



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SONIDO Y ACÚSTICA**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO – ACÚSTICAS DE LAS FLAUTAS  
TRAVERSAS DE CARRIZO UTILIZADAS EN LAS FIESTAS DE COTACACHI**

**Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos  
establecidos para obtener el título de:  
Ingeniero de Sonido y Acústica**

**Profesor Guía:**  
César Augusto Santos Tejada

**Autor:**  
José Antonio Saavedra Calderón

**Año**  
2010

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

César Augusto Santos Tejada

CI: 060190109-3

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

José Antonio Saavedra Calderón

CI: 171595340-0

## RESUMEN

Las flautas traversas utilizadas en las fiestas populares del cantón Cotacachi de la Provincia de Imbabura, al norte del Ecuador, representan la cultura musical de los pueblos ancestrales de esta región. Su construcción se basa en una tradición que han mantenido estos pueblos por siglos, que han resistido las imposiciones de las conquistas y actualmente sobreviven a la globalización. Las características particulares de estos instrumentos hacen que el sonido proveniente de ellos sea único, poco comprensible para el pensamiento musical occidental y hasta ahora sin una explicación técnica de su formación. Por medio de este estudio se pretende extraer las características físico – acústicas de las flautas a través de un análisis desde su construcción, hasta su interpretación, en donde se determinará la influencia de sus características físicas en su desempeño acústico.

## ABSTRACT

The flutes used in popular festivals in Cotacachi – Imbabura in the north of Ecuador, represent the ancestral musical culture. It's construction is based on a tradition that has maintained for centuries and resisted the imposition of the conquest and now survives the globalization. The particular characteristics of these instruments are the reason of their unique sound, none understood by the traditional music thought and without a technical explanation of it. This study aims to extract the physical – acoustic features of the flutes through an analysis from it's construction, until their interpretation, which determines the influence of the physical characteristics in their acoustic performance.

## ÍNDICE

Contenido	Página
1. CAPÍTULO I	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	4
1.3. Justificación	4
1.4. Alcance	5
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos	5
1.6. Hipótesis	6
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. La Flauta	7
2.1.1. La Flauta Traversa	7
2.1.2. La Flauta como Herramienta de Comunicación Mitológica	10
2.1.3. La Flauta en Latinoamérica	12
2.1.4. La Flauta en el Ecuador	15
2.2. La Flauta Traversa de Cotacachi	18
2.2.1. Cotacachi	18
2.2.1.1. Semana Santa	26
2.2.1.2. Corpus Christi	27
2.2.1.3. Inti Raymi (San Pedro y San Juan)	29
2.2.1.4. Fiesta de Santa Ana	30
2.2.2. La Flauta Traversa de Carrizo	32
2.2.2.1. Construcción	33

2.3. Acústica	39
2.3.1. Principios de Funcionamiento	39
2.3.2. Datos Acústicos	43
2.3.2.1. Rango de Frecuencias	44
2.3.2.2. Espectro de Frecuencia	45
2.3.2.3. Timbre	46
2.3.2.4. Afinación	46
2.3.2.5. Distancia Interválica	47
2.3.2.6. Envolvente	47
2.3.2.7. Medición Acústica	48
3. CAPÍTULO III. MEDICIONES	50
3.1. Mediciones Acústicas	50
3.2. Características Físicas de las Flautas a Medir	50
3.3. Medición de Espectro y Rango de Frecuencias	56
3.4. Medición del Carácter Tímbrico de la Flauta	77
3.5. Medición de Envolventes de la Flauta	79
4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS	82
4.1. Análisis del Rango de Frecuencias de la Flauta	82
4.2. Análisis del Carácter Tímbrico de la Flauta	83
4.3. Análisis de las Distancias de los Intervalos de la Flauta	85
4.4. Análisis del Sonido Producido en Relación a las Características Físicas de la Flauta	87
4.5. Análisis del Rango de Frecuencias en Relación de la Búsqueda de una Escala	89

5. CAPÍTULO V. APLICACIÓN	94
5.1. Software	94
5.1.1. Generador de Envolventes	97
5.1.2. Oscilador	98
5.1.3. Generador de Ruido	99
5.1.4. Amplificador	99
5.1.5. Matrix	100
5.1.6. Note Pitch y Gate	101
5.2. Simulación del Carácter Sonoro de la Flauta a Través de Síntesis de Sonido	102
6. CONCLUSIONES	105
7. RECOMENDACIONES	109
8. BIBLIOGRAFÍA	110
9. ANEXOS	115



## 1. CAPÍTULO I

### 1.1. INTRODUCCIÓN

“El origen de la música (...) es tan remoto como el del hombre: en sus primeras manifestaciones ella no pudo haber sido otra cosa que la expresión instintiva de las sensaciones del animal superior, efectuadas por medio de ciertas inflexiones de la voz, de alaridos y palmoteos con que el hombre primitivo habrá procurado sostener el movimiento de la danza”<sup>1</sup>. [2].

La tarea de determinar el origen exacto de la música no tiene fin alguno. Personajes, historias, tendencias, gustos, se han ido perdiendo en el tiempo. Antes de que puedan ser registradas de alguna forma, la tradición oral de las costumbres fue el único factor que permitió que se conservasen ciertas expresiones musicales.

El punto importante en la historia de la música debió ser el aprender a controlar la capacidad que tiene el ser humano de generar sonidos de cualquier procedencia, que al unirlos formen una idea lo suficientemente coherente para que se integren en su cotidianidad.

Posteriormente, al ir descubriendo la posibilidad de efectuar otros sonidos que de cierta forma complementaban la existencia de su ser, utiliza nuevas herramientas para desarrollar lo que serían los primeros instrumentos musicales.

Desde que el ser humano construyó silbatos con huesos de animales, comenzó el avance de los instrumentos de viento. Por medio de este principio se origina y evoluciona la flauta, hasta llegar a la que se conoce hoy en día y que ha tomado distintas formas y nombres alrededor del mundo.

---

<sup>1</sup> MORENO, Segundo Luis, La Historia de la Música en el Ecuador, Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1972.

En el entorno musical existen miles de flautas, incomparables unas de otras, elaboradas en distintas regiones, que poseen características propias desarrolladas por las diferentes culturas que las fabrican. Sin embargo todas tienen algo en común. Si bien el principio de funcionamiento es el mismo para todos los tipos de flautas, probablemente la semejanza más significativa sea su incidencia cultural.

Efectivamente, la fabricación de las flautas tiene un trasfondo más allá de lo musical, ya que en varias culturas representa un instrumento con características divinas y posee un significado espiritual. En las distintas comunidades de la antigüedad, la flauta ha servido como instrumento de comunicación mitológica y para celebrar cultos de muerte, festejos, y como invitación a danzas rituales. A través del tiempo este significado especial de las flautas no ha cambiado e incluso se han elaborado cuentos infantiles en los cuales las flautas tienen un papel protagonista, como es el caso de *El Flautista de Hamelin*, narración recopilada por los Hermanos Grimm, donde se da cuenta de la utilización de la flauta para encantar a las ratas que infestaban una ciudad y poder erradicar su existencia; posteriormente encanta a los niños al no recibir el músico su recompensa. Particularmente, este cuento para niños ejemplifica el uso de la flauta como algo más que un instrumento musical.

Con menor incidencia cada vez estas creencias se mantienen hasta nuestra época, pues el paso de los años ha propiciado que se vayan perdiendo ciertas costumbres empezando por su elaboración, hasta su forma de interpretarlas, que habían sido conservadas de generación en generación. Últimamente, con el avance de la tecnología y la incorporación de herramientas sofisticadas se han perdido paulatinamente estas prácticas, ya que se han tecnificado estas labores buscando la perfección musical del instrumento, priorizando el enfoque comercial y/o estético, dejando a un lado el objetivo espiritual que englobaba todo este proceso.

Sin embargo en algunas comunidades de Latinoamérica se mantiene todavía la tradición de elaborar flautas sin ninguna ayuda tecnológica. Esto hace que la producción de flautas no siga un patrón industrial y consecuentemente ninguna sea igual a otra. A pesar de esto las flautas cumplen con el objetivo social dentro de las culturas que las elaboran. Este es el caso de varias culturas del Ecuador que fabrican flautas de forma empírica, en la misma manera que lo han hecho desde siglos atrás.

El sonido que produce este tipo de flautas es muy particular, el mismo que se relaciona con otros instrumentos autóctonos del Ecuador. Para el pensamiento musical occidental, resulta difícil comprender la complejidad de la música de tradición oral ecuatoriana, es por eso que se cree que en el proceso de evolución musical, ésta todavía no llega a desarrollarse, es decir, está atrasada con respecto a la música europea. Tal afirmación carece de fundamentos ya que la música ecuatoriana posee características distintivas que se han mantenido desde los primeros asentamientos del hombre en el territorio del actual Ecuador, que ha evolucionado hasta llegar a lo que se tiene ahora.

La diferenciación con la música occidental se puede determinar desde diferentes parámetros, uno de los cuales puede encontrarse al establecer características microtonales en la música ecuatoriana. Si bien musicalmente no es posible su entendimiento por el pensamiento occidental, debido a las escalas que se utilizan y la armonía que no maneja los principios tonales, tampoco existen registros de algún tipo de teoría musical, simplemente la tradición oral que ha permitido gozar de este tipo de música hoy en día.

A través de esta investigación, y por medio de las flautas traversas de carrizo de Cotacachi, se pretende determinar algunas características musicales de las culturas que las utilizan, y definir si existe en realidad un pensamiento microtonal del cual se desconocen su origen y relaciones.

## 1.2. ANTECEDENTES

Existen varios motivos de celebración y de reunión en las distintas culturas de la región de Imbabura. Las fiestas populares como el Inti Raymi, se vienen celebrando desde muchos años antes de la conquista española. No se tiene un registro exacto del comienzo de estas tradiciones.

Dentro de estas fiestas, la música representa un aspecto muy importante. En el caso de la región de Cotacachi y su manifestación cultural dentro de las fiestas como el Inti Raymi, la música es una expresión de alegría, un llamado a la celebración. En este caso en particular, la flauta constituye el instrumento más importante dentro de las celebraciones. Las flautas se encuentran desde tiempos inmemorables en las celebraciones populares indígenas, por lo que, la antigüedad de estas flautas, es mayor a la presencia de la cultura occidental en estas tierras. Por este motivo no se las debería categorizar dentro de un mismo grupo general.

