

## PROCESADORES DE EFECTOS

FEDERICO ANDRIOLLO<sup>1</sup>, FRANCO SPITALE<sup>1</sup> Y LUIS GARCIA CASTELLANOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería Electrónica. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (UTN. FRC). Maestro López esq. Cruz Roja Argentina, CP X5016ZAA, Córdoba, Argentina  
federicoandriollo@gmail.com, francospitale10@hotmail.com,  
luism.garciac@gmail.com

Resumen – *En este trabajo se realiza el análisis teórico de distintos procesadores de efectos de audiofrecuencias comerciales, abordando su construcción, características y diferentes parámetros que pueden ser modificados para lograr cada sonido particular. El análisis se realiza con especial énfasis desde el enfoque del procesamiento de señales.*

### 1. INTRODUCCIÓN

La función de un procesador de efectos es la de modificar las características de una señal sonora mediante el muestreo, procesamiento y devolución de dicha señal.

Los procesadores de efectos tienen la particularidad de que funcionan mezclando la señal procesada (o lo que se denomina señal “húmeda”) con la señal original (o señal “seca”). De esta manera logran agregar características de espacialidad, ambientación, expresión y movimiento facilitando a los músicos conseguir nuevos estilos y sonidos con que marcar su impronta personal o bien enriquecer una obra musical para aumentar la experiencia sensorial del oyente.

Estos pueden encontrarse comúnmente en modelos de efecto único, preparados para incorporarse a un equipo de audio o en forma de pedales, cuyo uso es habitual para músicos que interpretan en directo. También existen los procesadores multiefectos en los cuales se pueden encontrar un elevado número de efectos diferentes preprogramados o configurables y dispuestos para ser utilizados. Estos últimos son generalmente, a diferencia de los previamente mencionados, utilizados por los técnicos o ingenieros de sonido.

Este trabajo está estructurado de manera de presentar modelos de sistemas de generación de los efectos de audio más habituales con su respectiva explicación teórica, y mencionar algunos parámetros que se utilizan en procesadores comerciales para poder personalizar cada efecto a medida.

### 2. EFECTOS DE TIEMPO

Los efectos de tiempo son aquellos que se logran fundamentalmente retardando temporalmente la señal original. Mediante retardos y realimentación se pueden obtener los efectos de Delay, Eco y Reverberación.

#### 2.1 Retardos (Delay)

La función de delay permite retardar una señal un tiempo determinado ajustable  $T_d$ . Es la base de otros efectos como el eco y la reverberación. En la construcción de generadores de efecto de Delay, se pueden diferenciar entre analógicos y digitales.

##### 2.1.1 Retardos analógicos

Antiguamente y antes de la llegada de los procesadores digitales de audio, la generación de retardos temporales se resolvía de formas no del todo perfectas [2]. Entre ellas:

- Circuitos pasivos:

A través de circuitos pasivos se generaba un desfase temporal en la señal de entrada. Estos circuitos no lograban una respuesta en frecuencia ideal y los retardos no eran demasiado largos.

- Sistemas de resortes:

Atacando un extremo de un resorte y capturando las vibraciones en el otro extremo era posible lograr un retardo temporal. Sin embargo las resonancias propias de los resortes provocaban efectos indeseados en el sonido obtenido.

- Grabadores de carretes:

Mediante este sistema era posible grabar la señal y reproducir lo previamente grabado con un desfase proporcional entre la grabación y la reproducción (desviando la cinta del cabezal de monitoreo respecto al de reproducción). Este sistema era costoso y limitado a la velocidad de grabación, por lo que no se podían obtener retrasos de menos de 50 ms [2].

##### 2.1.2 Retardos digitales

Con el perfeccionamiento de los sistemas de procesamiento digital, la tarea de lograr un Delay se

facilita enormemente. Un sistema de retardo digital funciona de manera similar al sistema analógico de grabadores de carretes. Este consiste en grabar en una memoria la señal durante un tiempo especificado y leerla posteriormente tan rápido como se desee.

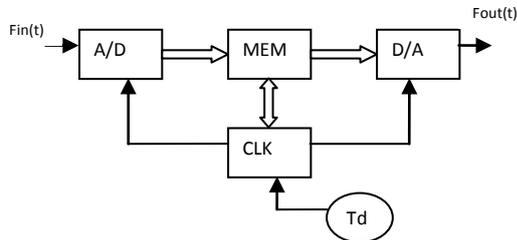


Figura 1: Sistema digital de generación de retardos.

Como se observa en la Figura 1, este sistema cuenta de dos convertidores (A/D y D/A), una memoria interna y un circuito temporizador.

Por cada ciclo de Clock se activa la lectura de un dato de la señal de entrada  $F_{in}(t)$  a través del convertidor A/D, el cual se escribe sobre la memoria. El proceso de lectura se repite durante el tiempo especificado  $T_d$ . Cuando se alcanza el tiempo  $T_d$ , a la par de la escritura, se comienzan a escribir los datos leídos previamente sobre en convertidor D/A, los cuales representan la señal retrasada en el tiempo  $F_{out}(t)$  mostrándose esta a la salida.

