – 5Khz].

La cuarta muestra de sonido → Modem (Dial Up), alcanza una frecuencia máxima de 10Khz, aunque la frecuencia con mayor energía está en el rango de [300Hz – 3Khz].

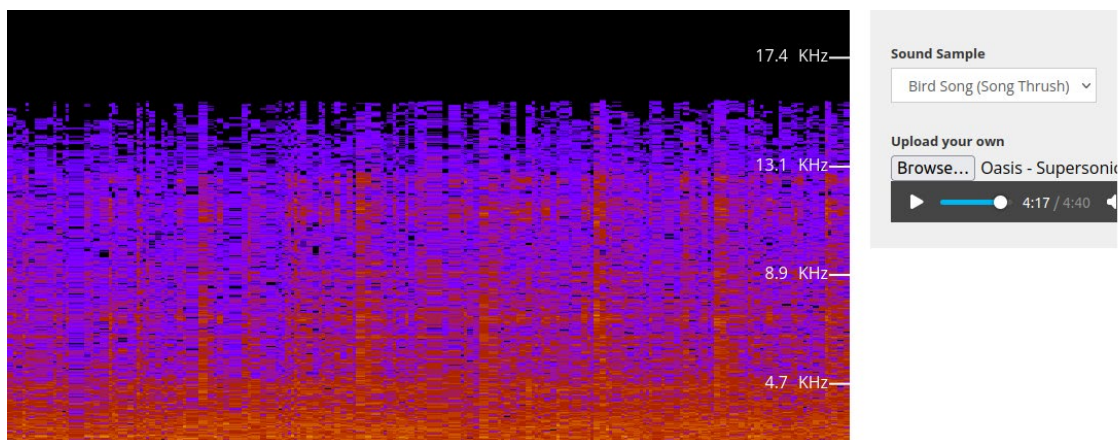
La quinta muestra de sonido → Violin, alcanza una frecuencia máxima de 10Khz aproximadamente, y su frecuencia con mayor energía está dentro del rango [440Hz – 6Khz].

La sexta muestra de sonido → Whistling, alcanza una frecuencia máxima superior a los 21.6Khz, pero su frecuencia con mayor energía se encuentra en el rango [400Hz – 4Khz].

La séptima muestra de sonido → Sad Trombone, alcanza una frecuencia máxima de 11Khz aproximadamente. Su frecuencia con mayor energía está en el rango de [440Hz – 7Khz].

- d) **Busque un archivo de música en formato MP3, OGG o WAV y utilice la opción *Upload your own* para analizar el espectro de frecuencias de unos segundos de la canción. Según las frecuencias que se ven en el espectrograma, ¿con qué frecuencia de muestreo mínima debería digitalizarse la muestra si uno deseara grabarla mediante un micrófono?**

En este caso, opté por subir una canción en formato .MP3.



Según el gráfico, la frecuencia mínima de muestreo debería ser de aproximadamente de 16Khz.



- e) Ahora, utilice el analizador de espectro disponible en <https://auditoryneuroscience.com/acoustics/spectrogram> para analizar el sonido de su voz mientras canta su canción favorita. ¿Qué rango de frecuencias tiene mayor energía? ¿Puede hacer un sonido cuya frecuencia supere los 4 khz (silbando, por ejemplo)?