Históricamente su elaboración se ha basado únicamente en las cualidades auditivas de los constructores, haciendo de ésta, una tradición ancestral. Por este motivo, el proceso de construcción no sigue un parámetro definido rigurosamente, pero sin embargo siempre han obtenido los resultados deseados por los músicos de la comunidad.

## 1.3. JUSTIFICACIÓN

Existen varios estudios sobre las flautas traversas de carrizo elaboradas en las culturas de la región de Cotacachi. Sin embargo no existe una referencia consensuada de la escala que éstas utilizan ni de un método técnico específico que sea utilizado en el proceso de elaboración.

Estas incógnitas representan un desconocimiento musical de nuestra cultura, en la cual faltan muchos espacios por cubrir. Al ser la flauta travesa de carrizo

un instrumento tan importante dentro de las culturas de Cotacachi, es de suma importancia realizar un estudio sobre sus características físico – acústicas, y aportar al conocimiento de nuestra cultura musical.

#### 1.4. ALCANCE

El estudio se centra en las flautas traversas de carrizo utilizadas para las fiestas de las culturas de la ciudad de Cotacachi y alrededores, enfocándose en su proceso de elaboración tradicional y las características que presenta el producto durante y después de su elaboración.

#### 1.5. OBJETIVOS

##### 1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Definir las principales características físico – acústicas de las flautas traversas de carrizo de la región de Cotacachi.

##### 1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener las características sonoras de la flauta de carrizo de la región de Cotacachi.
- Demostrar que el resultado obtenido, después del proceso de elaboración que no sigue un parámetro técnico definido, cumple con el objetivo social requerido por las culturas de Cotacachi.
- Simular en el laboratorio electroacústico la obtención del sonido de las flautas de carrizo, en base a los parámetros registrados en el análisis de muestras.

## 1.6. HIPÓTESIS

- *“Las flautas traversas de carrizo de las culturas de Imbabura elaboradas empíricamente, poseen una escala singular, muy diferente a la escala musical occidental”.*
- *“A pesar de la elaboración empírica de las flautas, los constructores siguen un procedimiento tradicional definido que permite que los instrumentos cumplan la función social asignada desde hace siglos”.*

## 2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. LA FLAUTA

La flauta es un instrumento de viento, con origen incierto. Sin embargo existen hallazgos de instrumentos de viento que se han determinado como antecesores de la misma, muchos siglos antes de nuestra era. En aquellos tiempos se utilizaban los huesos de los animales o simplemente rocas, para elaborar silbatos que generaban sonidos con igual principio que una flauta contemporánea.

A partir de este principio, la evolución de la flauta ha permitido una derivación de la misma hacia varios tipos, de diferentes materiales y formas de interpretación que consecuentemente, difieren en sus características sonoras. Los tipos de flauta (que constan de un solo tubo) más conocidos son: la flauta dulce o flauta de bloque y la flauta traversa, ambas provenientes de un mismo antecesor pero con una evolución distinta, que es caracterizada por las diversas culturas que las utilizan. Se elaboran de distintas maneras y con materiales diferentes, además varía su forma de colocación (vertical y horizontal respectivamente), su tamaño, el número de agujeros, diámetro, etc. Pero una fundamental semejanza entre todas ellas en las diferentes sociedades, está en el objetivo cultural que cumplen, y dentro de éste, en su significado mítico.

#### 2.1.1. LA FLAUTA TRAVERSA

Según la clasificación de los instrumentos de “Sachs – Hornbostel”,<sup>2</sup> la flauta traversa es un instrumento de viento, perteneciente a la familia de los aerófonos. Dentro de la clasificación clásica de los instrumentos musicales según las familias orquestales, está considerada dentro del grupo de viento–

---

<sup>2</sup> ZEITSCHRIFT FÜR MUSIK. Sachs, Hornbostel, traducido por Galpin Society Journal.

madera. A pesar de que está hecha de metal, se le considera dentro de esta familia porque antiguamente se elaboraba con este material. [14].

Aunque este tipo de flauta existe en varias culturas del mundo, y en cada una tiene características propias, la más difundida es la de origen occidental que es interpretada en muchos países, y es parte fundamental de la orquesta sinfónica.

El origen de este tipo de flauta es incierto ya que, como todos los tipos de flautas, su evolución data de hace miles de años, desde cuando los humanos desarrollaron silbatos usando huesos de animales. Diferentes culturas adoptaron este principio para elaborar algunos tipos de flautas traversas que se ajustan a sus necesidades particulares.

En la cultura occidental se desarrolló un tipo de flauta travesa hecha de madera, con un orificio de entrada de aire, y seis orificios para la digitación del intérprete. En el año 1000 d.C. al parecer desapareció con la caída del imperio romano, ya que no existen datos que afirmen su existencia dentro de la música de aquella época. Durante el siglo X y XI, comienza a reaparecer en algunos países de Europa. Sufre algunos cambios físicos, como el aumento del diámetro del tubo, que mejoran su sonido y facilitan su interpretación al hacer más amplio su registro sonoro. Desde la baja Edad Media la flauta travesa tuvo gran aceptación en el ámbito musical europeo, incluso llegó a tener una participación protagonista en varias obras elaboradas en períodos posteriores.

Durante el Renacimiento la flauta de pico o flauta dulce gana más popularidad, sin embargo la flauta travesa fue todavía parte fundamental de la música del período, y se la continuaba tocando. Durante el Barroco, la popularidad de la flauta travesa volvió a subir, y sufre cambios importantes en su fabricación. Se dividió al instrumento en tres partes llamadas cabeza, cuerpo y pie, que tenían seis agujeros agrupados en dos secciones para la digitación, además de una llave cerrada que permitía llegar a una nota más grave. Posteriormente varios



flautistas y constructores propondrían otros modelos en los cuales se incluye un número mayor de llaves para aumentar el registro sonoro, llegando a elaborar una flauta con cuatro llaves.

Para el período Clásico, la evolución que sufría la flauta traversa avanzaba rápidamente y se adaptaba al interés de los intérpretes, por lo que los cambios en su elaboración continuaron durante muchos años. Se desarrollaron flautas con seis llaves, e incluso de ocho, pero la invención con más trascendencia de la época fue la adaptación de la llave abierta de sol, que permitía obturar dos agujeros con un mismo dedo. Este invento se le atribuye al reverendo Frederick Nolan, de Inglaterra en el año 1808.

En 1832 el flautista alemán Theobald Boehm, basado en una serie de experimentos, desarrolla la flauta que se mantiene hasta estos días. A diferencia del tubo cónico que anteriormente presentaban las flautas traversas, ésta tenía forma cilíndrica que cambió las características tímbricas del instrumento. Además utilizó agujeros más grandes colocados en puntos estratégicos, basados en la acústica del cilindro. Posteriormente las flautas se construyen en metal, cambiando nuevamente las características tímbricas.

Hoy en día el modelo de Boehm es el más común entre las flautas traversas. Varía según las necesidades y requerimientos de algunos intérpretes que realizan ciertos cambios al modelo común. Las flautas se construyen en distintos materiales como platino, plata y oro, y su técnica ha evolucionado hasta el virtuosismo.

## 2.1.2. LA FLAUTA COMO HERRAMIENTA DE COMUNICACIÓN MITOLÓGICA

Todos los tipos de flautas que se elaboran en las distintas regiones del mundo, poseen un significado importante para la cultura establecida en cada una de ellas. Esta importancia que presentan las flautas para las personas, no es sólo musical, es decir no sólo está relacionada con los sonidos que producen. Si bien las flautas presentan caracteres similares a todas las culturas, existen ciertas diferencias que las hacen únicas en cada lugar, por ejemplo, sus materiales, su método de construcción, la forma de interpretación y principalmente la particular sonoridad que producen.

Estas características que las hacen diferentes unas de otras, tienen una razón exclusiva para ser propias de cada pueblo o nación. Por detrás cargan una inmensa historia, que ha permitido continuar con su desarrollo al pasar por una evolución técnica que se ha logrado con el paso de los años.

En la mayoría de culturas, la flauta es un instrumento fundamental en su historia musical, que generalmente engloba siglos de desarrollo. Como ya fue mencionado, el surgimiento de la flauta como instrumento musical es indudablemente incierto, ya que en muchas culturas no existen datos exactos de cómo las flautas se generaron. Sin embargo esta incertidumbre ha permitido buscar una explicación al origen del instrumento en otros ámbitos diferentes al meramente histórico, como el pensamiento mítico, que no tiene que ser preciso ya que, al ser convertido el instrumento en una herramienta mágica, su descubrimiento encierra una historia divina que más que dar una explicación científica, busca la reproducción de sus sistemas de comunicación y participación social, por lo que en muchos casos, cuestiones como el apareamiento de estos instrumentos quedan explicados de forma mágica y mantienen un significado espiritual.

Este es el caso de la mitología Griega y el aparecimiento de la *flauta de pan*. Se dice que el dios mitológico Pan, también conocido como Fauno, era un dios pastoril, que tenía apariencia humana pero presentaba caracteres de macho cabrío con cuernos y pezuñas. Este personaje se enamora de Siringe pero no era correspondido, y al contrario causaba miedo en la náyade. Cierta día, Siringe, huyendo de Pan, llega hasta la orilla del río Ladón, donde no tuvo escapatoria. Al sentirse atrapada, se transformó en cañas como mecanismo de defensa. Pan tomó las cañas y cortó varios pedazos en tubos de distinto largo y grosor y los unió para formar uno solo, *“Su música le consolaba de la pérdida cuando se sentía poseído por la pasión...”*. (Sparano, 2005) De esta manera elabora la primera flauta de pan o siringa, en nombre de su desafortunado amor. [28].

Casos como éste son muy comunes en lo que respecta al origen de las flautas. Existen varias leyendas que no solo pretenden explicar el aparecimiento de este instrumento, sino también su metodología al momento de elaborarlas. En muchos casos el proceso es ancestral, divino desde el momento de seleccionar los materiales, hasta el método o tratamiento que se le da para lograr su afinación. Tales procedimientos y creencias de las diferentes comunidades en lo referente a la construcción de flautas, hace que cada instrumento posea caracteres sonoros únicos que representan la historia de cada pueblo.

El misterio que engloban las flautas alrededor del mundo no solo está basado en su elaboración o descubrimiento. La música no representa solamente un arte para la humanidad, por muchos años ha servido para rendir culto o celebrar fechas especiales en las cuales la música se encarga de ambientar el entorno para que la población se involucre enteramente en las diferentes costumbres, por este motivo en muchas culturas la flauta es utilizada como método de comunicación divina.

