Batido en señales sub-Nyquist. ¿Qué onda?

Pablo Panitta

A blue lines on a black background

AI-generated content may be incorrect.

# Introducción

¿Alguna vez te preguntaste por qué a veces ves patrones, como el de la figura de arriba, en la pantalla de tu DAW con una señal periódica de nivel constante? Y lo más importante ¿tiene alguna implicancia en el audio?

# El universo analógico

Supongamos que tengo 2 senoidales espaciadas lo suficientemente una de otra (digamos unas 10 veces) y las sumamos. En esa suma observaremos que la de mayor frecuencia se encuentra superpuesta a la de menor, acompañando sus variaciones (Fig 1). Este efecto, en apariencia inofensivo, puede cobrar vital importancia principalmente en lo que se refiere a la disipación de energía en los parlante, reducción del headroom, etc.



*Fig 1: Suma* *de 2 señales senoidales de 1000 Hz y 50 Hz.*

Si en cambio, esta diferencia de frecuencias es baja, veremos un **“batimento”** en la señal resultante (Fig 2). Este batimento se traducirá en una oscilación igual a la diferencia de frecuencias entre ambas, que será perfectamente audible si no excede unos pocos Hz. [[1]](#footnote-1)

En este escenario (a diferencia del primero), la fase de cada una de las señales juega un papel importante en la generación de la señal suma.



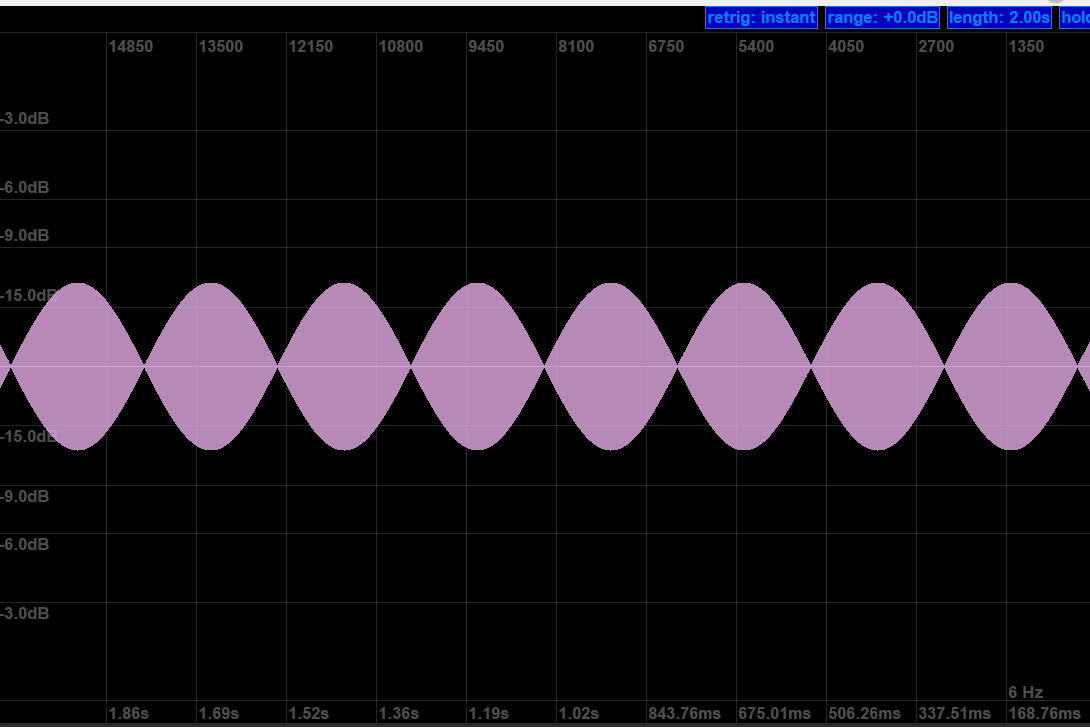
*Fig 2: Suma* *de 2 señales senoidales de 1000 Hz y 1100 Hz.*

# El universo digital

En el universo digital, ocurre algo similar. Si genero dos señales en mi DAW y las sumo, veré exactamente el mismo comportamiento, ya que el principio de cancelaciones y refuerzos es exactamente el mismo que en el ámbito analógico. Hasta aquí ninguna sorpresa.