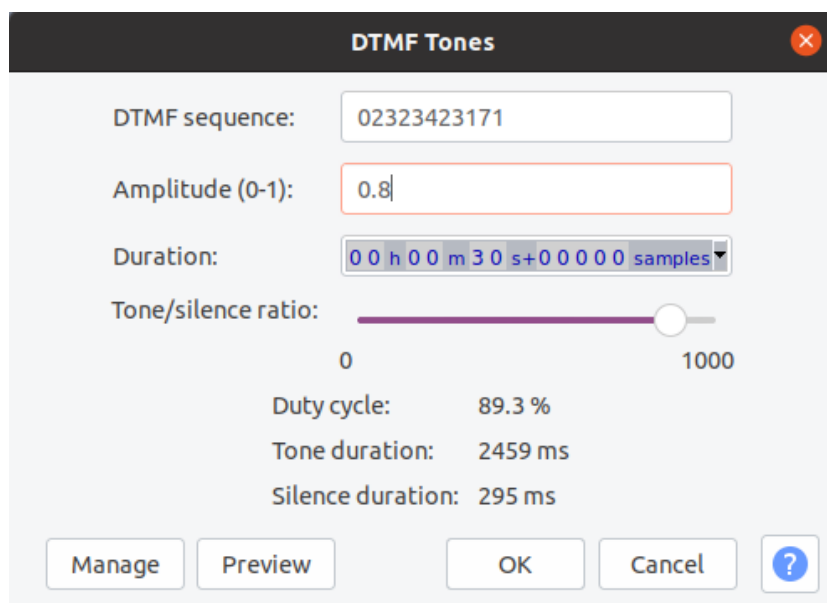
El rango de frecuencias del sonido de mi voz cantando una canción se encuentra en [0Hz – 3,8kHz] aproximadamente.

La frecuencia de mi silbido es de aproximadamente [3,5kHz – 4kHz].

- f) En la telefonía tradicional (Plain-Old Telephone Service o “POTS”) parte de la señalización se realizaba “en banda” utilizando tonos conocidos como DTMF. Hoy en día se siguen utilizando estos tonos para interactuar con las opciones de los call-centers o llamar mediante teléfonos antiguos. Utilizando Audacity, generar mediante DTMF (menú *Generate » DTFM tones*) el sonido necesario para llamar a la Universidad Nacional de Luján. En caso de contar con un teléfono analógico, reproducir este sonido al micrófono del teléfono. ¿Qué sucede? ¿Por qué?

Para realizar esto, me dirijo al menú Generate → DTFM Tones

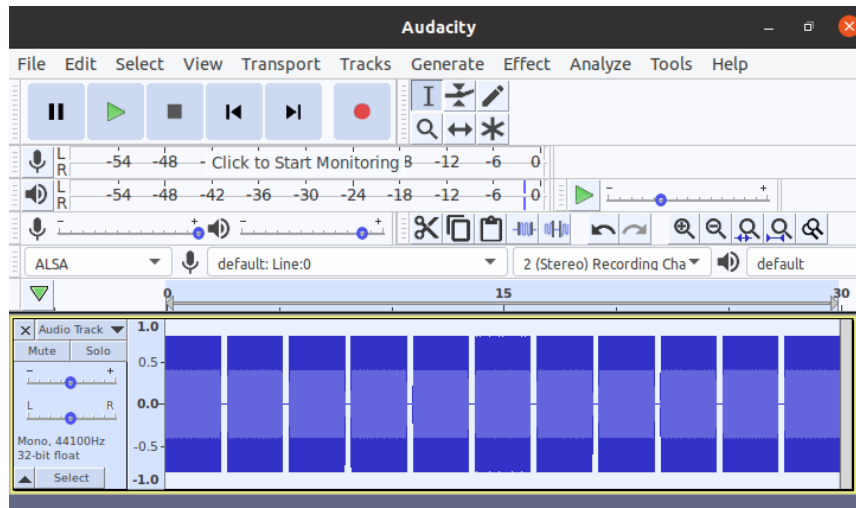
Luego, configuro lo siguiente:



(02323423171 es el teléfono correspondiente a Informes UNLu).

Obteniendo una salida como la siguiente:





2. **Señalización y Transporte.** Analizar las capturas realizadas durante la práctica de laboratorio (*tp\_voip\_register.pcap*, *tp\_voip\_65.pcap*, *tp\_voip\_call.pcap*) y realizar un gráfico de intercambio donde se identifiquen los protocolos, los flujos de datos, y los actores involucrados y sus roles. Representar la operación de los protocolos intervinientes mediante gráficos de secuencia de mensajes. Para ello puede utilizar la herramienta de diagramación **MSCGen**. El flujo RTP lo puede sintetizar a fines de facilitar la lectura y escritura del mismo.