En varios lugares, los músicos se consideraban mensajeros de los dioses, ya que al interpretar la flauta podían comunicarse con ellos y de esta manera

exigir lluvia para sus cosechas o poderes para ganar batallas. Existía una estrecha relación de la música con la astronomía.

Igualmente era y es común que las flautas sean parte fundamental en ceremonias religiosas y profanas como festejos, velorios, nacimientos, etc. en donde, como se dijo anteriormente, sirve como método de ambientación a cada uno de estos motivos.

En general las flautas forman parte de las tradiciones de varias culturas de distintos territorios, que las han adaptado a su forma de vida según la historia que las han traído hasta estos tiempos. Muchas de estas costumbres han ido desapareciendo con el paso de los años por varios motivos. A pesar de que en muchas culturas todavía se mantienen, probablemente están destinadas a desaparecer.

### 2.1.3. LA FLAUTA EN LATINOAMÉRICA

El desarrollo musical en Latinoamérica viene desde los primeros asentamientos humanos en el continente. La música como herramienta de comunicación fue de gran importancia en la evolución de las distintas culturas que poblaron, y que pueblan, toda la extensión de América Latina. Cada pueblo se adaptó a las condiciones del ambiente y utilizó las materias primas que éste ofrecía para elaborar herramientas que les facilitaran las tareas productivas y también para producir música, lo que da a entender que pese a las grandes similitudes entre la música de cada una de las culturas de América, existen igualmente diferencias muy marcadas que caracterizan a cada una de ellas.

No existen registros históricos exactos de los instrumentos que se utilizaron antiguamente en Latinoamérica. La reconstrucción de la historia musical se ha llevado a cabo gracias a hallazgos arqueológicos de varias herramientas que pudieron ser utilizadas como instrumentos musicales. De todas maneras difícilmente se puede deducir su forma de interpretación o sonoridad.

Sin embargo, la resistencia de las culturas ancestrales ha logrado que se mantengan sus costumbres hasta estos días, lo que ha permitido aprender sobre su pensamiento musical transmitido básicamente por tradición oral. De esta manera se conocen varios instrumentos que se utilizaron desde épocas preincaicas, inclusive los hechos de fibras vegetales, que de otra manera hubiera sido imposible su descubrimiento en esta época.

Así se han logrado identificar varios instrumentos de viento, dentro de los cuales existe una gran variedad de flautas: traversas, de pan, verticales, etc. Todas éstas tan antiguas posiblemente como lo es el ser humano en América.

Después de la conquista española se introdujo al continente, a manera de imposición, la flauta traversa tradicional que se tocaba por toda Europa. Se consideraba profano tocar las flautas traversas propias de las culturas americanas así como cualquier manifestación musical propia de los pueblos nativos, lo que constituyó un factor importante para propiciar su desaparición. Posteriormente se habló que la existencia de flautas traversas en América se debió a una influencia europea, que fue adaptada por los nativos y que antes de la conquista no existían estos instrumentos. Varios descubrimientos y la tradición oral de culturas que resistieron la conquista, han demostrado la falsedad de este argumento.

Un caso particular es el hallazgo de estos instrumentos en una ciudad antigua del continente. En Caral-Supe, ciudad sagrada de Perú que constituyó el primer estado peruano, se encontraron 32 flautas traversas hechas de huesos de ala de pelícano, *“El conjunto fue hallado en el exterior de la plaza circular hundida de un complejo piramidal cuya antigüedad es calculada en 2500 años a.C...”*. (Varios, 2000). Este descubrimiento ha permitido testimoniar la existencia de flautas traversas antes de una influencia occidental, es decir, antes de la llegada de españoles al continente americano, ya que dichas flautas podrían tener una antigüedad que supera los 4000 años. [12].

Este descubrimiento se considera el registro más antiguo de flautas traversas en América, sin embargo no es el único. En varias regiones se han encontrado estos instrumentos que han formado parte de las culturas más antiguas del continente, y que hasta estos días mantienen sus tradiciones musicales, lo que ha permitido conocer el desarrollo de estos instrumentos y parte de su historia. Otro caso que sirve como afirmación a la teoría de la existencia prehistórica de flautas traversas en América se da en Colombia. Dentro de las culturas del Pacífico que pueblan el Valle del Cauca, se conoce la existencia de flautas traversas de caña llamadas “Kivu”, que formaban parte de las “Chirimías”, que son conjuntos musicales autóctonos de esta zona. Al recibir la influencia musical occidental, estos grupos musicales adaptaron nuevos instrumentos de viento como el clarinete, que poco a poco reemplazarían a las flautas de caña. De igual forma se han actualizado los procesos de fabricación de las flautas, ahora se utilizan nuevos materiales para su construcción como tubos de cobre, dejando así relegada una tradición musical ancestral.

Estas flautas traversas como también las llamadas “Temimbi ie Piasa”, utilizadas por los indígenas “Chiriguano” de Paraguay, presentan características similares entre ellas. La longitud del tubo varía (entre cada tipo de flauta existe un aproximado en cuanto a sus dimensiones, ya que inclusive cuando se elaboran en la misma cultura, siempre hay una variación), pero presentan igual número de agujeros de digitación y su forma de interpretación es la misma. Estas similitudes demuestran la existencia de un mismo origen para este tipo de flautas en el continente, ciertamente no bajo la influencia occidental, pero el desarrollo de éstas tiene el mismo comienzo y cada cultura lo ha adaptado a su conveniencia y forma de vida.

En cada cultura la flauta es parte de rituales y de fiestas que se celebran, en donde este instrumento tiene un papel protagónico, debido al poder mágico que le atribuyen, que como se mencionó con anterioridad, es el de ser herramienta de comunicación con las divinidades.

#### 2.1.4. LA FLAUTA EN EL ECUADOR

El Ecuador posee una inmensa historia musical, en la cual las flautas traversas constituyen un objeto muy importante dentro de su evolución, en diferentes culturas. Como en el resto del continente americano, en el Ecuador existe una gran variedad de estos instrumentos musicales en las diferentes regiones, en las cuales éstos poseen un objetivo social bien marcado que ha acompañado a los pueblos durante toda su historia.

En cada cultura que puebla el Ecuador, existen distintas manifestaciones musicales muy diferentes unas de otras, con diferentes motivos sociales y con un fin colectivo que es semejante para todos: el poder mágico que representan.

En las fiestas populares, en matrimonios, velorios, curaciones, la música juega un papel importante como una herramienta de comunicación mágica entre los pobladores y sus divinidades. Estas tradiciones encierran un sinnúmero de creencias populares que han sido arrastradas desde hace siglos y que continúan aplicándose a la vida real de los pueblos, por supuesto, en menor medida cada vez.

Como todos los instrumentos musicales, las flautas traversas constituyen un instrumento mágico que acompaña en cada ocasión en la que se requiera el uso de sus poderes. Como cita Segundo Luis Moreno a Cortijo quien relata una primera visita a las culturas ecuatorianas:

*“La flauta, especialmente, era tenida por los indios como el vehículo de la divina voluntad; por esto, cuando el Príncipe iba a tomar posesión del trono, invocaba a la Divinidad delante del pueblo congregado, y postrándose de hinojos, reverentemente, elevaba esta plegaria: Yo soy tu flauta, revélame tu deseo, comunícame tu aliento del mismo modo que la flauta, como lo has hecho con mi predecesor: me resigno enteramente a tu querer. Los sacerdotes (...) al son de los instrumentos anunciaban las*

*horas en que se celebraban sus devotas oraciones y oficios religiosos... “.*  
(Moreno, 1972). [2].

Este acontecimiento es una demostración de los poderes sobrenaturales que poseen las flautas para los habitantes de las comunidades. Así, su composición mágica nace desde su construcción, hasta su interpretación y es transmitida por generaciones.

Las flautas elaboradas de forma artesanal en el Ecuador, presentan además características musicales muy distintas del concepto musical occidental. Son una clara manifestación del misterio que presenta la música ecuatoriana a los foráneos. Es un misterio que no es comprendido por el pensamiento occidental, ya que es una expresión propia de la comunidad indígena que habita en este territorio, por lo que difícilmente se puede entender siguiendo una línea de pensamiento musical convencional.

Las flautas traversas tienen un origen distinto en cada región en la que se divide el Ecuador, exceptuando únicamente a la región insular. La sierra, costa y oriente, están pobladas con culturas que llevan consigo una inmensa historia musical, en la cual las flautas horizontales se encuentran presentes. Difiere su importancia dentro de la comunidad y por supuesto sus materiales y método de construcción, pero es importante recalcar su forma de interpretación que las unifica como un solo instrumento musical.

Tal es el caso de los Cofanes, comunidad del oriente ecuatoriano, en donde existen estas flautas llamadas *pífanos* en lenguaje común y en su lengua natal el Cofán se las denomina “Fororocco”. Esta flauta de caña presenta dos orificios para la digitación y uno de insuflación con forma cuadrada. Son utilizadas principalmente en la fiesta más importante de la comunidad llamada “Tse tse pa” que significa Chicha, en donde se elabora la bebida a base de yuca y plátano. También es utilizada en rituales de curación o meditación como ayuda para que los shamanes de la comunidad entren en trance.



En otras comunidades indígenas del oriente ecuatoriano también se han encontrado dentro de los instrumentos autóctonos, flautas de interpretación horizontal, como es el caso del pueblo Shiwiar, ubicado en la provincia de Pastaza, donde existe un tipo de flauta transversa llamada *Nangu* que consta de dos orificios de obturación y uno de insuflación y es elaborada con el tallo de Chiyar. Otra comunidad que posee este tipo de flauta es la Secoya ubicada a orillas del río Aguarico. El aerófono tiene el nombre de “Pi’cohue”, se elabora con un segmento de caña de aproximadamente 75 cm de largo y posee dos agujeros para la digitación y uno de insuflación.

La comunidad Shuar de la región oriental posee dos tipos de flautas transversas: “Peem”, que posee un agujero de insuflación y cinco para la digitación, está hecha de *nankuchip* y/o guadúa; y el “Pinkui”, que posee un agujero de insuflación y solamente dos de obturación.

La comunidad de flautas más grande del Ecuador se encuentra en la provincia de Imbabura, donde existen diversos tipos de flautas transversas en las distintas comunidades, teniendo en cada una de ellas características distintivas, principalmente en el objetivo social aparejado y las creencias que éstas abarcan. Pese a estar separadas por pequeñas distancias físicas, las flautas transversas de cada una de las culturas de esta provincia poseen pequeñas diferencias de unas con respecto a las otras. Puede ser en su construcción, en los materiales de los que está hecho, o simplemente en el nombre, como el caso de las flautas de Cotama, comunidad de Otavalo, en donde se les conoce como *Gaitas*, sin existir una explicación certera para esta denominación.

