

Afinadores electrónicos e instrumentos de viento

Por Angel Sampetro del Río

info@unmundodebambu.com.ar

Facebook: @instrumentosdebambu

A mediados de la década del '80 comencé a construir mis primeras quenas e instrumentos de viento. Orgullosamente, compré mi primer afinador electrónico, un BOSS TU-12, que combinaba aguja y unos *leds* que indicaban la nota que el aparato estaba recibiendo. Podía entonces decir que mis instrumentos estaban afinados electrónicamente, en tanto verificaba la afinación con ese dispositivo. Era cromático, a diferencia de los más comunes de la época, que sólo registraban las notas de la guitarra. Con ello podía controlar todas las notas del registro de la quena, hasta el Do7, colocando el modesto límite del afinador en 2093Hz.

Paseando por la feria artesanal de Belgrano, crucé con Chiquito Rodríguez, quien era un ya reconocido constructor de vientos folklóricos, además de quenista integrante de Raíces Incas. Como al pasar, le comenté que usaba un afinador para mis instrumentos, cosa que no le gustó nada. Algo exaltado, más o menos me dijo que eso no servía para nada, que la nota se tenía que sentir en el cuerpo, y de ahí salía.

En aquel momento mi razonamiento fue simple: Chiquito Rodríguez era un consumado intérprete y constructor de instrumentos, pero su visión era anticuada y resistía a los cambios que la tecnología estaba trayendo.

El afinador electrónico es una herramienta útil, sin dudas. El hecho de disponer de una referencia inmediata y certera de la frecuencia absoluta de un sonido, no subjetiva –es decir, no depende de nuestro entorno perceptual, es fantástico. Hoy día los afinadores son elementos comunes e indispensables para cualquier músico y constructor de instrumentos. Pero como toda herramienta, debe ser bien usada, y no intentar llevar sus aplicaciones más allá de sus posibilidades.

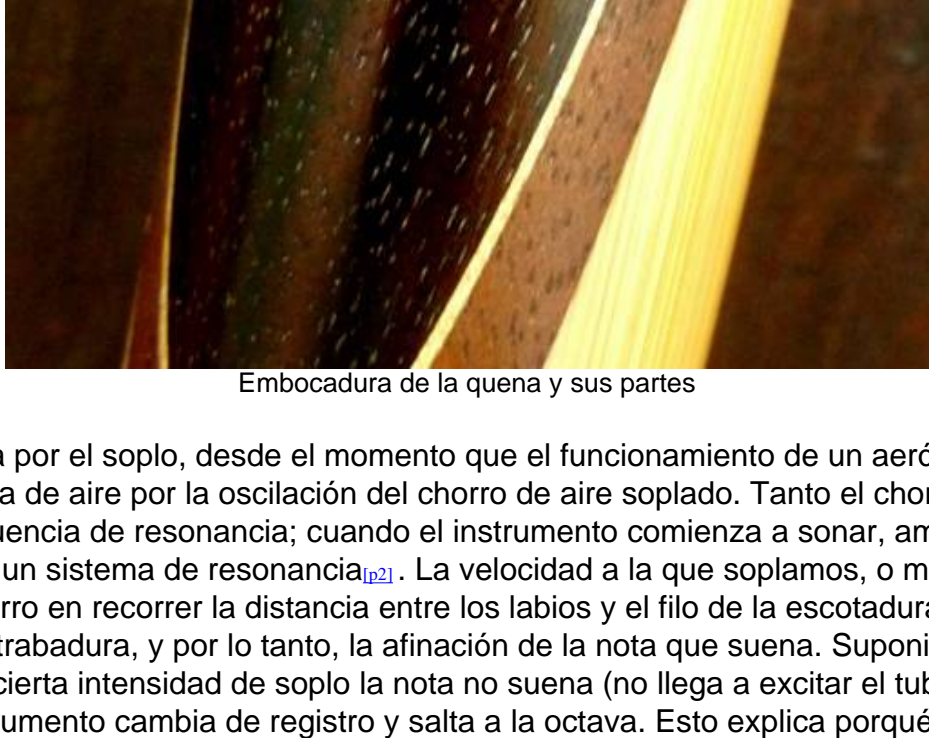
Esto es especialmente cierto para el uso en aerófonos. Yo creo que como el aerófono tiene una acústica relativamente compleja, y en especial de difícil visualización. El músico, el público en general, y muchas veces el constructor de vientos tiende a asimilarla con la de otros instrumentos más comunes e internalizables, como una guitarra o un teclado, estableciendo una *analogía*^[p.1] no necesariamente cierta. En estos últimos instrumentos, la emisión de la nota depende casi totalmente de un elemento externo al músico, como puede ser la cuerda (de guitarra o piano), o el dispositivo eléctrico o electrónico excitado al pulsar un teclado. En el instrumento de viento siempre hay una interacción mayor entre el ejecutante y la altura del sonido resultante. Comparte con las otras familias, por supuesto, la cuestión tímbrica, la cadencia, el tiempo, y toda la intencionalidad que el músico pone en la ejecución, pero quiero ahora centrarme en la altura de la nota y su correspondiente físico, la frecuencia, que es lo único sobre lo cual un afinador ordinario puede brindarnos información precisa.