Como se puede observar, este es un proceso simple únicamente limitado por la capacidad de almacenamiento de la memoria en cuestión, la cual debe ser determinada de manera acorde a la frecuencia de muestreo utilizada, al retardo máximo buscado y al número de bits utilizados en la conversión, en donde se puede deducir:

$$M = T_d \cdot f_s \cdot N \quad (1)$$

Donde:

- Td: Retardo máximo buscado.
- Fs: Frecuencia de muestreo.
- N: Numero de bits utilizados.

Si suponemos entonces 20000 muestras por segundo, para un retardo de 0,2s y 16 bits de conversión, se necesitaría una memoria de 64000 bits u 8 kbytes.

En Delays comerciales suelen estar disponibles los siguientes parámetros para lograr el efecto deseado:

- 1°. Delay: El retardo en milisegundos.
- 2°. Ganancia de realimentación: Cantidad de feedback para el sonido Delay. Indica la relación por la cual el nivel se reduce al repetir el efecto.
- 3°. Cantidad de feedback para la porción de alta frecuencia del sonido delay.
- 4°. Nivel de salida: Amplitud después de mezclar el sonido original y el sonido del efecto.

## 2.2 Ecos (Echo)

Se define como eco a la repetición del sonido directo como consecuencia de una reflexión en una superficie relativamente distante, en donde el sonido se percibe como eco para retardos mayores que 100ms, o 17m de distancia si se tiene en cuenta la velocidad del sonido [2].

En el fenómeno del eco se producen dos efectos: un retardo producido por el camino recorrido por el sonido directo y una atenuación de la señal original efecto de la absorción en las superficies reflectoras. De acuerdo a si se considera una reflexión única o sucesiva, se puede hacer la siguiente división:

### 2.2.1 Eco simple

Para lograr un efecto de eco único, se suma a la señal original la misma señal ajustada y retardada en el tiempo. Mediante los ajustes especificados en la Figura 2 se fija la proporción entre el sonido directo y el sonido reflejado.

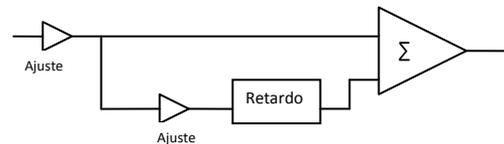


Figura 2: Sistema generador de eco simple.

### 2.2.2 Eco real

Un eco real es repetitivo en el tiempo debido a las múltiples reflexiones que sufre el sonido directo. Por este motivo es necesario realimentar la señal obtenida en el Retardo a la entrada del mismo, para que el sistema simule dichas reflexiones múltiples. El ajuste en la realimentación se utiliza para que el eco se vuelva inaudible luego de una determinada cantidad de repeticiones.

Para simular en su totalidad el fenómeno de absorción acústica (el cual es dependiente de la frecuencia), se agrega un ecualizador el cual limitará las señales en función de la misma.

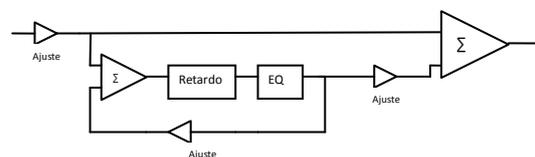


Figura 3: Sistema generador de eco real.

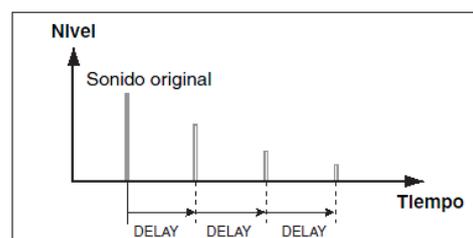


Figura 4: Diagrama temporal de un generador de eco [1].

### 2.3 Reverberación (Reverb)

La simulación de un efecto de reverberación suele ser algo más complejo que la simple generación de retrasos o eco. Esto se debe a que en el fenómeno de reverberación no existe un único retardo o retardos fácilmente diferenciables. Por ejemplo, en habitaciones de tipo rectangular existirán tres pares de superficies paralelas que producirán tres retardos diferentes. Además las ondas rara vez quedarán reflejándose entre superficies paralelas sino que lo harán de manera oblicua, por lo que se generarán reflexiones muy diversas.

Existen dos zonas diferenciadas al estudiar el efecto de reverberación en un recinto. La primera, relativa a las reflexiones que llegan inmediatamente después del sonido directo, y que reciben el nombre de primeras reflexiones o reflexiones tempranas y una segunda formada por reflexiones tardías, o la denominada cola reverberante (late-field reverberation) [5].