Dentro de la misma ubicación geo-política se ha constatado que la comunidad negra del valle del Chota en Imbabura, también utiliza un tipo de flauta transversa en su tradicional “banda mocha”. Igualmente es el caso de la comunidad Tsáchila de Santo Domingo que también utiliza una flauta de interpretación horizontal.

A través de esta información se ha determinado que la flauta traversa es muy diversa en el Ecuador y ha ocupado una gran extensión del territorio al existir ejemplares en la costa, sierra y oriente.

La flauta traversa autóctona del Ecuador, está repartida entre las comunidades que las construyen y utilizan, sin permitir la uniformización de este instrumento, debido a que cada una de ellas es muy diferente a las demás en varios aspectos. Es posible determinar el vínculo que existe con la tradición musical de cada cultura, sus costumbres, su forma de vida, el verdadero significado que tiene la flauta traversa para cada individuo que forma parte de estas poblaciones y concluir que la similitud entre ellas es este pensamiento.

## 2.2. LA FLAUTA TRAVERSA DE COTACACHI

### 2.2.1. COTACACHI

Cotacachi es un cantón que pertenece a la provincia de Imbabura, ubicada al norte de la región sierra del Ecuador. *“La población de Cotacachi ocupa la gran planicie occidental de la hoya de Ibarra, al pie del majestuoso volcán que le da su nombre: el Cotacachi”* (Moreno, 1968). Es el cantón con mayor extensión geográfica de la provincia (1809 Km<sup>2</sup>) y es considerado capital musical ecuatoriana por la devoción de los habitantes hacia este arte. Al nombre Cotacachi se le han atribuido varios significados en distintas lenguas, sin embargo el de origen Kichwa puede ser el más acertado al ser una lengua natal. “Cota” quiere decir moledores y “Cachi”, sal. [3].

Gráfico 2.1. Mapa de ubicación de la provincia de Imbabura.



Fuente: [redced-ec.relpe.org](http://redced-ec.relpe.org) [40]

Está limitado por Urcuquí al norte, Otavalo y la provincia de Pichincha al sur, Antonio Ante al este y la provincia de Esmeraldas al oeste. Se encuentra a una distancia de 104 km respecto a la capital Quito. Este cantón posee tres zonas climáticas: andina, subtropical y tropical, donde se puede notar una gran diversidad biológica, vegetal y humana dentro de este espacio geográfico.

Gráfico 2.2. Mapa físico de Imbabura.



Fuente: [www.ilustresdeecuador.com](http://www.ilustresdeecuador.com) [38]

Es una ciudad con un alto nivel turístico dentro del país, que contiene innumerables manifestaciones culturales como sus fiestas, su talabartería, sus tejidos, su alfarería. Además sus espléndidos paisajes naturales que constan de reservas naturales, bosques protegidos, lagunas, cascadas, montañas y también su patrimonio inmaterial.

Existen varios grupos étnicos pertenecientes al cantón, los cuales cargan costumbres e historia desde hace mucho tiempo atrás. Pese a las conquistas que sufrieron, algunos de estos lograron resistir a la imposición de normas extranjeras que desvalorizaban sus creencias hasta procurar su desaparición. Sin embargo la resistencia de estos pueblos ha permitido la conservación de ciertas tradiciones y su permanencia hasta estos días en los cuales es posible aprender de su cultura.

Si buscamos su procedencia, deberemos remontarnos a las evidencias arqueológicas que nos indican que los primeros asentamientos sedentarios en el Ecuador corresponden a culturas que ocuparon las costas del país como Valdivia (Guayas) y Machalilla (Manabí). A partir de esto comienza el periodo Formativo, desde el cual se desarrollan poblaciones que ocupan todo el territorio ecuatoriano.

En el caso de los Andes ecuatorianos, no se ha determinado con exactitud si la antigüedad de sus poblaciones se asemeja a la de las culturas de la costa, pero se puede afirmar su relación en algún punto histórico. Según Marco Andrade,

*“(...) en períodos más tardíos al 2.000 A.C., se verificaría una serie de contactos con las culturas de los andes septentrionales, en lo que es actualmente la provincia de Imbabura. Esto se puede apreciar a través de una información, un tanto polémica por la disparidad cronológica, pero que a la postre evidencia esta relación entre culturas antiguas:*

*‘El arqueólogo T. Mayers encontró (en San Pablo del Lago) vestigios cerámicos comparables con el estilo Valdivia, lo cual implicaría un intercambio con la costa ecuatoriana, anterior a 2.000 antes de Cristo. El arqueólogo J. Athens rebate la antigüedad de estos hallazgos y considera que no pueden ser anteriores a 150 años antes de Cristo’ (Caillavet 1981: pp. 122-123)” (Andrade, 2008). [8].*

Por otro lado existen hallazgos arqueológicos en la región norte de la sierra ecuatoriana de mucha importancia, los cuales pueden ser semejantes a las primeras culturas asentadas en Cotacachi. Marco Andrade dice

*“Para el caso andino septentrional, uno de los hallazgos arqueológicos con mayor importancia fue el de Cotocollao, ubicado al norte de Quito:*

*‘Este asentamiento poblacional se desarrolla a partir del 2.000 (fines del Formativo) y avanza hasta el 500 A.C., lo que da una permanencia continua de más de diez siglos, sustentada principalmente por la agricultura (cultivo de maíz)’ (Echeverría 1983: 195).*

*Un asentamiento similar y contemporáneo al de Cotocollao, se encontró en el Valle del Chota, de la provincia de Imbabura. Este hallazgo se inscribe en un ecosistema semi desértico, sin embargo los datos*

*demuestran que la población vivía de la agricultura y del intercambio de productos con otros ecosistemas.” (Andrade, 2008). [8].*

De esta manera se puede afirmar que las condiciones ambientales han jugado un papel importante en el desarrollo de comunidades en los Andes, al contrario del territorio peruano donde las culturas se asentaban en extensiones de tierra óptimas para su supervivencia pero muy aisladas por zonas desérticas o grandes montañas donde no hubiera sido posible su desarrollo. En el territorio ecuatoriano, se tenía la posibilidad de asentarse dentro de un ecosistema perfecto y a la vez tener la opción de variar en cuanto a condiciones ambientales, con solo trasladarse de un lugar a otro, dentro de un pequeño espacio.

Por este motivo se dice que las culturas que ocuparon el territorio ecuatoriano fueron de difícil sometimiento, ya que si fueran atacadas solamente se trasladaban hacia otro pedazo de tierra igualmente rico para la supervivencia. Este es el caso de Cotacachi, que cuenta con un ecosistema muy variado que va desde zonas tropicales, hasta zonas frías.

Los pueblos preincaicos de la región andina ecuatoriana, ocuparon gran parte de este territorio en poblaciones muy variadas, no homogéneas, como fue el caso del imperio Inca. Cada población contaba con un líder que dirigía a sus habitantes, pero no respondían a un mando general, es decir, cada población gozaba de independencia y se relacionaba con otras debido a su cercanía territorial.

En este período preincaico, existieron varios grupos que ocuparon el territorio que corresponde a la provincia de Imbabura como: Oyacachis (estribaciones orientales), Cayambis, Otavalos, Sarances, Cotacaches, Tontaquis, Caranquis, Urcoquis, Pimampiros, Yumbos.

Posterior a este periodo se da la conquista por parte del imperio Inca hacia las poblaciones ubicadas en este territorio. A partir de ese momento, los pueblos autóctonos serán fuertemente influenciados por otra cultura que cambiará sus costumbres y creencias para siempre. El período de conquista dura aproximadamente 51 años, en los cuales el imperio Inca avanzó desde el Perú hacia los pueblos ecuatorianos que pese a tener una fuerte resistencia, al final terminarían derrotados.

El impacto de la cultura Inca no fue homogéneo en todo el territorio debido al avance que ésta tenía, por lo que la región sur tuvo la primera anexión al imperio Inca y posteriormente el territorio norte donde se ubica Cotacachi. Las etnias que ocuparon la actual provincia de Imbabura, se unieron para formar una resistencia contra los Incas que duraría hasta el año 1515 en el cual se ocupó definitivamente el actual territorio ecuatoriano.

La influencia Inca en las etnias es notoria, principalmente la adaptación de un solo idioma para todas las comunidades (Kichwa) que se ha mantenido hasta estos días. Además de las creencias religiosas que fueron adaptadas a las de cada cultura. Pese a la diferenciación del impacto Inca por territorios, estas imposiciones han marcado a varias comunidades, entre las que se encuentran las de Cotacachi.

Una vez establecida la cultura Inca dentro de las etnias del Ecuador, éstas se adaptaron a los cambios que esto significaría, que no serían totalmente ajenos, ya que todas las culturas pertenecían a la misma región andina de Latinoamérica.

Al poco tiempo de estos acontecimientos, la conquista española avanza a estos territorios lo cual representaría la imposición de una nueva cultura que influencia de otras maneras a los pueblos asentados en el Ecuador. Importantes efectos de esta conquista determinaron el desarrollo de las comunidades autóctonas como es el caso de enfermedades que introdujeron

los españoles a la población, la cual no contaba con un sistema de inmunidad, lo que causó un alto índice de muertes. Por otro lado su sistema organizativo–social y su economía se vieron afectadas por la imposición de un líder español que además impuso el trabajo obligatorio y el tributo a la corona española. Se trató de matar al idioma imponiendo al español como lengua oficial, sin embargo la permanencia del Kichwa ha durado hasta estos días. La imposición de la religión católica significó la principal razón del exterminio de los pueblos, ya que justificó toda acción mortal aduciendo que la religión de las etnias se basaba en cultos a demonios y se consideraba profana.

A partir de esta conquista los pueblos del territorio ecuatoriano sufrirán una serie de cambios e imposiciones a las cuales tuvieron que adaptarse, ya que los conquistadores siempre asignaron la posición más baja dentro de la estructura social, a los que se llamó *indios*. Pese a esto siempre ha existido una resistencia muy poderosa que ha evitado que se pierdan sus costumbres y creencias propias y han logrado permanecer hasta estos días.

Al momento subsisten 38 comunidades indígenas en el cantón Cotacachi, dispersas en toda la extensión del territorio. Cada comunidad posee un nombre que la caracteriza a pesar de que su origen sea solamente el desplazamiento de algunos habitantes hacia otras tierras. Cada una de ellas es única en algún aspecto por lo que ha sido posible su diferenciación, sin embargo tienen más semejanzas que las hacen ser parte de un gran pueblo dividido en comunidades.