Aquí podría citar un uso inapropiado y excesivo del afinador, cuando se controla al detalle cada nota y se trata de establecer con ello una desafinación en el instrumento. Es comparable al instrumental de un automóvil: el mismo nos da información de varios parámetros, por ejemplo la velocidad, pero eso no implica que debamos estar manejando con la vista fija en el velocímetro para convertirnos en buenos conductores. Al igual que en este ejemplo, la afinación de un instrumento de viento es algo más complejo y sutil que medir cada nota frente al afinador.

La interacción del ejecutante con un instrumento de viento es elocuente, desde el momento que el instrumento debe considerarse que es un **sistema**, del cual el vientista es parte fundamental –en especial en flautas sin canal de insuflación, como quenas o traversas.

Esto es bien conocido por músicos y constructores, las más de las veces de manera intuitiva. Por suerte es así, ya que no sería práctico estar pensando conscientemente en todas las variables que intervienen en la afinación^[1]

de la nota al momento de estar tocando. Incluso en muchos casos de eximios vientistas, se ignora profundamente qué es lo que está pasando acústicamente cuando se ejecuta un instrumento, por ejemplo, saber que no es el *material* el que suena, sino el *aire*. Y ni siquiera el aire que uno sopla es lo que suena, sino la columna de aire confinada en el interior del instrumento. Pero este es tema que merece todo un capítulo aparte.



Embocadura de la quena y sus partes

Cada nota es moldeada por el soplo, desde el momento que el funcionamiento de un aerófono está dado por la excitación de la columna de aire por la oscilación del chorro de aire soplado. Tanto el chorro de aire como la columna tienen su frecuencia de resonancia; cuando el instrumento comienza a sonar, ambas se ajustan y “traban”, constituyendo un sistema de resonancia^[p.2]. La velocidad a la que soplamos, o más exactamente, el tiempo que tarda el chorro en recorrer la distancia entre los labios y el filo de la escotadura, modifican la frecuencia final de esa trabadura, y por lo tanto, la afinación de la nota que suena. Suponiendo que el soplo es preciso, por debajo de cierta intensidad de soplo la nota no suena (no llega a excitar el tubo), y por encima de cierta velocidad, el instrumento cambia de registro y salta a la octava. Esto explica porqué soplando más fuerte o más débil, la nota se modifica. Cada nota tiene su propia resonancia, y por lo tanto su propia velocidad de soplo para sonar afinada. Dentro de un cierto rango de velocidad de soplo, la nota “suena”, desde más grave (a baja velocidad) a más aguda (a más velocidad) Este es uno de los factores ajustado intuitivamente por el músico experto, quien conociendo el instrumento sabe como soplarlo^[p.3].

La afinación del instrumento en general depende también, y mucho, en la posición relativa del filo de los biseles, y los labios del ejecutante. En realidad, lo que hace variar es cuanta apertura se deja liberada, cuánta área de la escotadura está expuesta al exterior. Si el ejecutante cierra, acercando sus labios a la escotadura, el instrumento suena más grave, y al abrir, o alejar, más agudo. En la ejecución de flauta travesa esto se denomina *rolling*^[p.4], y tiene que ver con el mismo fenómeno. El flautista lo sabe y corrige en forma intuitiva, permanentemente. El buen trabajo del luthier al construir un instrumento de viento “afinado” es que esa corrección permanezca en el campo de lo intuitivo, es decir, que el flautista no tenga que pensar en esto. Por otro lado, este acceso y control del ejecutante sobre el soplo, su velocidad y distancia, tanto en la quena, como el shakuhachi, o la flauta Boehm, es lo que permite una expresividad de la que otros instrumentos carecen.