[Adjunto imagen con la resolución del ejercicio]

3. **Calidad de Servicio.** Descargar la captura *tp\_voip\_qos\_filtered.pcapng*, analizar dos tramas de cada protocolo (SIP, RTP, RTCP, seis tramas en total), revisando los campos *ToS (IP)* y *802.1q (Ethernet)* en relación con calidad de servicio. Documentar qué valores, prioridades y opciones lleva cada tipo de PDU.

Tramas SIP:

Trama N° 3

```
3 0.005595 10.4.9.124 10.4.9.100 SIP 315 Request: ACK sip:1010@10.4.9.100:5060
  Differentiated Services Field: 0x68 (DSCP: AF31, ECN: Not-ECT)
    0110 10.. = Differentiated Services Codepoint: Assured Forwarding 31 (26)
    .... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
```

En el servicio Assured Forwarding el proveedor puede aplicar policing al usuario. Assured Forwarding se divide en 4 grupos, AF1x, AF2x, AF3x y AF4x. Cada grupo tiene 3 probabilidades de drop (baja = 1, media = 2 y alta = 3). En este caso, pertenece al grupo AF3x, y su probabilidad de drop es baja (por eso, AF 31). Luego, los últimos 2 bits indican que no soporta ECN, por lo que ante una congestión en la red, un extremo no le notificará este evento al otro extremo, “dejando caer” los paquetes.

Trama N° 8

```
8 0.066237 10.4.9.105 10.4.9.100 SIP 321 Status: 100 Trying
  Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
    0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0)
    .... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
```

En DSCP, los primeros 3 bits indican la precedencia (básicamente una medida de la importancia del datagrama), los siguientes 3 se utilizan como flags para indicar que se va a priorizar (el primero de los 3 se refiere al delay, el segundo de los 3 al Throughput y el último a la fiabilidad). En este caso, la precedencia es Default (000) y el resto de bits indica servicio normal. Por último, no soporta ECN (no se notifica al otro extremo en caso de congestión).

## Tramas RTP:

### Trama N° 37

```
37 4.791745 10.4.9.124 10.4.9.100 RTP 214 PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xc346631, Seq=59788, Time=1015200
  ▾ Differentiated Services Field: 0xb8 (DSCP: EF PHB, ECN: Not-ECT)
    1011 10.. = Differentiated Services Codepoint: Expedited Forwarding (46)
    .... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
```

En este caso, EF significa Expedited Forwarding, y es la clasificación que se le da a aquellos paquetes que requieran una baja probabilidad de pérdida de paquetes, baja latencia, bajo jitter, ancho de banda asegurado, etc.

Esto tiene mucho sentido, ya que se trata de un paquete que involucra al protocolo RTP, usado en transmisiones en tiempo real, en donde la pérdida es inaceptable.

Los últimos 2 bits indican que no soporta ECN (no notifica al otro extremo en caso de congestión).

### Trama N° 39

```
39 4.799330 10.4.9.105 10.4.9.100 RTP 214 PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x53116479, Seq=24461, Time=1120
  ▾ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
    0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0)
    .... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
```

En este caso, el paquete no recibe ningún trato especial.

La precedencia es Default (000) y el resto de bits indica servicio normal.

Por último, tampoco soporta ECN.

## Tramas RTCP:

### Trama N° 12

```
12 4.172268 10.4.9.105 10.4.9.100 RTCP 106 Receiver Report Source description
  ▾ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
    0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0)
    .... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
```

En este caso, el paquete tampoco recibe ningún trato especial.

Precedencia = 000 (Default) y servicio normal (el resto de bits = 000).

Por último, tampoco soporta ECN.

### Trama N° 2542

```
2542 17.661468 10.4.9.124 10.4.9.100 RTCP 118 Sender Report Source description Goodbye
  ▾ Differentiated Services Field: 0xb8 (DSCP: EF PHB, ECN: Not-ECT)
    1011 10.. = Differentiated Services Codepoint: Expedited Forwarding (46)
    .... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
```

La trama N° 2542 cuenta con una clasificación DSCP: EF, por lo que esta trama tendrá una alta prioridad ya que dicha clasificación indica que los paquetes que la contengan deben tener bajo jitter, baja latencia, baja probabilidad de pérdida, ancho de banda asegurado, etc. Los últimos 2 bits indican que esta trama no soporta ECN (no notifica al otro extremo en caso de congestión de la red).