Actualmente la división por parroquias de las comunidades indígenas de Cotacachi es:

Cuadro 2.1. División por parroquias de las comunidades de Cotacachi.

<b>PARROQUIA</b>	<b>COMUNIDAD</b>
<b>Imantag</b>	Piñan, Pucalpa, Peribuela, Quitumba, Morlán, Ambi Grande, Colimbuela, Perafán.
<b>El Sagrario</b>	Alambuela, El Cercado, San Pedro, Tunibamba, Piava Chupa, Piava San Pedro, Pilchibuela, Ashambuela, Yambaburo, El Batán, Azaya, Topo Grande, Santa Barbara, Iltaqi.
<b>San Francisco</b>	Quitugo, Calera, San Ignacio, Turuco, Anrabí San Miguel, Chilcapamba, Morales Chupa, Morochos.
<b>Quiroga</b>	San Martín, Domingo Sabio, Guitarra Ucu, Cuicocha Centro, Cuicocha Pana, San Antonio del Punje, San José del Punje, Cumbas Conde, San Nicolás, Arrayanes, Ugshapungo, San Bartolo.

Fuente: Documento UNORAC, 2006. [13].

Básicamente las costumbres de cada comunidad son las mismas, en cuanto a la agricultura, vestimenta y celebraciones. Esta última abarca un gran número de motivos de festejo o reunión para cada comunidad. Existen motivos en los cuales se juntan todas las comunas para festejar un acontecimiento importante en el cual es posible apreciar sus costumbres específicas, lo que las hace diferentes unas de otras.

Las comunidades del cantón celebran varias fiestas originarias de sus creencias religiosas o agrícolas, y también fiestas que les fueron impuestas desde la conquista y que han adaptado a su sociedad. En la actualidad se continúan estas tradiciones que caracterizan a los pueblos indígenas que ocupan Cotacachi, en donde se puede observar claras manifestaciones propias de los pueblos indios del Ecuador dentro de una imposición católica muy fuerte. Con el paso del tiempo estas costumbres también se han ido perdiendo, cada

año el legado de los más viejos habitantes de cada población ha disminuido. Pocos son los jóvenes que desean continuar con las tradiciones y aprender de sus antepasados.

A continuación se dará una breve explicación de las fiestas populares que se celebran en el cantón Cotacachi en las cuales la música juega un papel protagonista:

#### 2.2.1.1. SEMANA SANTA

En tiempos precoloniales en esta semana en particular se celebraba un culto a la Luna y el Sol *“como seres supremos que permitían la vida de los seres vivos”* (Varios, 2009). La celebración se basaba en ofrendas y festejos que mantenían un ambiente alegre dentro de la población. Desde la conquista española, esta fecha sirvió para celebrar la pasión y muerte de Cristo, suplantando a su evocación original. [6].

En la actualidad la celebración de la Semana Santa se realiza con una procesión en la que la música acompaña en todo momento. Se dice que antiguamente se escuchaban los pingullos y tambores sonando por los campos que anunciaban el inicio de la celebración. Hoy en día esta tradición se ha perdido por completo. Durante la procesión suenan las flautas traversas de Semana Santa tocadas en pares, como se hacía antiguamente, y los rezadores o cantores llamados Taytas, dan lectura a cantos y oraciones católicas en Kichwa, que son acompañados por reflexiones sobre la importancia de la naturaleza.

Cada año en la conmemoración de la Semana Santa el pueblo sale para acompañar la procesión. En el último año que se llevó a cabo esta celebración, se notó la ausencia de músicos y de Taytas rezadores, que con al avanzar de su edad han ido perdiendo la fuerza para ser enteramente parte de este ritual y

no existe un legado que continúe con su trabajo. Por estos motivos cada año se puede ir perdiendo la parte musical de la Semana Santa hasta que deje de ser parte de esta tradición.

Gráfico 2.3. Fotografía de flautistas en procesión de Semana Santa.



Fuente: Autor, Museo de las Culturas, Cotacachi.

#### 2.2.1.2. CORPUS CHRISTI

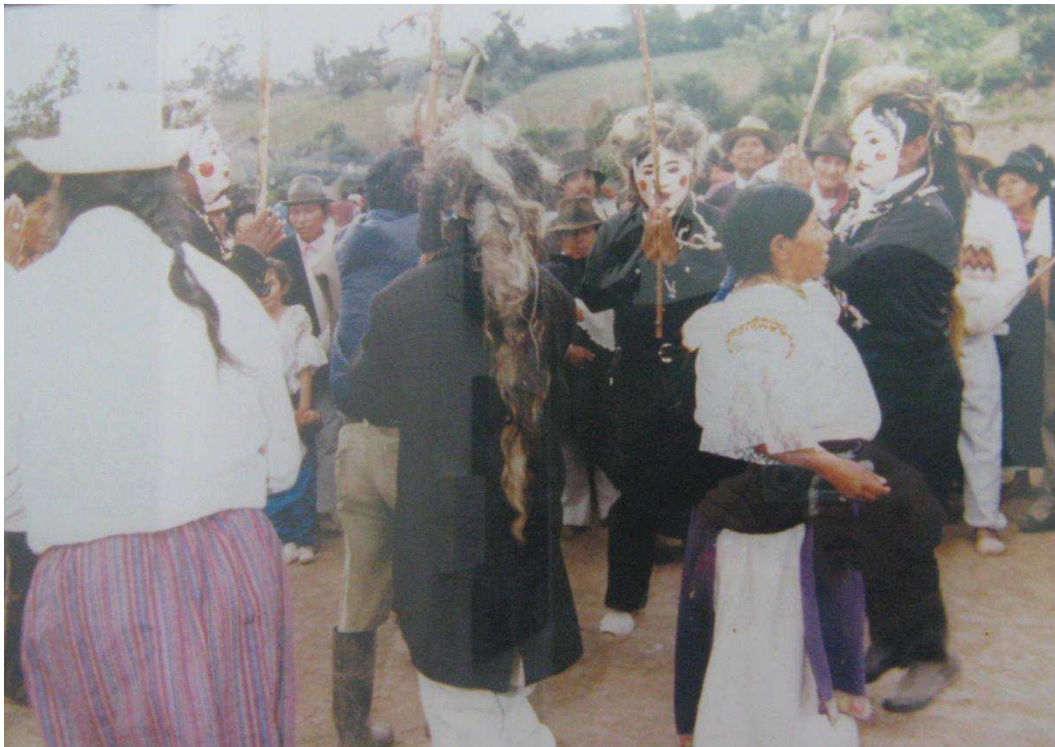
La festividad del Corpus Christi es de origen católico, que conmemora la solemnidad del cuerpo y la sangre de Cristo, es decir, celebra la Eucaristía. La fecha de celebración no está establecida, por este motivo cada año correspondía a un día diferente, aunque coincidía generalmente con el solsticio de verano, fecha en la cual se celebraba el conocido Inti Raymi, que rinde tributo al Dios Sol.

El Corpus Christi y su octava se celebraban con la tradicional danza de los Abagos, que es muy representativa de los pueblos de Cotacachi. Esta danza estaba constituida por dos grupos de danzantes llamados Ángeles y Abagos y un músico que acompañaba tocando un pingullo y un tambor pequeño. Durante

la procesión se lleva a cabo esta danza tradicional que consta de 16 partes en las que siempre acompaña el músico llamado *Mama*, quien en cada una de las partes, toca un “tono” diferente. Se cree que la danza representaría una confrontación del bien y el mal, que estarían representados por los Ángeles y los Abagos respectivamente.

Actualmente los Abagos no forman parte de ninguna festividad en Cotacachi. Los servicios de los pocos danzantes que han quedado para mantener esta tradición solamente son requeridos en muestras privadas de la cultura de Cotacachi.

Gráfico 2.4. Fotografía de danza de los Abagos durante celebración de Corpus Christi.



Fuente: Autor, Museo de las Culturas, Cotacachi.

### 2.2.1.3. INTI RAYMI (SAN PEDRO Y SAN JUAN)

Se puede decir que el Inti Raymi es la festividad más importante de los indígenas del continente. Mucho antes de la conquista Inca, varios pueblos del Ecuador ya rendían culto al sol, lo que supone un factor importante en la conquista inca dado que veneraban al mismo Dios por lo que no fue necesario una imposición de creencias religiosas, más allá de pequeñas modificaciones.

El nombre de San Pedro y San Juan llega como imposición de la religión católica en honor a los santos que llevan estos nombres y que se festejan a finales del mes de junio. Sin embargo el Inti Raymi es la fiesta indígena que ha mantenido más elementos de su formato original, ya que celebra el final y el inicio de un nuevo año agrícola.

La música del Inti Raymi también es conocida como *Sanjuán*, nombre que proviene de San Juan Bautista, de la religión católica. Estos “tonos” son interpretados por las flautas traversas de carrizo, churos hechos de caracoles y rondín, que es un instrumento parecido a una harmónica que es propio del mestizaje que se dio en los pueblos indígenas.

Dentro de las fiestas las flautas traversas de carrizo y los rondines, son interpretados en pares, “los instrumentos musicales indígenas siempre se tocan en pares, incluso el rondín debe estar pareado; macho y hembra: esa es la base de la cosmovisión indígena.” (Varios, 2009). [6].

Los músicos componen diferentes “tonos” de Sanjuán para cada elemento que constituye el Inti Raymi. Cada año la tradición católica introducida en estas fiestas ha sido opacada por su verdadero significado, el Inti Raymi como celebración al Sol. Sin embargo la música tradicional, ya no es una compañera en las fiestas debido al poco interés de las nuevas generaciones en aprender sobre estas costumbres.

Gráfico 2.5. Fotografía de grupo de flautistas durante celebración de Inti Raymi.



Fuente: [otavalosonline.com](http://otavalosonline.com) [39]

#### 2.2.1.4. FIESTA DE SANTA ANA

Se dice que una imagen de Santa Ana, quien en la religión católica es la Madre de la Virgen María, habría aparecido en la comunidad de Azama, cercana a Cotacachi. Los pobladores quisieron construir una capilla para la Santa, pero se dice que ella se negó y señaló el lugar indicado para su templo, que sería la actual ciudad de Cotacachi. Desde entonces comenzó la tradicional “semana de las fiestas”, que hace honor a Santa Ana.