Cuando nos colocamos frente a un afinador y soplamos el instrumento es muy fácil recurrir al autoengaño (consciente o inconsciente), ajustando el soplo para que la nota *dé* o *parezca* afinada. Esta no es una situación realista de ejecución, ya que cuando se toca música no hay tanto tiempo para corregir. El luthier debe por ello cultivar un soplo neutro, pero correcto. La extra corrección también es artificial, como por ejemplo, tratar de ejecutar todas las notas con un soplo exageradamente estable, que tampoco es real. Cada nota lleva en realidad una velocidad de soplo ligeramente distinta, que combinada con otros factores resulta en el ajuste de la afinación fina hecha por el músico.

Existen dos situaciones de afinación; una interna del instrumento, que es como funciona el mismo armónicamente; esto es, que en igual posición de digitación, los modos de resonancia se encuentran alineados, o armónicos. Otra, es la afinación externa, es decir, si el La4 corresponde a la referencia establecida (ordinariamente, 440Hz).

Los instrumentos de mayor diámetro suelen ser más difíciles de soplar afinado, ya que a mayor diámetro, cada nota tiene una resonancia más amplia, y por lo tanto más móvil. Esto se refiere como mayor ancho de banda en frecuencia. Es bastante conocido por los quenistas que las notas pueden bajarse o subirse más en quenas gruesas, lo que bien usado es un elemento de expresividad (*bending*). Las quenas delgadas son más estables, y algo menos expresivas para vibratos de frecuencia o *bendings*. Hay que remarcar que en los instrumentos de viento –como en la mayoría de las cosas- no se puede tener todo, siempre hay una elección. Una quena gruesa, con agujeros grandes, tendrá más caudal y potencia, pero pedirá mucho aire en los sonidos agudos; una quena delgada será más estable, y podrá modular más dulcemente los agudos, pero pierde cuerpo en graves. El luthier y el músico buscan permanentemente un equilibrio aceptable, y eligen el mejor instrumento en función a la condición de uso, por ejemplo, si es para tocar al aire libre junto a otros instrumentos, o es para usar en un estudio de grabación.

En cualquier quena, las notas de la primera octava, o primer registro, o fundamentales, tienden a ser más móviles que las de registros superiores. Esto es porque suenan con un rango de velocidades de soplo más amplio que las agudas. Por ello, suponiendo un instrumento bien afinado internamente, es aconsejable revisar la afinación de la segunda octava, y luego buscar la posición y velocidad correcta para la primera octava.

La afinación, ¿un fenómeno físico o perceptual?

A veces se menciona que las quenas son instrumentos desafinados, por las características de su material o su simplicidad comparada con una flauta Boehm metálica (comúnmente conocida como flauta travesa o traversera). En realidad, ambos instrumentos (y todos los de su familia) comparten los mismos principios acústicos. Sucede sí que las flautas clásicas son construidas con medidas mucho más estandarizadas, lo que hace que la técnica de afinación también lo sea. Mientras que las flautas Boehm en Do4 tienen un cuerpo cilíndrico de 19 mm, y un cabezal cónico que disminuye su diámetro hasta unos 17 mm, las quenas en Sol4 se construyen en diámetros entre 15 y 22 mm, con cuerpos cilíndricos, ligeramente cónicos o combinados. La pared del tubo es distinta también: mientras que en las flautas la torres son bastante estandarizadas, en las quenas hay diferencias de pared importantes tomando un ejemplar contra otro. A su vez, tanto el bisel como los agujeros son de dimensiones variables, mientras que en la flauta son más determinados. Esto hace que es más fácil comparar una Boehm con otra (tal vez con una sola o pocas variables diferentes), mientras que las quenas son sumamente diversas, y la técnica precisa de soplo está mucho más estipulada en la flauta, acerca de cómo “debe ser”.