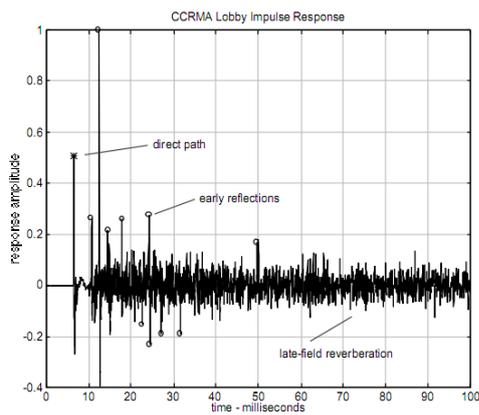


Figura 5: Reflexiones en un recinto

Las reflexiones tempranas son de suma importancia por proporcionar información psicoacústica con relación a la “ambiencia” o las características geométricas del recinto [2]. Estas pueden ser simuladas mediante retardos sin realimentación. El efecto en conjunto de reflexiones tempranas y campo reverberante puede ser logrado agregando algunos retardos más, todos ecualizados y realimentados entre sí. El sistema completo se muestra en la Figura 6.

En procesadores de efectos comerciales, varios aspectos del sonido reverberante pueden ser controlados. Entre ellos se pueden ejemplificar [1]:

1°. Tiempo de reverberación: Se expresa como el tiempo sobre el cual la reverberación a 1 kHz caerá en 60 dB.

2°. Tiempo de reverberación para gama de frecuencias altas o bajas: Puede utilizar estos valores para simular la capacidad de absorción de las paredes y el techo.

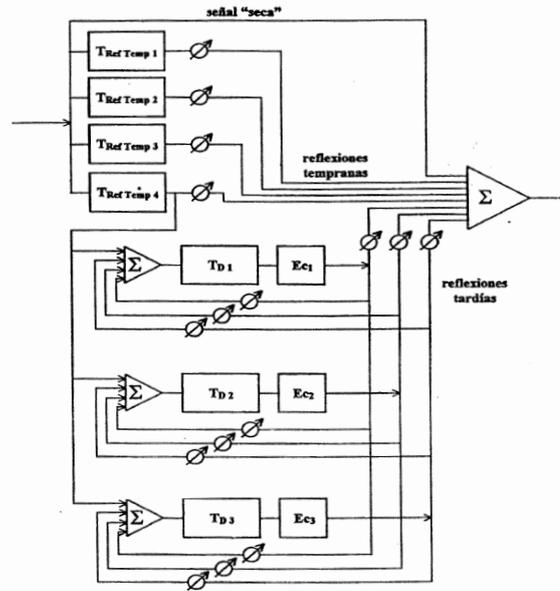


Figura 6: Sistema generador de reverberación [2].

3°. Delay: Delay de la reverberación en relación con el sonido original.

4°. Nivel de salida: Nivel de salida después de mezclar el sonido original y el sonido del efecto.

5°. Balance entre sonido original y sonido de efecto: Balance entre el sonido original y el sonido del efecto. Por ejemplo, con un ajuste del 0%, sólo se envía el sonido original; con un ajuste del 100%, sólo se envía el sonido del efecto.

6°. Delay de reflexiones iniciales en relación con el sonido original.

7°. Delay de reflexiones subsiguientes en relación con las reflexiones tempranas.

8°. Densidad: Si se aumenta este valor la reverberación tendrá más amplitud.

9°. Difusión: Si aumenta este valor la reverberación será más suave.

### 3. EFECTOS DE MODULACION

Son los que afectan a una señal, alterando alguno de sus parámetros tales como frecuencia, amplitud o fase. Pueden variar el volumen, la afinación, o el tiempo de retardo del sonido del efecto para producir sonidos “de silbido”, “deformados” (flanger, phaser), cambios cíclicos en el volumen (tremolo) o en la posición (auto pan) [1].

#### 3.1 Tremolo

El tremolo consiste en la modulación de una señal de audio (modulada) en amplitud, debido a otra señal (modulante).

La señal modulante puede ser de distintas formas tales como senoidales, cuadradas, triangulares o diente de sierra. También se puede utilizar algunos tipos de ruidos, los cuales producen un efecto de batido irregular que contrarresta la tendencia a provocar una modulación demasiado mecánica propia de las señales periódicas [2].

La frecuencia de la modulante, es por lo general baja, entre 0,1Hz y 10Hz, lo que produce un efecto que no se percibe como un tono, sino como una suave variación periódica de la intensidad. Si la frecuencia de modulación se ajusta a algún múltiplo del tiempo de la pieza, puede simularse el efecto de notas repetidas. Por estos motivos, a la frecuencia de la modulante, se la denomina velocidad del tremolo, en lugar de frecuencia de modulación [2].

La proporción en que varía la amplitud se denomina a su vez profundidad del tremolo.

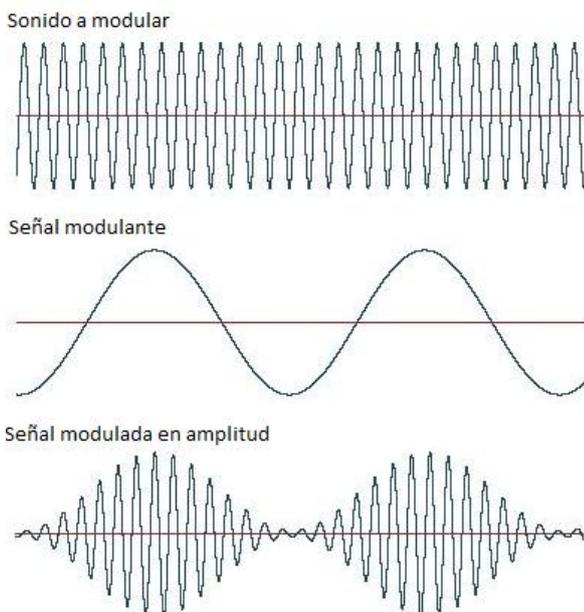


Figura 7: Señales que intervienen en el efecto tremolo.