Esta “semana de las fiestas” coincide con la fecha del equinoccio de verano, es decir entre el 15 y 16 de septiembre. Durante este período existen diversas manifestaciones culturales en los pueblos indígenas de la zona.

En la procesión que se llevaba a cabo, transportando la imagen de Santa Ana por las diferentes comunidades, se realizaban interpretaciones musicales ejecutadas por varios músicos que usaban “pallas”, tamborcillos, pingullos y

tamboriles. Las danzas representativas eran efectuadas por dos grupos de danzantes, los “Chaqui Capitanes”, que hacían la guardia del otro grupo llamado Yumbos.

Actualmente la tradición musical de estas fiestas se ha perdido con el paso del tiempo. En pocas comunidades se encuentran los músicos más antiguos que por motivos de salud y edad no han podido impedir que se pierda esta tradición. Algunos de ellos están tratando de dejar un legado para que continúen interpretando los instrumentos, enseñando a jóvenes y niños que están interesados en sus tradiciones culturales.

Gráfico 2.6. Fotografía de danza de los Yumbos durante fiesta de Santa Ana.



Fuente: [otavalosonline.com](http://otavalosonline.com) [39]

### 2.2.2. LA FLAUTA TRAVERSA DE CARRIZO

Las comunidades de Cotacachi elaboran las flautas travesas de carrizo para que formen parte de sus rituales. Estos instrumentos acompañan a cualquier motivo de congregación popular sea festivo o de congoja. De esta forma existe una diferenciación popular que divide a las flautas en dos tipos. A pesar de que ambos tipos de flautas se elaboran con los mismos materiales, el mismo procedimiento y el resultado obtenido es prácticamente el mismo, los pobladores las diferencian por su motivo. De esta manera se utilizan flautas para fiestas que son parte del Inti Raymi, matrimonios, bautizos, “huasipichai”, donde el motivo es el festejo y el sonido que producen las flautas es alegre e invita a la celebración popular.

Por otro lado están las flautas utilizadas en ceremonias de arrepentimiento o pena, que poseen las mismas características que las que se utilizan en las fiestas comunales. Éstas forman parte de la Semana Santa y de velorios en donde se puede escuchar un sonido que produce tristeza. El por qué de este sonido particular es todavía un misterio, cada vez más difícil de desentrañar ya que en estas celebraciones cada vez es más raro encontrar intérpretes de estas flautas por lo que esta tradición ha ido desapareciendo y junto a ésta, la elaboración de estos instrumentos que ya no se encuentran con facilidad en las comunidades. Los ciudadanos saben de su existencia pero desconocen su elaboración o como lograr esos tonos.

Entre las flautas travesas de carrizo utilizadas en las fiestas, existen tres variantes que difieren una de otra únicamente en sus medidas, ya que el material con que están hechas es el mismo y su principio acústico igual. Cada una de estas flautas cumple su propio objetivo socio – cultural, por lo que se utilizan para reproducir distintas melodías en distintas ocasiones.

Las pequeñas que son extraídas de la punta de los carrizales, son las menos empleadas en las celebraciones populares. Lo curioso es que se utilizan



mayormente en los bautizos de los niños como si existiera una relación de su tamaño con la edad del individuo.

Las flautas medianas son las que se utilizan en la mayoría de celebraciones. Siempre se las encuentra en las fiestas populares así como en celebraciones de cualquier tipo. Son indispensables en los matrimonios donde la relación que tienen las flautas emparejadas se asemeja a la de la pareja que se casa.

Las flautas grandes, elaboradas con la parte inferior del carrizo, son utilizadas con menor frecuencia que las medianas y mayor que las pequeñas. Especialmente acompañan en el ritual de “nueva teja en las casas”, en la cual todos los vecinos festejan al propietario de una casa nueva o recién reconstruida.

#### 2.2.2.1. CONSTRUCCIÓN

La materia prima de las flautas transversas de Cotacachi es el carrizo, que es una planta semejante al bambú de la familia de las Gramíneas. Esta planta llega a tener una altura de 6 metros y cada carrizo puede llegar a tener un ancho de 4 centímetros en su base y se va encogiéndose hasta llegar a la punta. Se diferencia del bambú y caña porque de sus nudos sale una sola hoja que envaina al tallo. Se desarrolla en colonias llamadas carrizales que se componen de varias plantas. Crecen cerca del agua principalmente en climas templados. Es una planta perenne, es decir, que sus hojas se mantienen vivas durante todo el año.

Gráfico 2.7. Carrizales en estado natural.

Fuente: [ichn.iec.cat](http://ichn.iec.cat) [41]

Para la elaboración de las flautas, el carrizo es extraído de la zona subtropical de Cotacachi llamada Intag, o de Salinas que se encuentra ubicada al noroccidente de la ciudad de Ibarra perteneciente, de igual forma, a la provincia de Imbabura. Cuando los carrizos se encuentran en la madurez suficiente para ser utilizados, son cosechados. Posteriormente se realiza un proceso de secado que puede durar un año entero hasta que el carrizo tenga la constitución, textura y temperatura adecuada. Se corta el carrizo en trozos de longitudes establecidas para cada flauta, ya que de cada carrizo se construyen 5 a 6 flautas de todas las dimensiones existentes.

Gráfico 2.8. Indígenas recolectando carrizo.



Fuente: TIANA, Fundación. Purutu Maytuk. [7]

Una vez obtenida la pieza de carrizo para una flauta, se procede a realizar los agujeros que se los hace con la ayuda de una lezna, navaja o una varilla. Este es un paso determinante para el sonido que producirá esta flauta, por lo que, como no existe un método de medición preestablecido, se utiliza un “patrón”, que es como un molde (cordón de nudos con las distancias de cada agujero) o una flauta ya terminada de la cual se pretende simular sus características sonoras.

Gráfico 2.9. Proceso de elaboración de la flauta transversa de carrizo.



Fuente: TIANA, Fundación. Purutu Maytuk. [7]

La parte superior presenta el tubo abierto el cual debe ser tapado. Para esto se utiliza un círculo de mate que se conoce en la zona como “puro”, que es extraído de la corteza del zambo o del zapallo, que con la ayuda de resinas como la “lágrima del eucalipto” o la savia del lechero, son pegadas al tubo sellándolo de manera permanente y finalizando el proceso de construcción *per se*.

Posteriormente viene el proceso de afinación de la flauta, que es considerado parte del proceso de construcción. Dentro de este proceso se utiliza el “patrón” con el cual se hicieron los agujeros, el constructor debe tocar la flauta e ir limando cada agujero según se requiera, hasta llegar a obtener el sonido deseado. Para esta parte del proceso el oído del constructor es su principal instrumento de trabajo, ya que, al no usar ningún tipo de afinador, el sonido que se obtiene de la flauta es guiado únicamente por lo que él escucha y determina que está correctamente elaborado o no. Si existe una falla en este proceso, la flauta transversa de carrizo no cumplirá con su objetivo social, por lo que no sería utilizada.

Gráfico 2.10. Proceso de afinación de la flauta.



Fuente: GUZMAN Diego. Construcción de flautas de carrizo y su pensamiento microtonal. [9]

Gráfico 2.11. Elaboración de agujeros en la flauta.



Fuente: GUZMÁN Diego. Construcción de flautas de carrizo y su pensamiento microtonal. [9]

Al culminar con todo este proceso de construcción y afinación de la flauta, se procede a “temperarla” o “curarla”. Este nuevo procedimiento se basa en darle un tratamiento a la parte interior del tubo para lograr un sonido más cálido, por medio de la utilización de soluciones como aceites (de cocina o de oliva) o la chicha de jora. Muchos investigadores creen que se utiliza alcohol para este proceso, lo cual carece de bases fundamentadas, ya que la gran mayoría de músicos y constructores de las flautas, rechazan al alcohol porque seca el carrizo produciendo un daño permanente a la flauta.

Gráfico 2.12. Varilla utilizada en el proceso de “temperamento” de la flauta.



Fuente: GUZMÁN, Diego. Construcción de flautas de carrizo y su pensamiento microtonal. [9]

Gráfico 2.13. Flauta remojada con la varilla con aceite o chicha.



Fuente: GUZMÁN Diego. Construcción de flautas de carrizo y su pensamiento microtonal. [9]

Este procedimiento no se lo hace una sola vez. Cada cierto tiempo, los músicos, sienten la necesidad de volver a temperar a la flauta por lo que vuelven a realizar este proceso. Incluso durante los festejos, en donde se acostumbra a servir la chicha de jora a toda la comunidad para que la ingieran, los músicos beben una parte y el sobrante lo riegan en las flautas ese mismo momento y posteriormente continúan tocando.

Las flautas son elaboradas en pares, también pueden ser tres o cuatro que poseen características físicas idénticas y se las afina para que exista armonía entre ellas. Debido a que generalmente se elaboran en pares por lo que se les denomina “flautas casadas” ya que sus características sonoras permiten la interpretación de temas a dos voces, en los cuales las flautas deben complementarse en todo momento. La sonoridad que se le da a una de ellas permite que se pueda interpretar las primeras voces y a la otra las segundas por lo que se les otorga la denominación de Macho y Hembra respectivamente. Su diferenciación es posible solamente al oído porque a simple vista son exactamente iguales.

## 2.3. ACÚSTICA

### 2.3.1. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Dentro de la clasificación de los instrumentos por su funcionamiento acústico, se encuentran dos grandes grupos, que son: de tubo abierto y de tubo cerrado. La flauta traviesa se encuentra dentro del primer grupo, ya que, de tubo cerrado se refiere a instrumentos de viento que un lado del tubo está abierto y el otro cerrado, como los tubos del órgano, el clarinete, la flauta de pan, entre otras. Los instrumentos de tubo abierto poseen dos aberturas en el tubo.