Por esto, cuando desafinas en una flauta Boehm, el responsable es ciertamente el ejecutante, mientras que en la quena, puede echarse la culpa al instrumento. Definitivamente, son instrumentos muy emparentados en lo acústico, pero diferenciados en la técnica de ejecución y en su construcción y estandarización.

Hay otros factores externos que afectan la afinación absoluta de un instrumento de viento, siendo tal vez el más importante la temperatura. No importa tanto la temperatura de la atmósfera, sino el de la columna de aire, aunque están claramente relacionadas. La temperatura influye en la velocidad del sonido, que es la velocidad de reacción del medio; a más alta, más rápida es la onda en recorrer el instrumento. Considerando que el aire soplado está a una temperatura superior a la del instrumento, el mismo se irá calentando a medida que soplamos. Por ello el instrumento de viento suena distinto luego de un rato de ejecutarlo.

Si miramos en detalle, no todo el aire del instrumento está a igual temperatura, en especial en flautas largas: la parte más cercana a la boca contendrá aire más caliente que el final del tubo. Por lo tanto, la onda no se mueve a igual velocidad a todo lo largo del tubo.

Otro detalle a tener en cuenta es que la velocidad del sonido es distinta en el aire atmosférico que en el aire que emanan los pulmones, ya que éste contiene más dióxido de carbono y menos oxígeno. La velocidad del sonido en el dióxido de carbono es que en el aire ordinario. Considerando los valores teóricos, a 20° C la velocidad del sonido en el aire es de unos 343 m/seg, mientras que en el dióxido de carbono es de 267 m/seg. El contenido de vapor de agua del aire pulmonar en general es superior al del aire atmosférico. En este caso, la velocidad del sonido aumenta. Es dable observar que los instrumentos de cuerda presentan un comportamiento opuesto: suben con el frío y bajan con el calor. Este es otro ejemplo en que una analogía con los instrumentos de cuerdas resultaría inapropiada.

Lo más importante de esto es que la quena no tiene igual afinación un día frío y otro cálido, ni tampoco al empezarla a tocarla o luego de 15 minutos de haberla. Afortunadamente, esas diferencias son relativamente pequeñas, y son también compensadas por el ejecutante. Podemos inferir, entonces, que la quena en sí *no está* por sí misma en 440Hz, sino que en conjunto con el ejecutante, forma un *sistema* que se *pone* en 440Hz.

La situación de uso de un afinador podría compararse con una fotografía, siendo la ejecución musical una película. Cuando estamos frente al afinador pretendemos que todas las notas estén “clavadas” en un centro, mientras que al ejecutar música existen diferencias de afinación bastante apreciables. Incluso para flauta clásica existen trabajos de investigación que muestran estiramientos en las octavas de hasta 25 cents (*octave stretching*). Incluso, los ejecutantes de flautas y quenas pueden controlar sutilmente ciertos intervalos. Aunque el instrumento esté afinado por el luthier de manera temperada, el músico puede llevar la escala a afinaciones más armónicas, como intervalos justos o pitagóricos^[p.5].

La realidad demuestra, entonces, que una quena no tiene una afinación absoluta estable, sino que la misma varía dependiendo de las condiciones externas, y del manejo que el ejecutante haga de ella. Lo mismo puede afirmarse de cualquier instrumento de viento, en especial aquellos en los que el músico tenga control sobre las variables de la embocadura.

Afinadores y softwares

Los afinadores electrónicos han pretendido una precisión muy alta, que está por encima de los requisitos de un instrumento de viento en situación real. Hay programas de afinadores (como el Tune!It, de Detlef Volkmer) que registra hasta centésimos de Hertz. Los *strobotuners* (conocidos con la marca Peterson) registran variaciones realmente mínimas respecto al valor de *strobotuners*.

La ventaja de los programas de afinación es que pueden ser seteados de distintas maneras, y aportan mucha más información que un afinador electrónico común, incluso de los más costosos. Por ejemplo, el TuneC^[p.6]!It muestra la desviación en cents grafica y numéricamente (a la décima), el valor absoluto de la señal en Hertz; pueden también configurarse para escalas exóticas (no temperadas), muestra la forma de la onda, el análisis de Fourier (FFT, Fast Fourier Transformed) en el tiempo y en un instante, y variar ampliamente el valor de referencia del La4.