La implementación electrónica del tremolo se logra por medio de un oscilador de baja frecuencia LFO (Low frequency oscillator) cuya oscilación es inyectada en la entrada de control de un amplificador controlado por tensión VCA (Voltage controlled amplifier). El efecto se completa cuando se mezcla la señal modulante con la señal sin modular [2].

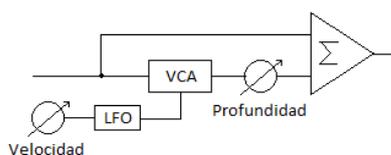


Figura 8: Diagrama en bloques de un modulador en amplitud para generar el tremolo.

### 3.2 Vibrato

El vibrato consiste en una fluctuación de la frecuencia de un sonido. Es utilizado por casi todos

los instrumentos como una parte de la técnica instrumental [2] y en los instrumentos electrónicos se utilizan osciladores, para generar artificialmente el efecto.

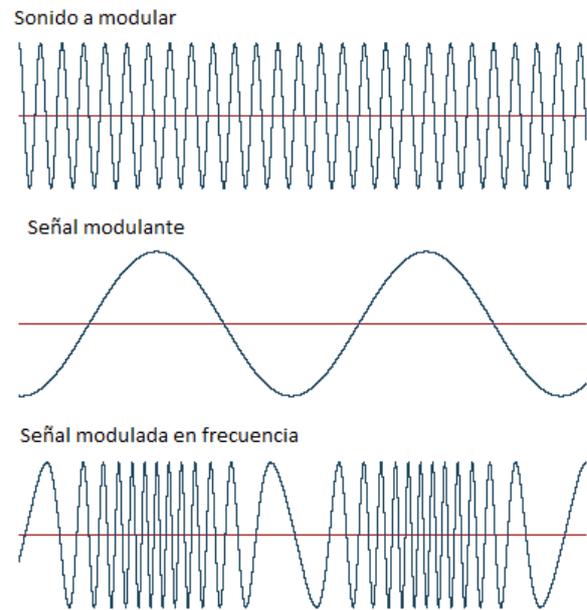


Figura 9: Vibrato obtenido mediante una modulación de frecuencia.

Hay dos formas de generar el vibrato. El primero, solo aplicable a generadores de sonido, consiste en utilizar un VCO (oscilador de frecuencia controlada por tensión). En estos osciladores la frecuencia es proporcional a la tensión aplicada en una entrada de control, de modo que si se aplica una tensión variable, se logra una frecuencia variable. Este procedimiento denominado modulación en frecuencia, no puede utilizarse en señales provenientes de fuentes externas. El segundo, consiste en aplicar una modulación a un retardo, modulando un tiempo  $T_D$  de retardo. Si retrasamos cada vez más una señal, el resultado es una reducción aparente de la frecuencia; y si la retasamos cada vez menos, el resultado es un aumento de la frecuencia [2].

La velocidad de variación del retardo debe aumentar gradualmente, ya que si esta no fuera así, se percibiría como una fluctuación entre dos notas diferentes, lo que equivale a modular con una onda cuadrada [2].

La modulación de un retardo, se conoce como modulación en fase, que es un efecto análogo a la modulación en frecuencia. El control de “velocidad” del LFO, regula la frecuencia a de la señal moduladora generada por este. El control de profundidad determina que tan intenso resultara el vibrato, es decir entre que extremos variara la frecuencia. El retardo de referencia es un pequeño retardo (del orden de 5 a 10 ms, para no alterar perceptiblemente las “simultaneidades” de la música), al cual se suman valores positivos o negativos del LFO. Este retardo es necesario porque si no existiera, al recibir un valor negativo en la

entrada de control el retardo tendría que convertirse en anticipación, lo cual es un imposibilidad física.

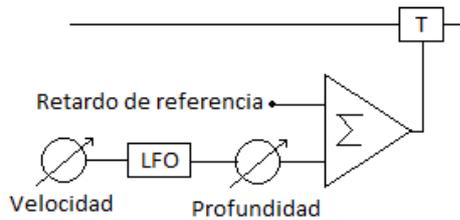


Figura 10: Diagrama en bloque de un modulador de fase para generar un vibrato.

### 3.2 Chorus

Es posible mezclar una señal con vibrato con una señal sin procesar (“seca”). El resultado es similar al de un par de instrumentos que tocan al unísono (la misma frecuencia) de modo tal que uno de ellos desafine ligeramente [2].