Pero lo que no es tan evidente, es que aún con una sola frecuencia puedo llegar a observar esta clase de comportamiento. ¿Cómo es eso? ¿No era que necesitaba dos señales?

Supongamos que genero una senoidal de una frecuencia cualquiera y comienzo a aumentarla hasta llevarla muy cercana a la frecuencia de Nyquist. Al principio veré a la representación de la senoidal de manera normal, pero a medida que me acerco a Nyquist comenzaré a apreciar en la pantalla de mi DAW (o plugin que esté utilizando), el mismo efecto de batimento que veía en el analógico. La siguiente figura muestra lo enunciado.



*Fig 3: Vista de señal de 3998Hz muestreada a 8000 Hz.*

Pero aquí no existen dos señales, como en el caso analógico, que interactúen para sumarse y restarse. Y entonces, ¿qué ocurre?

La explicación detallada del proceso te la cuento en mi trabajo de investigación: [*“Efecto de batido en señales sub Nyquist”*](https://soundinsda.github.io/Soundins_website/Publications/Sub_Nyquist/index_SubNyquist.html) , pero aquí te dejo las principales conclusiones.

Es toda una cuestión de relaciones.  
Resulta que si la frecuencia que estoy generando, no puede escribirse como una **relación entre dos números enteros** (o sea una fracción de enteros) con respecto a la frecuencia de muestreo, la muestras no estarán siempre ubicadas en la misma fase de la señal para cada uno de los ciclos.

¿Qué quiere decir esto? Básicamente que irán cayendo en distintos lugares de la onda y, por lo tanto, irán formando patrones, que al interpolarse gráficamente (léase unirse) para dibujar la forma de la señal, crearán esas ondas “raras”

Sin embargo, luego de algunos ciclos, las muestras volverán a caer en la misma fase inicial y todo volverá a repetirse. ¿Y cuál es la frecuencia de esa repetición? Es exactamente *la diferencia entre la frecuencia de Nyquist y la utilizada*.

A no desesperar, lo que acabo de enunciar se puede calcular muy fácil así:

A black and white math equation

AI-generated content may be incorrect.

Por ejemplo, si estamos muestreando a 8000 Hz y genero una señal senoidal de 3998 Hz, entonces:

4000 Hz – 3998 Hz= 2 Hz.   
Por lo tanto, veré un dibujo de una señal de 3998 Hz batida a frecuencia de 1 Hz, tal como se muestra en la figura 3.

Impacto en el audio digital.

Todo bien, pero la pregunta del millón es…. ¿esto es un efecto visual o también auditivo?  
La respuesta es **AMBOS**.

Volvamos a repetir el mismo escenario, pero esta vez en lugar de mirar la pantalla, usemos nuestros oídos.  
 

Efectivamente, ¡se puede escuchar claramente el batido de 1Hz de la señal!

Pero de ser así, *¿cómo el audio digital no es un completo desastre?*

Bueno la realidad es que existen 2 condiciones que hacen que este efecto sea realmente muy poco preocupante para los fines del uso que le damos:

1) Este efecto, si bien se produce con todas las señales, en notorio en las periódicas. Raramente en el audio cotidiano trabajamos con señales periódicas puras, sino todo lo contrario, ya que son del tipo no periódicas y complejas.

2) El mismo cobra relevancia cuando la **frecuencia está muy próxima a la de Nyquist (sub Nyquist)**. O sea, para escuchar un efecto de batido deberíamos estar arriba de 22035 Hz !!!!. Un valor de frecuencia demasiado alto para ser escuchado por el común de los humanos. Por debajo de esos valores, el efecto comienza rápidamente a diluirse y desaparecer.

Así que tranquilos, que podemos seguir utilizando la maravilla del audio digital sin problemas.

*La explicación detallada del motivo de este fenómeno se debe al proceso práctico de interpolación en una conversión DA el cual hago referencia con más detalle en mi trabajo de investigación:* [*“Efecto de batido en señales sub-Nyquist”*](https://soundinsda.github.io/Soundins_website/Publications/Sub_Nyquist/index_SubNyquist.html)

Pablo Panitta – Soundins

1. A medida que la diferencia sea mayor dejaremos de escuchar claramente el batimento para pasar a percibirlo como un sonido “rugoso” (como un efecto “serrucho”). Esto se debe a que comienza a ser percibido cono disonancia, por ser una componente inarmónica [↑](#footnote-ref-1)