Otras ventajas del Tune!It respecto a afinadores electrónicos es la velocidad de reacción, ante notas muy cortas, y el tiempo de *sustain* del registro, que facilita enormemente la lectura del resultado.



Pantalla del Tune!It 3.55 Beta. Muestra el nombre de la nota, la desviación en cents, el valor en Hertz, los tres primeros modos, con su nota, valor en Hertz, desviación, enarmonicidad y amplitud relativa, y abajo el análisis espectral FFT

Pero cualquier afinador, más allá de su precisión, tiene la característica de medir una situación estática, que como decía más arriba, el ejecutante tiene puede modificar y ajustar su soplo para que la lectura sea correcta.

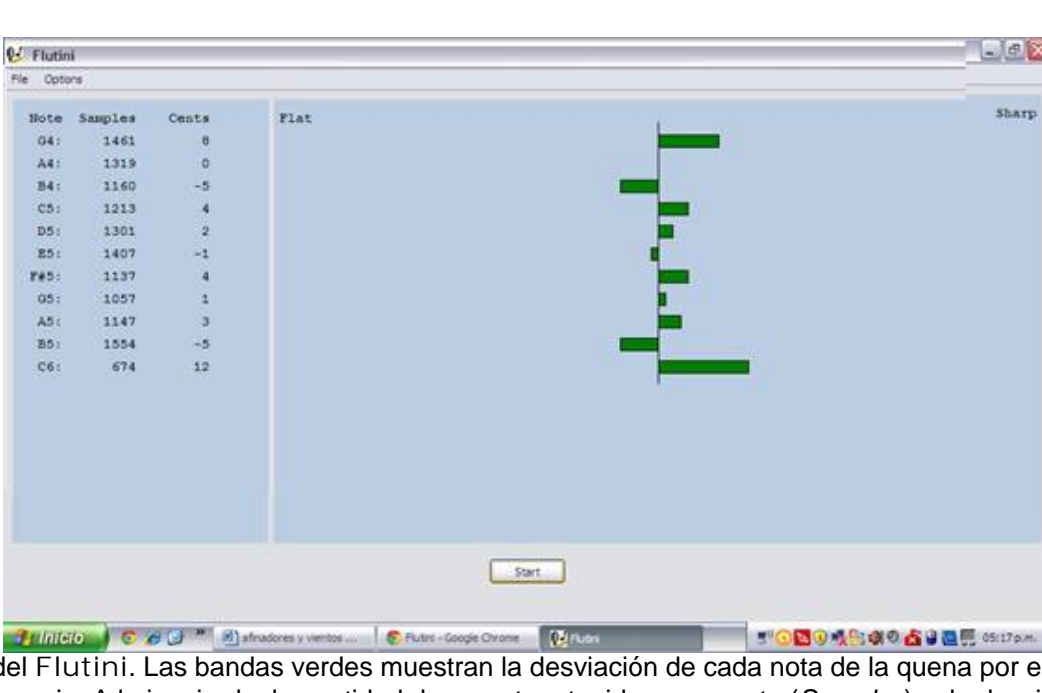
Los instrumentos de viento, ¿Están realmente en 440Hz?

Conociendo esto, Scott Turner diseñó un programa llamado Flutini^[p.7], basado en un programa diseñado originalmente para violín que es el Tartini^[p.8] (de Philip McLeod). El mismo registra en tiempo real las notas, tocadas música real. Cada sonido registrado es muestra de varias veces por segundo y computa una referencia muestra grafica con un promedio. Ese promedio se muestra en la pantalla, comparándolo con una estafeta de la nota real. El programa descarta automáticamente frecuencias poco muestradas (que interpreta como sonidos que no son notas ejecutadas), tomando como válidos sólo los que se repiten.

Incluso cuando se ejecutan notas estables en una quena, las mismas tienen cierta movilidad en el tiempo. Los afinadores electrónicos muestran la precisión. Si bien como me adentraré en el Tartini (programa origen del Flutini), que es un programa excelente para varias funciones, pero en valgo de una imagen, de un registro de 5 segundos de un Do5 soplado “estable” en una quena. La línea de tiempo es la roja (horizontal, cuadro inferior), donde puede verse la oscilación o vibrato en frecuencia, del orden de los 10 cents.