Las dos señales no difieren en un valor constante, sino en una cantidad variable de Hz que depende de la profundidad de la modulación. Esto hace que la envolvente sea algo irregular, creando con mayor naturalidad la pequeña fluctuación de frecuencias de los instrumentos [2].

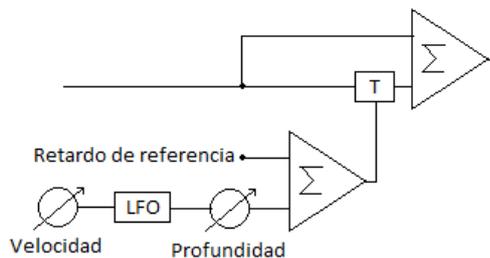


Figura 11: Diagrama en bloque de un chorus monofónico.

Los parámetros comunes son:

- 1°. Delay. Este parámetro controla la cantidad de retraso usado, más específicamente en realidad controla el mínimo tiempo de retraso que se usa.
- 2° Profundidad de Barrido. Este parámetro controla cuánto varía el retraso total en el tiempo. Este control puede ser visto también como la amplitud pico a pico del LFO.
- 3°. Forma de onda del LFO. La forma de onda del LFO.
- 4°. Frecuencia de oscilación. Este parámetro es realmente intuitivo. Se refiere a la frecuencia de repetición de la forma de onda periódica usada por el LFO.

### 3.3 Flanger

El efecto flanger tiene sus orígenes en las grabaciones magnetofónicas en cinta abierta, Se

obtenía grabando simultáneamente una señal en dos grabadoras y luego retrasando ligeramente una, o bien aplicando una ligera presión con el dedo en el borde de la ceja del carrete (denominado en inglés, flange) [2].

Estos efectos añaden un carácter “de silbido” que suena como un avión jet despegando y aterrizando [1].

La idea es aplicar la misma señal a dos retardos con el mismo retardo de referencia (es decir el mismo retardo promedio), y agregar a cada retardo una modulación en contrafase con respecto al otro. Entonces con respecto a dicho retardo, una de las señales se adelantara y la otra se retrasara. El retardo de referencia es necesario por la imposibilidad de adelantar una señal en forma absoluta [2].

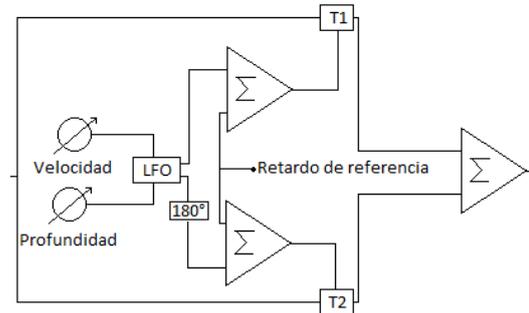


Figura 12: Diagrama en bloque del efecto flanger.

El retardo de frecuencia, es modelado por el LFO, provocando una variación de ese retardo. Una de las señales esta retrasada respecto de la otra. Para frecuencias bajas, que tienen largos periodos, el efecto será la suma de dos señales casi iguales, pero para frecuencias altas, el desfase se va haciendo cada vez mayor, hasta llegar al punto en que ambas señales están en contrafase. Al sumarlas en el sumador de salida, el resultado será nulo [2].

Esta unidad no es otra cosa que un filtro peine (CombFilter) que produce una serie de muescas en la respuesta frecuencial de una señal [4].

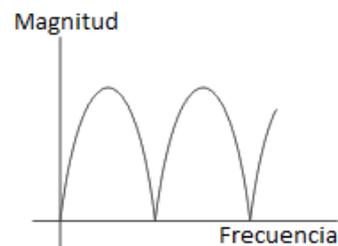


Figura 13. Representación en frecuencia del efecto Flanger

Los Parámetros comunes son [4]:

- 1°. Mix. Cuando este parámetro es cero, la respuesta en frecuencia es plana (ganancia unidad), pero a medida que se incrementa acercándose a uno, las muescas empiezan a aparecer.

2°. Delay. Especifica el mínimo retraso usada en la copia de la señal de entrada. A menor tiempo de retraso, menor compresión de las muescas.

3°. Profundidad de Barrido. Este parámetro determina cómo de amplio es el barrido en términos del tiempo de retraso, esto es la amplitud de pico a pico del LFO.

4°. Forma de onda del LFO. Algunas unidades de flanger permiten elegir la forma de onda usada por el LFO.

5°. Frecuencia. Controla la frecuencia de repetición de la forma de onda usada por el LFO.

6°. Realimentación. Algunas unidades permiten tomar una porción de la salida del flanger y llevarla a la entrada.

Es importante señalar que si este parámetro es mayor que uno, el sistema puede volverse inestable y resultar peligroso para la integridad del equipo.