4. **Transporte.** Abrir la captura *tp\_voip\_call.pcap* con Wireshark e intentar obtener un archivo de audio que contenga toda la conversación. Documentar los pasos efectuados. Importante: el análisis del flujo de audio está disponible en el menú **Telephony » SIP Flows**. Si no es posible obtener el audio en dicha pantalla, ejecutar `apt-get install wireshark-qt` para instalar una interfaz más moderna de Wireshark.

Pasos para obtener un archivo de audio con toda la conversación capturada:

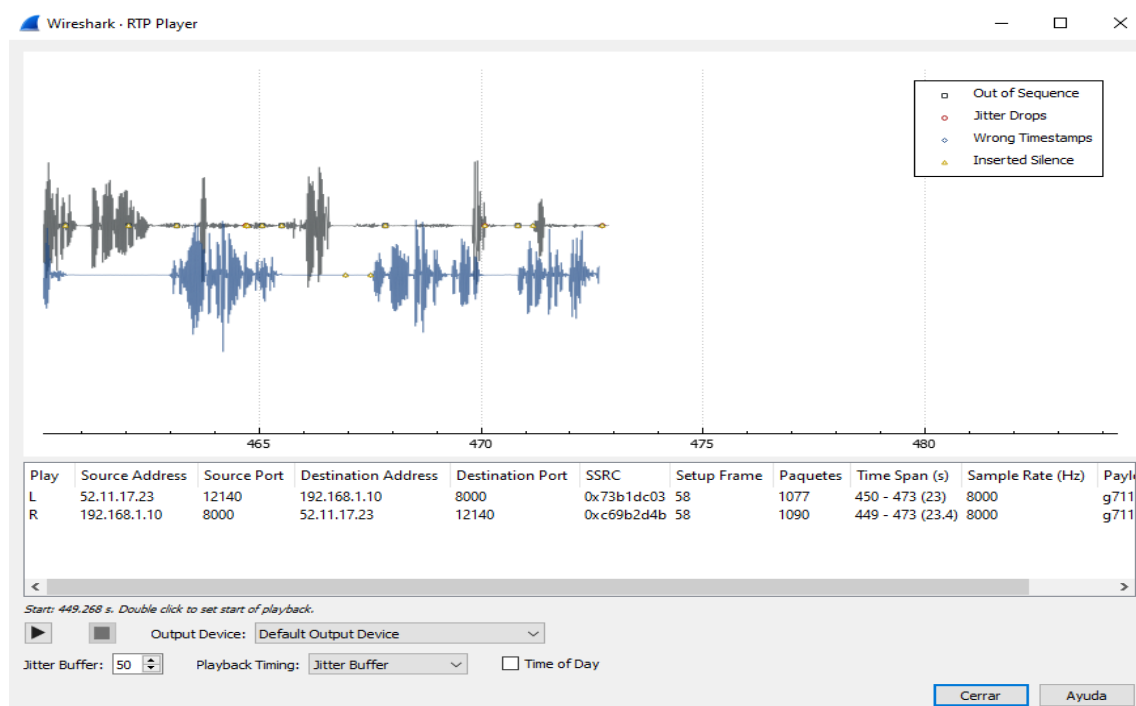
1. Primero, hay que verificar que efectivamente se capturó la llamada (esto tiene que incluir los mensajes SDP, RTP, etc.), para realizar esto nos dirigimos a Telefonía → Flujos SIP. Se visualizará una interfaz como la que muestra la siguiente imagen:

Wireshark · SIP Flows · voip-call-20-10-2021.pcapng

Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Protocolo	Duration	Paquetes	State	Com
0.000000	2.819017	52.11.17.23	"143501" <sip:143501@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:02	7	REJECTED	INVIT
15.654755	578.250013	192.168.1.10	"1003" <sip:1003@publicdemo.thewebmachine.net>	"1003" <sip:1003@publicdemo.thewebmachine.net>	SIP	00:09:22	44	REJECTED	REGI
16.095890	16.096793	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
71.802381	71.803752	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
132.022094	132.667433	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
133.107613	133.108455	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
188.569392	188.571620	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
244.050005	244.051184	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
299.834330	299.842415	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
355.733765	355.734703	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
411.463425	411.464370	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
444.472721	472.844655	52.11.17.23	"143501" <sip:143501@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:28	9	COMPLETED	INVI
467.100257	467.101086	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
522.559955	522.561120	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI
578.249970	578.251938	52.11.17.23	"Unknown" <sip:Unknown@52.11.17.23>	<sip:1003@192.168.1.10:5060>	SIP	00:00:00	2	CALL SETUP	OPTI

En este caso, se pueden ignorar los mensajes cuyo state tenga un valor distinto a "COMPLETED".

Una vez localizado el flujo de la llamada, lo seleccionamos y presionamos en "Play Streams", y se abrirá una interfaz como la siguiente:



Ahora, se procede a reproducir la llamada, para confirmar que el flujo es el adecuado.

2. Una vez confirmada la captura de la llamada, cerramos dicha interfaz y nos dirigimos hacia Telefonía → RTP → Flujos RTP, lo cual mostrará la siguiente ventana:

Wireshark · Flujos RTP · voip-call-20-10-2021.pcapng

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	SSRC	Payload	Paquetes	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter	Mean Jitter	Estado
52.11.17.23	12140	192.168.1.10	8000	0x73b1dc03	g711U	1077	11 (1.0%)	483.583	16.179	7.621	
192.168.1.10	8000	52.11.17.23	12140	0xc69b2d4b	g711U	1090	0 (0.0%)	31.279	4.822	3.151	

3. Por último, seleccionamos ambos flujos y luego presionamos sobre “Exportar”, el cual me permite exportar ambos flujos (juntos conforman la llamada capturada) en un formato .rtpdump, el correspondiente a flujos RTP obtenidos desde una captura de tráfico.

## 5. H.323. Descargar y analizar la captura de tráfico rtp\_example.raw.gz e identificar:

- a) Los equipos intervinientes (dirección IP, fabricante, modelo y lugar de fabricación del dispositivo), el Caller ID, el CODEC utilizado en la conversación.

Dispositivos intervinientes:

Host A:

Dirección IP: 10.1.3.143

Fabricante: Equivalence

Modelo: Callgen323

Lugar de fabricación: Australia

Host B:

Dirección IP: 10.1.6.18

Fabricante: Desconocido (unknown)

Modelo: 310i

Lugar de fabricación: Japón

Call ID: c0fef93e-cd9e-d611-9ab2-000476222017

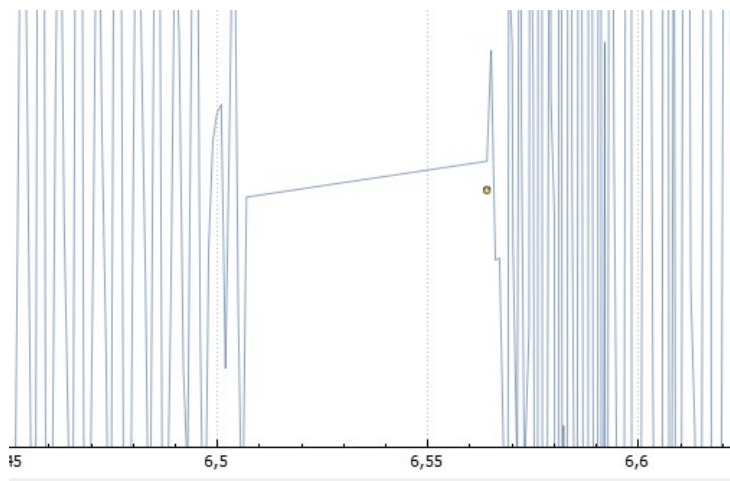
Codec utilizado en la conversación: G711

- b) Representar en un diagrama de secuencia los mensajes H.323 intercambiados entre los nodos.