Vista de un Do5 de quena “estable” en el Tartini

La ventaja del Flutini sobre otros programas de afinación es su dinámica: ya no analiza una situación estática (uno soplando con el afinador enfrente, pudiendo corregir) sino tocando música. Si bien el factor “ejecutante” no es eliminado (no hay manera de hacerlo), el Flutini da menos tiempo a corregir o forzar notas. El Flutini, a diferencia de otros afinadores, no sirve mucho para el proceso de afinar una quena, sino para revisar la afinación una vez aproximada, y con todo el instrumento ya casi terminado. Como decía anteriormente, la herramienta es para lo que fue diseñada, no para hacer cosas que le son ajenas.



Vista de la pantalla del Flutini. Las bandas verdes muestran la desviación de cada nota de la quena por encima o debajo de la frecuencia de referencia. A la izquierda, la cantidad de muestras tenidas en cuenta (*Samples*), y la desviación en cents del promedio.

Se necesita también cierto entrenamiento para obtener del Flutini una lectura útil a la hora de ajustar la afinación de una quena. Tratando de imitar la situación real de ejecución, se tocan distintos intervalos, ascendentes y descendentes, escalas ascendentes y descendentes, y melodías simples en distintas tonalidades. Como resultado se verán notas que están por debajo o por arriba del patrón de referencia, que están mostrando la afinación promedio de cada una, en su ejecución más cómoda, es decir, sin tratar de forzar ninguna nota, y por supuesto, con referencia a la temperatura a la que se está realizando la medición. Con estos datos se procede al ajuste fino del instrumento, que puede ser subiendo algunas notas que en referencia están más bajas, o bajando todo el instrumento desde la embocadura y ajustando luego las afinaciones relativas.

Un uso alternativo es realizar un registro con el Flutini, es que el ejecutante tenga mientras prueba el instrumento, una referencia musical por medio de auriculares. Esa referencia, que puede ser una música conocida como base o un tono fijo (por ejemplo 440Hz) debe escucharla por auriculares, y no por un parlante abierto, porque en ese caso, el Flutini computaría los valores de esa referencia como muestras válidas. El ejecutante tratará de afinar con la referencia, ejerciendo su influencia sobre el instrumento, y la lectura final de será más parecida a cuando está tocando con otros instrumentos.

Ahora bien, si se sube ligeramente la altura de esa referencia musical (digamos, a 442Hz), la lectura del Flutini mostrará ese ajuste.

Nos queda entonces la pregunta. Si una referencia externa puede modificar la manera en que toca el ejecutante, y lo registra el Flutini, sería cierto aquello que refería Chiquito Rodríguez, respecto a que la nota se siente en el cuerpo, y sale finalmente del ejecutante por medio del instrumento. Y el aerófono sería, sin duda, un instrumento por medio del cual el músico se expresa.

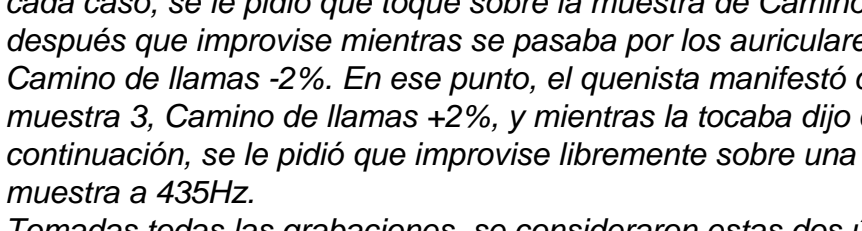
El experimento para comprobarlo

Si bien es conocido el hecho de que el quenista ajusta la afinación a cada momento, creí interesante darle un marco experimental en una situación controlada. Lo que se intenta demostrar es que el ejecutante modifica la afinación del instrumento, ya sea a voluntad, o cuando está sometido a un campo sonoro que lo condiciona.

Para el experimento se usó el soft Audacity, con el que se confeccionaron muestras sonoras, una Grabadora de sonidos de Windows, para registrar las grabaciones de quena, el **Flutini**, soft con el que se analizaron las grabaciones, un quenista profesional, versátil ejecutante, con una quena afinada en 440Hz, que conocía ya de antemano su comportamiento, y un operador que reproducía las muestras.