### 3.3 Wah wah

El diagrama en bloques básico de un wah wah se puede apreciar en la figura 14, este efecto se logra modulando con un LFO la frecuencia de corte superior de un filtro pasa bajos, de esta manera se suprimen o se dejan pasar cierta cantidad de armónicos de la señal original. El mismo nombre del efecto nos indica cual es la naturaleza del mismo, ya que la letra “a” se transforma en “u” al quitarle armónicos, de ahí el nombre wah wah. [2]

La velocidad con la cual se efectúa el efecto viene dada por la frecuencia del LFO y la profundidad viene dada por el contenido armónico, estos parámetros se suelen modificar mediante controles en los procesadores comerciales, al igual que la frecuencia central de corte del filtro pasa bajos (frecuencia alrededor de la cual fluctúa la frecuencia de corte del filtro). La profundidad se controla mediante la variación máxima en torno a la frecuencia central de corte.

Este tipo de efecto es optimo para instrumentos individuales, principalmente la guitarra eléctrica, y no es aplicable a mezclas parciales o completas. Es un procesador que brinda expresividad al sonido y es aplicable cuando el sonido es relativamente largo por lo que a los sintetizadores se le suele agregar un retardo para evitar que las notas rápidas sean procesadas por el efecto.

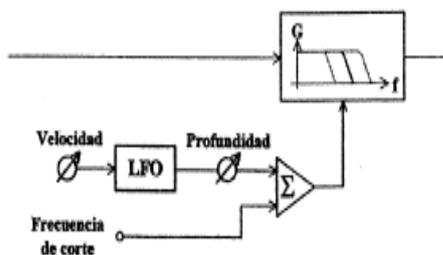


Figura 14: Diagrama en bloques del efecto wah wah.

### 3.4 Phaser

Este efecto se logra modulando un filtro pasabanda de alto Q (ancho de banda muy estrecho) al que se le modula la frecuencia central mediante un LFO. La señal de este filtro es luego mezclada con la señal sin filtrar. [2]

La operación de este procesador se basa en el hecho de que en todo filtro pasabanda el pico de ganancia en la frecuencia central va acompañada de una rápida variación de fase, desde un adelanto hasta un retraso, pasando por un desfase nulo en la frecuencia central. La señal que llega al filtro esta invertida respecto a la señal sin procesar, entonces en la frecuencia central se producirá una cancelación semejante a la que tenía lugar en el flanger. De este modo al modular se varía la posición del filtro, variando también la frecuencia suprimida.

Este efecto es similar al flanger, la diferencia recaba en que el phaser solo suprime la frecuencia central y algunas frecuencias cercanas, esto se debe a que en los filtros de gran Q se produce más de una inversión de fase en las proximidades de la frecuencia central.

En la figura 15 podemos apreciar el diagrama en bloques básico del efecto phaser.

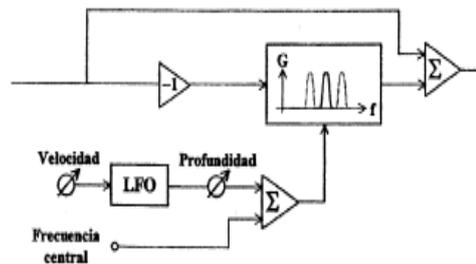


Figura 15: Diagrama en bloque del efecto phaser.

Algunos parámetros modificables son:

1°. Frecuencia: Velocidad de modulación. Al aumentar este valor la modulación se repetirá en un intervalo más corto.

2°. Profundidad: Profundidad de modulación. Si aumenta este valor la modulación será más profunda.

3°. Feedback Gain: Cantidad de feedback para el sonido modulado. Al aumentar este valor se aumentará la cantidad de feedback, enfatizando la modulación. Los ajustes negativos (-) invertirán la fase del feedback.

4°. Offset: Valor de desplazamiento para la frecuencia cuya fase se desplaza. Al aumentar este valor la frecuencia se moverá hacia arriba, y al reducirlo la frecuencia se moverá hacia abajo. La frecuencia con cambios de fase cambiará alrededor de este valor.

5°. Fase: Diferencia de fase entre las señales de modulación del canal L y del canal R. Le permite controlar la amplitud del sonido.

6°. Stage: Número de fases en los circuitos de cambios de fase. Al aumentar este valor se producirá una sensación de modulación más compleja.

#### 4. EFECTOS NO LINEALES

En estos efectos no se cumple la ley de linealidad, es decir si se aplica el efecto individualmente a cada señal y luego se las mezcla no se obtiene el mismo resultado que si se las mezcla y luego se le aplica el efecto.

##### 4.1 Distorsionador

Existen 2 tipos de distorsión, la distorsión armónica y por intermodulación. La distorsión armónica básicamente consiste en agregar armónicos a un único tono, logrando modificar el timbre, sin variar la frecuencia, haciéndolo más marcado y con interesantes aplicaciones expresivas en alta y baja frecuencia [2].

La distorsión por intermodulación es la que se genera cuando hay más de un tono al mismo tiempo (por ejemplo, un acorde o varias voces), el efecto que se genera es que aparecen armónicos que son suma y resta de los armónicos de cada tono presente (productos de intermodulación). Este tipo de intermodulación es aplicable cuando hay un sonido por ves ya que resultan disonantes.

En la figura 16 podemos ver el diagrama en bloques, en el cual se puede que es posible intercalarse un ecualizador y un sumador para mezclar la señal original con la distorsionada.