[Adjunto imagen de la resolución del ejercicio]

- c) Analizar el audio que se puede recuperar de la captura ¿Qué sucede aproximadamente en el segundo 6.55?

En el segundo 6.55, se pierde un paquete RTP por lo que se utiliza Silence Insertion. Esto se puede visualizar en el siguiente gráfico:



6. **Codecs.** Descargar los fragmentos de audio <https://bit.ly/369Seew> (diálogo, 95 segundos) y <https://bit.ly/2Tgd1YA> (música, 80 segundos). Utilizando Audacity u otro software de conversión de audio (opus-tools/opusenc), convertir los fragmentos a codec OPUS con los bitrates indicados más abajo, partiendo siempre del archivo original.

Para el último codec (G.711), abrir cada archivo original con Audacity, cambiar el valor de *Project Rate (Hz)* (esquina inferior izquierda de la ventana) a 8000 hz y exportarlo mediante *File » Export » Export audio ... » Other uncompressed files*, seleccionando header WAV (Microsoft) y encoding A-law.

Completar la tabla siguiente con los tamaños finales de archivo. Escuchar todos los archivos mediante un reproductor de audio (vlc, mpv, ...) e indicar un valor de calidad subjetiva entre 1 y 5, y un comentario sobre cómo considera Ud la calidad del audio respecto al fragmento original. La primera línea es un ejemplo.

Archivo	CODEC	Bitrate	Tamaño	Calidad Subj.	Comentario
diálogo	PCM Audio CD	1411 kbit/s	16438 KB	5/5	audio original
"	OPUS	96 kbit/s			
"	OPUS	16 kbit/s			
"	G.711 (A-law)	64 kbit/s			
música	PCM Audio CD	1411 kbit/s	13745 KB	5/5	audio original
"	OPUS	96 kbit/s			
"	OPUS	16 kbit/s			
"	G.711 (A-law)	64 kbit/s			

En este caso, para resolver el ejercicio voy a utilizar el programa Audacity.

Para convertirlos a codec OPUS, realizo los siguientes pasos:

1. Abro el archivo original con Audacity.
2. File → Export → Export Audio → Selecciono la opción OPUS → Elijo la configuración (Bitrate) → Save.

Por ejemplo, para cambiar a OPUS con Bitrate de 96kbps debería quedar así:

Opus (OggOpus) Files (FFmpeg) ▼

Bit Rate: 96 kbps ▼

Vbr Mode: On ▼

Compression 10 ▼

Application: Audio ▼

Frame Duration: 20 ms ▼

Cutoff: Disabled ▼

?

Por último, luego de analizar cada archivo con su respectivo CODEC, llegué a la siguiente conclusión:

Archivo	CODEC	Bitrate	Tamaño	Calidad Subj.	Comentario
diálogo	PCM Audio CD	1411 kbit/s	16438 KB	5/5	audio original
"	OPUS	96 kbit/s	<b>1157 KB</b>	<b>3.5/5</b>	
"	OPUS	16 kbit/s	<b>200 KB</b>	<b>2/5</b>	
"	G.711 (A-law)	64 kbit/s	<b>1536 KB</b>	<b>3/5</b>	
música	PCM Audio CD	1411 kbit/s	13745 KB	5/5	audio original
"	OPUS	96 kbit/s	<b>1126 KB</b>	<b>4/5</b>	
"	OPUS	16 kbit/s	<b>179 KB</b>	<b>3/5</b>	
"	G.711 (A-law)	64 kbit/s	<b>1331 KB</b>	<b>4/5</b>	

**Aclaración:** Cabe destacar que mi oído está lejos de ser un oído “privilegiado”, por lo que en general no llegué a notar muchas diferencias (solo el original se notaba que sonaba mucho mejor, el resto eran muy similares en mi oído).