Se prepararon distintas muestras de sonido, las que se usaron como base para la ejecución de la quena. Se eligió un track muy conocido de Uña Ramos (*Camino de Llamas*), el cual originalmente está grabado fuera de patrón 440Hz. El programa Audacity tiene una función por medio de la cual se puede variar el "pitch" de un tema sin variar su tempo de manera que con ese programa se confeccionaron 3 muestras de Camino de Llamas, una con el La a 440Hz, y las otras con una variación del 2% hacia arriba y hacia abajo. Vale contextualizar que una variación de aproximadamente un 6% equivale a un semitono temperado. Estas muestras cumplieron en el experimento un rol de distracción, ya que el quenista no sabía de antemano qué es lo que el experimento mediría. Este último punto resulta muy importante a nivel experimental, para no desviar los resultados intencionalmente o de manera subconsciente.

Además de estas, se confeccionaron muestras de tonos fijos sinusoidales, en 435Hz, 440 y 445Hz. Las muestras fueron numeradas, de manera que el operador no sabía cual se estaba ejecutando. Además, el quenista escuchó las muestras por medio de auriculares, de manera que el operador no podía escucharlas.



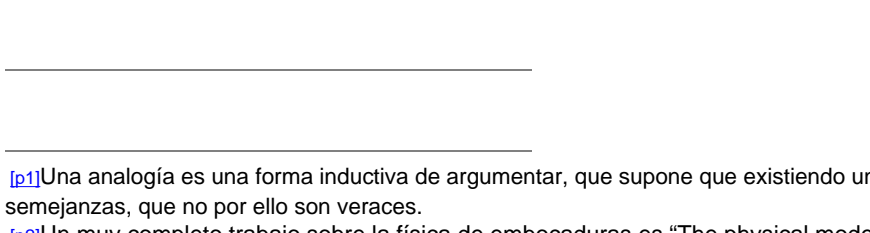
Primero se le pidió al quenista que improvise un rato, para acomodarse con el instrumento. Luego, grabando en cada caso, se le pidió que toque sobre la muestra de Camino de Llamas a 440Hz (muestra 1); se le pidió después que improvise mientras se pasaba por los auriculares un tono fijo de 440Hz; a continuación tocó sobre Camino de llamas -2%. En ese punto, el quenista manifestó que había cambiado la afinación. Continuó con la muestra 3, Camino de llamas +2%, y mientras la tocaba dijo que "quedaba muy alta para esta quena". A continuación, se le pidió que improvise libremente sobre una muestra sinusoidal a 445Hz, y por último sobre una muestra a 435Hz.

Tomadas todas las grabaciones, se consideraron estas dos últimas, y se midieron con el **Flutini**. De acuerdo a lo esperado, el promedio de afinación de las notas ejecutadas muestra que son más altas en la grabación bajo campo sonoro de 445Hz, y más bajas en la grabación mientras se escuchaba un tono fijo a 435Hz.

Gráfica del **Flutini** para la grabación a 445 Hz. La mayoría de las notas registran valores por encima del 440Hz



Gráfica del **Flutini** con entorno de 435 Hz. La mayoría de las notas registran valor promedio por debajo del 440Hz



[p1]Una analogía es una forma inductiva de argumentar, que supone que existiendo un aspecto semejante entre dos objetos o personas, pueden existir otras semejanzas, que no por ello son veraces.
 [p2]Un muy completo trabajo sobre la física de embocaduras es "The physical modelling of organ flue pipes - a complete picture" de Collin Pykett <http://www.pykett.org.uk/complete-physical-modelling.htm>
 [p3]Sobre la física de la interacción del soplo y funcionamiento de aerófonos, un clásico es Air Flow and Soundo Generation in Musical Wind Instruments <https://newt.phys.unsw.edu.au/music/people/publications/Fletcher1979.pdf>
 [p4]<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/nbasees/music/flute.html>
 [p5]Recordemos además que los modos de vibración naturales de un instrumento de cuerda o de viento son armónicos, que no corresponden exactamente intervalos temperados (excepto las octavas). De hecho, la escala temperada suele ser mal considerada como la más exacta (porque los afinadores comunes la utilizan) mientras que en realidad es el resultado de un compromiso de desafinaciones repartidas.
 [p6]<http://www.tune-it.com.au/>
 [p7]<http://www.novasesion.org/Flutini/>
 [p8]<http://miracle.otago.ac.nz/tutini/>