Este es un efecto que se utiliza casi exclusivamente en la guitarra eléctrica, ya que es utilizado para brindarle mayor variedad tímbrica a este tipo de instrumentos.

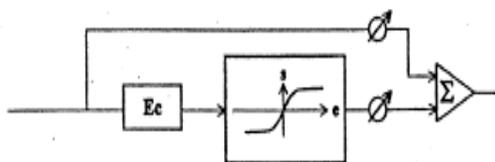


Figura 16: diagrama en bloque de un distorsionador.

##### 4.2 Realzadores (enhancers, exciters)

Este efecto es similar al distorsionador, la diferencia está en que antes de distorsionar la señal, se la filtra con un filtro pasaaltos de frecuencia de corte entre alrededor de 1kHz y 6 kHz, de modo que recibe sólo las componentes de alta frecuencia de la señal, además se mezcla la señal distorsionada en menor proporción con la señal original (10 a 20 dB por debajo). De esta manera se mejora la calidad del sonido resultante, ya que al no aplicar el efecto a las frecuencias bajas, se evitan los productos de

intermodulación en baja frecuencia que afectan de manera negativa la inteligibilidad del mensaje musical, y como los mismos se generan en alta frecuencia, aportan mayor brillo y definición al sonido.

Por otro lado este efecto aporta mayor sonoridad, debido a que se incrementa la cantidad de armónicos en alta frecuencia, banda en la cual el oído es más sensible, sin tener que aumentar el nivel de presión sonora, ni el nivel de la señal eléctrica, esto permite sacar mayor partido a las cajas acústicas y a los amplificadores. Además, es utilizado en las transmisiones de FM, ya que debido a la compresión que se le debe efectuar a la señal, se genera una marcada monotonía dinámica, lo cual es compensado con un aumento en la sonoridad y produciendo un sonido más brillante mediante este efecto.

En la figura 17 podemos ver su esquema general.

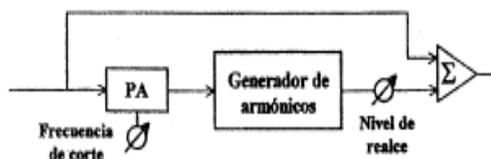


Figura 17: diagrama en bloque de un Realzador

#### 5. TRANSPOSITORES DE ALTURA (PITCH SHIFTERS)

Este efecto consiste en desplazar la frecuencia de los sonidos sin modificar la velocidad o tiempo. [2]

El funcionamiento está basado en algoritmos muy refinados que detectan aspectos repetitivos de la forma de onda. Primeramente, se subdivide la señal e fragmentos de corta duración, los cuales son muestreados y grabados en memoria.

En el caso que se desee realizar una transposición hacia las bajas frecuencias, se debe leer las muestras más lentamente que lo que fueron escritas en la memoria como puede verse en la figura, por ejemplo, si cada fragmento dura 10 ms y la frecuencia de muestreo inicial era de 44,1 kHz, habrá 441 muestras en cada fragmento. Si ahora bajamos un semitono la frecuencia de lectura deberá ser 41,625kHz, por lo cual habrá solo 416 muestras en los 10 ms de duración del fragmento. Las  $441 - 416 = 25$  muestras deben descartarse.

Ahora surge un problema de ensamblar todos los fragmentos, ya que es muy probable que se generen discontinuidades, razón por la cual se debe hacer una adaptación, por ejemplo haciendo que una muestra del segundo fragmento coincida con el primero, o fundir el final del primer fragmento con el principio del segundo.

En la figura 18 podemos apreciar a) la onda original correspondiente a dos notas de duraciones T1 y T2, b) La onda resultante después del

desplazamiento de altura, donde se descarto el ultimo semiperiodo de la primera nota, para evitar una transición brusca, en su lugar se colocó un semiperiodo de la segunda nota, introduciendo un leve desfasaje.

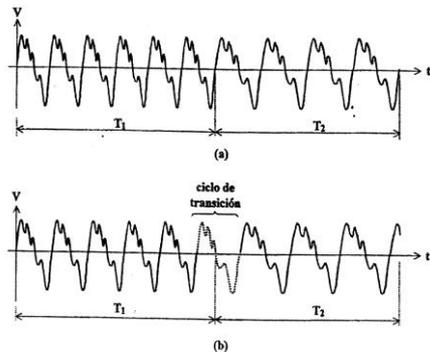


Figura 18: Desplazamiento de altura hacia abajo.

Si deseamos transponer hacia arriba, las muestras deberán leerse más rápido que la señal original, es evidente que la lectura del primer fragmento concluirá más rápido y no habrá información para leer en el segundo fragmento ya que el sonido original va a una velocidad más lenta. Para resolver este problema, vamos a necesitar generar más muestras, por ejemplo a una señal de 44,1 kHz la queremos llevar a una frecuencia de 46.7 kHz, considerando fragmentos de grabación de 10 ms deberemos leer 467 muestras, entonces estarían faltando 26 muestras, las cuales se completan repitiendo algunas muestras ya leídas cuidadosamente seleccionadas, se podría identificar el último periodo completo y repetirlo hasta que se termine el tiempo a rellenar. Otra alternativa sería obtener el espectro de cada fragmento, contraerlo y expandirlo con el objeto de reducir o aumentar la frecuencia.