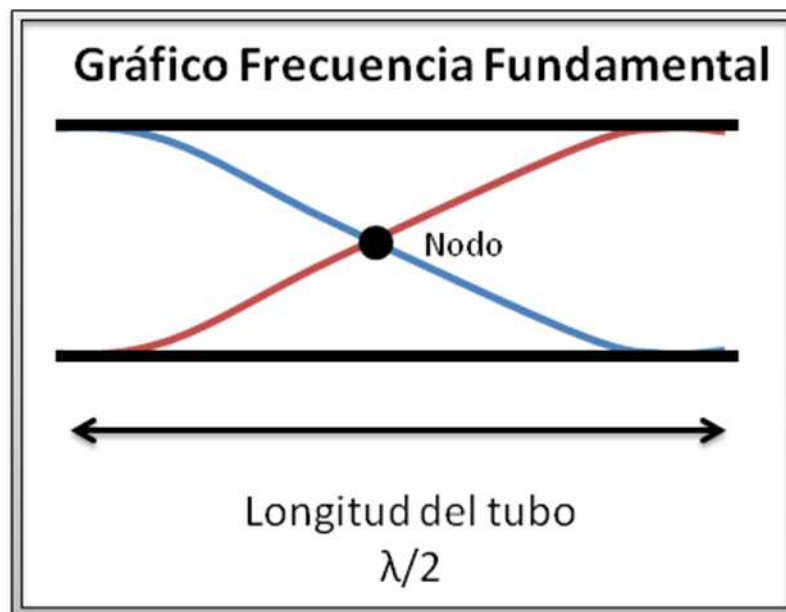
El principio acústico de las flautas traversas y demás instrumentos de tubo abierto, se basa en la entrada de aire a la cámara del tubo permitiendo realizar una presión atmosférica que produce una onda estacionaria, es decir, que el aire que ingresa entra en vibración, produciendo sonido.

En el tubo de las flautas traversas se producen ondas longitudinales, es decir, que la compresión y rarefacción del aire están en la misma dirección que el desplazamiento de la onda. Debido a que el instrumento es de tubo abierto, el extremo contrario a la embocadura debería funcionar como un desfogue de aire, pero como el ancho del tubo no es considerablemente grande, existe un fenómeno de reflexión en el extremo produciendo así la onda estacionaria.

Esta onda estacionaria está compuesta de nodos, donde la amplitud de desplazamiento de la onda es nula, y antinodos, donde la amplitud de desplazamiento de la onda es máxima. En general en los instrumentos de tubo abierto, en la embocadura y el extremo abierto, se producen dos antinodos por lo que el sonido fundamental se obtiene al producirse un nodo en el centro. La frecuencia fundamental dependerá de la longitud de onda y la velocidad de propagación del sonido dentro del tubo. Como el nodo se produce al centro del tubo debido a la onda producida por el ingreso de aire y la onda formada por el fenómeno de reflexión, la onda estacionaria recorre medio ciclo, por lo que se

determina que en el tubo completo solamente se encuentra la mitad de una onda. En el siguiente gráfico se puede apreciar que el nodo formado por las ondas que interactúan en el tubo, se encuentra en la mitad y la onda estacionaria no completa un ciclo, por lo tanto como la longitud de onda es representada por  $\lambda$ , se establece que la longitud del tubo es  $\lambda/2$ .

Gráfico 2.14. Gráfico de Frecuencia Fundamental en tubo.



Fuente: Autor.

Para obtener la frecuencia fundamental del tubo abierto, se utiliza la fórmula

$$F1 = \frac{c}{\lambda} \quad (2.1)$$

En la cual:

- $F1$  = Frecuencia fundamental, generada por el ingreso de aire desde la embocadura, con todos los huecos de digitación tapados.
- $C$  = Velocidad del sonido,  $344 \text{ m/s}$ , en condiciones de campo abierto.
- $\lambda$  = Longitud de onda de la frecuencia indicada,  $= \frac{c}{F}$



Y como  $\lambda = 2$  longitud del tubo, despejando se obtiene

(2.2)

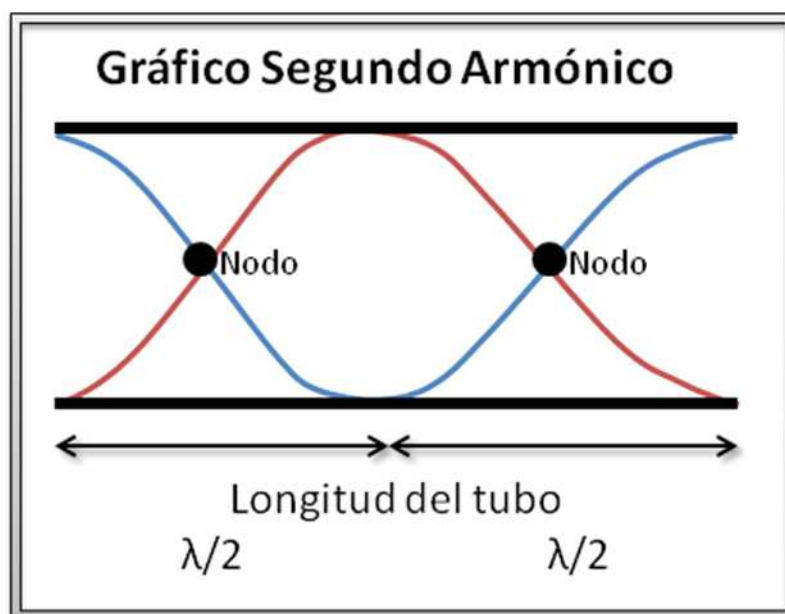
$$F1 = \frac{c}{2L}$$

De esta manera se encuentra la frecuencia fundamental que se produce en el tubo. En el caso del primer armónico, éste se produce al existir dos nodos dentro del tubo, es decir, que la onda producida al ingresar el aire y la onda producida por el efecto de reflexión recorren un ciclo completo que es  $\lambda$ . De esta manera la fórmula cambia a

(2.3)

$$F2 = \frac{2c}{2L}$$

Gráfico 2.15. Gráfico de Segundo Armónico en tubo.



Fuente: Autor.

Como:

(2.5)

$$F1 = \frac{c}{\lambda}$$

Se puede simplificar la ecuación del primer armónico a:

(2.6)

$$F2 = 2F1$$

De esta manera se determina que  $F_n = nF_1$ . Esto quiere decir que en el caso del tubo abierto como la flauta traversa, existen la frecuencia fundamental y todos sus armónicos. Caso contrario con los tubos cerrados, en los cuales en el extremo cerrado no existe desplazamiento de las moléculas de aire, por lo que se produce un nodo y al centro existe un antinodo. Bajo este fenómeno y deduciendo las mismas fórmulas que en el tubo abierto se determina que, en un tubo cerrado solamente existe la frecuencia fundamental y los armónicos impares, es decir,

(2.7)

$$F_n = (2n - 1)F_1$$

Para el caso de la flauta traversa, si bien se considera un instrumento de tubo abierto, hay que tener en cuenta ciertas consideraciones. Como se ha determinado en un estudio realizado en la Universidad de Buenos Aires, Argentina, sobre el comportamiento físico de la flauta traversa, un extremo es considerado abierto ya que la abertura corresponde al diámetro del tubo, pero el extremo contrario, es decir, el agujero de la embocadura por donde ingresa el aire, tiene un diámetro menor al del tubo, además que su ubicación no es exactamente en el extremo, más bien, unos pocos milímetros hacia el centro y su posición no es concéntrica hacia el tubo sino tangencial. Por estos motivos debe considerarse que la distancia recorrida del agujero de excitación, actúa como un resonador de Helmholtz, que presenta una impedancia capacitiva paralelamente al tubo. Por otro lado los orificios del tubo dispuestos para la

digitación, tienen una distribución no constante y presentan diámetros iguales. Estos orificios abiertos actúan como una baja impedancia inductiva. Esto permite que en frecuencias bajas, los orificios destapados produzcan de igual manera bajas frecuencias, haciendo más sencilla la formación de nodos. Con frecuencias más elevadas la impedancia de los agujeros abiertos aumenta, lo que permite a la onda despreciar los primeros agujeros y pasar más allá de éstos. (Varios, 2003). [10]

Los modos resonantes de la flauta transversa dependen de la forma de interpretación del músico, quien puede excitar distintos modos según la presión de aire que ejerza e incluso haciendo movimientos de rotación del instrumento. De esta forma se pueden excitar hasta cinco modos de resonancia, que se producen cuando la onda producida desde la embocadura está en fase con la reflexión, haciendo que la amplitud de la onda estacionaria sea máxima.

### 2.3.2. DATOS ACÚSTICOS

Por medio de un análisis acústico se puede determinar el funcionamiento de las flautas transversas de carrizo elaboradas en Cotacachi, aunque no de manera completa sino únicamente lo relacionado con el fenómeno físico – acústico del sonido. Sin embargo el método de medición de las características acústicas, que posteriormente llevará a un análisis de resultados, no presenta variaciones significantes respecto a otro tipo de instrumentos.

Previamente a la obtención de la muestras, es importante determinar las condiciones del lugar donde se procederá a realizar la medición del instrumento. Este debería ser medido en condiciones de campo libre, esto quiere decir que en el lugar no deben existir reflexiones del sonido producido. Además la temperatura debería ser constante, generalmente se considera adecuada a 20° centígrados, esto permite que la velocidad del sonido no varíe. Debería existir un porcentaje de humedad del 40%. Por último la gradiente del

viento debería ser de 0°. Estas condiciones son ideales para realizar cualquier tipo de medición, sin embargo no son reales, ya que difícilmente se pueden obtener estas características en un mismo lugar.

La cámara anecóica pretende simular las condiciones de campo libre, al no presentar reflexiones y brinda la posibilidad de controlar los aspectos ambientales del lugar. Sin embargo no siempre es posible obtener el ambiente ideal, por lo que se debe trabajar en condiciones reales. Dado estas circunstancias existen otros factores que se deben tomar en cuenta, como el ruido de fondo del lugar y la posibilidad de encontrarse con modos normales de vibración al no tener suficiente absorción para que las reflexiones sean nulas.

Aparte de las condiciones del lugar de medición, se debe tener en cuenta los aparatos con los que se procederá a realizar dicha medición. Estos equipos deben presentar un funcionamiento óptimo para que los resultados sean la reproducción más fiel posible de la realidad. Las características que estos presenten deben responder a las necesidades de la medición, es decir, que no se pueden escoger al azar. De esta manera se determinan los instrumentos de medición adecuados para la flauta traversa de carrizo elaborada en Cotacachi.

Una vez que se cuenta con las condiciones y los instrumentos para realizar la medición, se procede a realizar la misma y determinar las características acústicas requeridas. Éstas se describen a continuación

#### 2.3.2.1. RANGO DE FRECUENCIAS

Este término hace referencia al conjunto de frecuencias que puede producir una flauta, desde la más grave, hasta la más aguda. Los límites de este rango están determinados por las frecuencias de corte, que son los puntos en donde el nivel nominal del ancho de banda cae tres decibeles.

El rango de frecuencias de un instrumento musical está determinado por el alcance que éste tiene para producir una nota alta y otra baja con suficiente claridad y nivel, para considerarlo dentro del ancho de banda, si la nota que sigue no tiene suficiente claridad y nivel, se la considera fuera de este rango, ya que el instrumento no es capaz de producirla.