Al igual que en la transposición en baja frecuencia existe discontinuidades en la transición de lecturas como puede verse en la figura 19, lo cual se puede salvar con la técnica de solapado, es decir el comienzo del nuevo fragmento se produce antes de terminar el anterior.

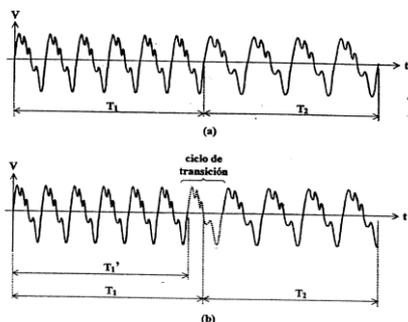


Figura 19: Transposición de altura hacia arriba.

- a) Onda original, formada por dos notas de duración  $T_1$  y  $T_2$ .

- b) Onda resultante después de un desplazamiento de altura, el tiempo ahora se rellena con un semiciclo de transición cuya frecuencia corresponde a la de la señal durante  $T_1'$ . Para no generar un transición brusca, y dado que durante  $T_2$  la frecuencia se reduce, el semiciclo siguiente se ajusta a la nueva frecuencia, introduciendo una leve diferencia de fase

Este tipo de procesadores tienen la finalidad de generar un coro (chorus) más real que el logrado modulando un retardo, ya que se logran diferencias de afinaciones sutiles que no varían con el tiempo, como en el caso del chorus convencional y no provoca pulsaciones rápidas. Este efecto también se suele usar para corregir pequeñas desafinaciones de la voz o para poner al mismo tono instrumentos afinados con distintos parámetros, otra aplicación puede ser la de realizar armonizaciones en tiempo real desde un secuenciador o un teclado. Otra aplicación que se suele encontrar es para generar efectos cómicos por ejemplo en la voz humana haciéndola más grave o más aguda, o para efectos de sonido en el cine.

Algunos parámetros modificables son:

1°. Pitch: Cantidad de cambio de afinación, ajustada en intervalos de semitono. Los ajustes positivos (+) hacen que la afinación sea más alta que el sonido original, y los ajustes negativos (-) hacen que sea más baja.

2°. Fine: Cantidad de cambio de afinación, ajustado en centésimas (1/100 de semitono). Los ajustes positivos (+) hacen que la afinación sea más alta que el sonido original, y los ajustes negativos (-) hacen que sea más baja.

3°. Delay: Delay del sonido del efecto en relación con el sonido original.

4°. Feedback Gain: Cantidad de feedback para el sonido del efecto. Al aumentar este valor se aumentará la cantidad de feedback, enfatizando el cambio de afinación. Los ajustes negativos (-) invertirán la fase del feedback.

## 6. CONCLUSIONES

Con esta investigación se logró conocer el funcionamiento básico de los procesadores de efectos más populares aplicables tanto en la industria de la música, el cine, la tv, radio, etc.

Mediante la información recabada, es posible adentrarse en el terreno del análisis y diseño de este tipo de procesadores pudiéndose implementar ya sea mediante DSP, ASP, o mediante software que vía MIDI (Interface Digital para Instrumentos Musicales) aplique alguno de estos efectos ya sea en tiempo real o en el proceso de grabación de algún sonido en particular.

## 7 REFERENCIAS

- [1] U.R.G., Pro Audio Division Yamaha. “SPX2000 Manual de instrucciones.”
- [2] Miyara Federico. “*Acústica y sistemas de sonidos*”. Editorial UNR. 1999
- [3] Perez-Aranda, Jaime y Delgado Manuel “*Procesadores de efectos*”.
- [4] Grijota Delgado, J.M. “*I.T.T esp. Sonido e Imagen*”
- [5] Carrión Isbert, Antoni 1998. “*Diseño Acústico de espacios arquitectónicos*”. Ediciones UPC. España. 1998.

## 8. DATOS BIOGRAFICOS

**Luis García Castellanos**, nacido en Córdoba el 04/03/1985. Estudiante de ingeniería en electrónica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Argentina. Actualmente trabaja como desarrollador de software. Sus intereses son: acústica de recintos, procesamiento digital de señales, electrónica digital y desarrollo de software. E-mail: luism.garcia@gmail.com

**Franco Adrián Spitale**, nacido en Córdoba el 23/02/1985. Estudiante de ingeniería en electrónica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Argentina. Actualmente trabaja como técnico de sala en Neverland. Sus intereses son: acústica, electroacústica, instrumentación, robótica. E-mail: francospitale10@hotmail.com

**Federico Andriollo**, nacido en Viedma provincia de Río Negro el 14/07/1983. Estudiante de ingeniería en electrónica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Argentina. Sus intereses son: acústica de recintos, acústica virtual, electrónica digital y desarrollo de software. E-mail: federicoandriollo@gmail.com