Cada nota musical representa una frecuencia sonora específica y a éstas se las clasifica por octavas. La nota fundamental, es una frecuencia dentro de una octava. Para cambiar a la siguiente octava existe una relación de 2:1, por ejemplo la nota LA4 (de la cuarta octava) de 440 Hz, es la mitad de LA5 (de la quinta octava) de 880 Hz. Esta relación es teórica solamente. La relación de octavas real no siempre es de 2:1, ya que se debe simular la no linealidad del oído humano, por lo tanto en algunos instrumentos se debe afinar las notas alejadas de la octava central con una distancia levemente más amplia.

#### 2.3.2.2. ESPECTRO DE FRECUENCIA

El espectro de frecuencias representa el contenido de varias ondas sonoras, o solamente una principal con sus respectivas frecuencias armónicas, distribuidas según sus amplitudes. Al escuchar un sonido, se lo asocia a una nota musical, pero éste tiene un contenido de sonidos parciales o armónicos que lo componen y que se representan en el espectro.

Los armónicos son componentes de una frecuencia o un rango de frecuencias, que aparecen según variaciones producidas en el emisor al ejecutar un sonido. Este componente es sinusoidal y configura un ciclo que permite generar una armonía hacia el receptor.

La composición de armónicos determina el timbre del sonido que produce el emisor.

### 2.3.2.3. TIMBRE

El timbre ha sido tradicionalmente una de las cualidades del sonido junto con la altura, intensidad y duración. Éste da la particularidad a todos los sonidos existentes, es decir que puede darse el caso de que dos sonidos cualquiera presenten las mismas características de frecuencia, amplitud y tiempo, pero se pueden diferenciar gracias al timbre.

Como se vio anteriormente el timbre de un sonido se determina por los armónicos de la frecuencia fundamental de éste, el número de aquellos y la intensidad de los mismos. En el caso de la música permite diferenciar por ejemplo un Do central emitido por una trompeta, con el Do central emitido por un violín, a pesar de que ambos emiten la misma nota. Igualmente nos permite reconocer la voz de cada persona.

A través del teorema de Fourier es posible descomponer una forma de onda periódica (como se representan los tonos puros), en infinitas ondas múltiplos de la original, que son los armónicos.

Para determinar el timbre de un sonido específico se deben estudiar las características de su forma de onda fundamental y de sus armónicos, basándose en los parámetros de frecuencia, amplitud y tiempo.

### 2.3.2.4. AFINACIÓN

La afinación determina la relación de frecuencias exactas que produce un instrumento musical para encontrar su escala. Existen instrumentos en los cuales es posible modificar su afinación, mientras que en otros ésta debe ser calibrada desde su construcción, como sucede en una marimba.

Otro ejemplo: las flautas traversas de carrizo elaboradas en Cotacachi, tienen una afinación fija que debe ser regulada en su construcción, ya que una vez

terminado el instrumento no se va a poder variar dicha afinación sino en muy pequeñas proporciones. Para lograr un cambio apreciable habría que acortar la longitud del tubo.

Por el contrario, los instrumentos de cuerda templada como la guitarra o el violín, son un ejemplo de instrumentos de afinación variable, porque es posible regular a cada una de las cuerdas templadas ajustándolas o soltándolas, lo que da varias opciones de afinación.

#### 2.3.2.5. DISTANCIA INTERVÁLICA

Intervalo es la distancia que existe entre dos notas musicales. Esta distancia está determinada en la música occidental por tonos y semitonos. Entre una nota musical y la siguiente existe una separación que puede ser de uno o dos semitonos (que conforman un tono). Los semitonos son diferenciables por el oído humano como dos sonidos diferentes, una división menor a éstos, no sería perceptible, desde el punto de vista occidental.

En muchos lugares el oído humano ha sido adaptado a dicho pensamiento musical occidental, en el cual la distancia más pequeña entre dos sonidos es un semitono. Sin embargo en muchas culturas, que no han sufrido la imposición de este pensamiento, se ha demostrado que existe un estrato microtonal, es decir que existen distancias menores que un semitono. Estas características musicales difícilmente son comprendidas o aceptadas por el entorno occidental.

#### 2.3.2.6. ENVOLVENTE

Es un término que define el desarrollo de la amplitud de una onda sonora. La envolvente más difundida está dividida en cuatro momentos (Attack, Decay, Sustain, Release) que determinan el carácter sonoro de la forma de onda. Estos parámetros son:

- Ataque: El tiempo que demora en escucharse el sonido una vez ejecutado.
- Decaimiento: El tiempo que demora la amplitud en llegar a una constancia después de haber alcanzado un máximo, sin dejar de excitar a la fuente.
- Sostenimiento: El tiempo en que la amplitud permanece constante una vez que se dejó de excitar la fuente.
- Relajamiento: El tiempo en que la amplitud cae al mínimo desde que se dejó de excitar la fuente.

En los procesos de síntesis más elaborados, la envolvente puede aplicarse también a otros aspectos del sonido, como la frecuencia y el timbre. Así mismo pueden encontrarse envolventes con más y menos segmentos.

#### 2.3.2.7. MEDICIÓN ACÚSTICA

El procedimiento para llevar a cabo una medición consta de varios factores importantes que deben tomarse en cuenta y manejarlos de modo correcto para obtener el resultado más fiel a la realidad que es lo que siempre se va a buscar.

Primeramente se debe tomar en cuenta el factor ambiental, es decir, el lugar donde se procederá a realizar la medición. Como se mencionó antes, éste debe ser una simulación de campo libre, o en campo libre propiamente dicho. Las condiciones ambientales afectan al sonido directamente, por lo que es adecuado tratar de manejar un ambiente muy semejante al ideal para que el rango de error en las mediciones se considere despreciable.

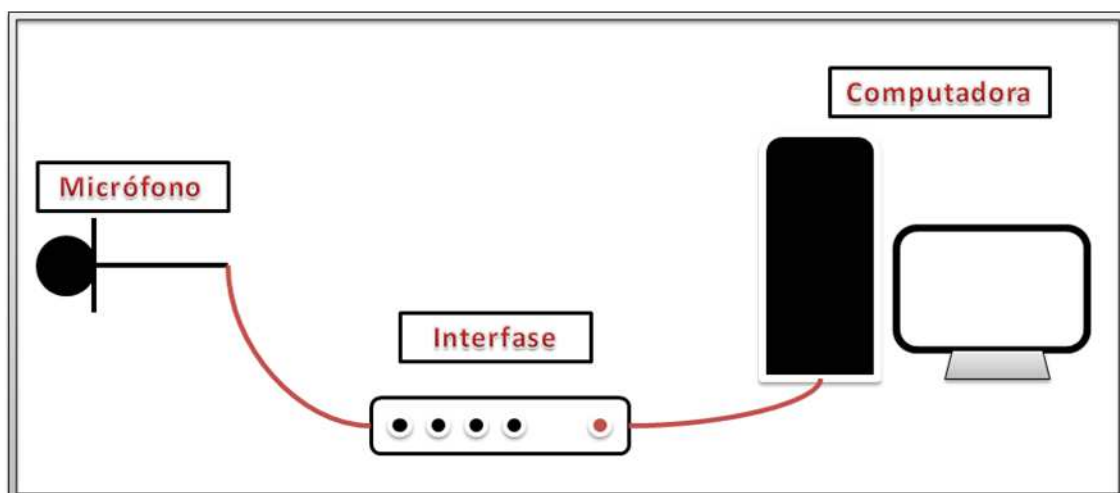
Se deben elegir bien los equipos para realizar la medición, según se requiera. La calidad de los equipos va a ser un factor determinante para que el resultado sea el más fiel posible. El uso de materiales de baja calidad deteriora el



resultado de la medición. Es importante determinar las características técnicas que presentan los diferentes equipos para la medición. Según el objetivo del instrumento a medir, se pueden elegir entre diferentes equipos que presentan las características exactas para cumplir con la tarea asignada. Otros equipos, con características que no son óptimas para una medición específica, pueden crear variaciones en los resultados reales.

El proceso de medición utiliza una cadena electroacústica igual al de una grabación, empezando con un micrófono que capta las ondas provenientes de las flautas; una interfase que pre amplifica las señales de micrófono obtenidas en la captación; una computadora que a través de un *software* almacena el audio para un posterior análisis o permite realizar dicho análisis en tiempo real.

Gráfico 2.16. Cadena electroacústica.



Fuente: Autor.

### 3. CAPÍTULO III. MEDICIONES

#### 3.1. MEDICIONES ACÚSTICAS

Para determinar el comportamiento acústico de las flautas de carrizo, se debe partir de sus características físicas, es decir, sus proporciones, longitud, diámetro, distancia de los agujeros de digitación y del agujero de insuflación, e incluso las características que presenta el material con el que se elaboran.

Como se mencionó anteriormente, la construcción de estos instrumentos debido a la tradición, es netamente empírica, por lo que difícilmente el resultado final será siempre igual. Sin embargo, se tomará en cuenta que se sigue un patrón inicial para elaborar una nueva flauta, que además se la afina al oído. Con estos datos se puede definir un margen de error mínimo para la similitud que existe entre todas las flautas de este tipo.

En la actualidad el uso de las flautas es cada vez menos frecuente en las comunidades indígenas de Cotacachi; es una tradición que ha ido desapareciendo. Los distintos tipos de flautas no son utilizados en las fiestas populares, salvo por las de tamaño mediano que continúan tocándose regularmente en las fiestas.

Estas flautas “medianas” son el objeto del presente estudio ya que se mantienen en la tradición de las comunidades de Cotacachi con más fuerza que otras y su estudio reforzará el proyecto de mantenerlas activas.

#### 3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS FLAUTAS A MEDIR

Dentro de las características físicas de las flautas que son objeto de estudio, se ha tomado en cuenta principalmente su longitud y diámetros de cada uno de los agujeros que contiene en todo su cuerpo, además de las distancias entre cada uno de ellos. Para dar una idea de cómo se ve la flauta y se pueda

comprender con mayor facilidad los resultados obtenidos en este proceso se presenta a continuación una imagen de este tipo de flautas.

Gráfico 3.1. Fotografía de flauta transversa de carrizo.



Fuente: Autor.

Gráfico 3.2. Fotografía de extremo inferior de flauta transversa de carrizo.



Fuente: Autor.

Gráfico 3.3. Fotografía de extremo superior de flauta transversa de carrizo.

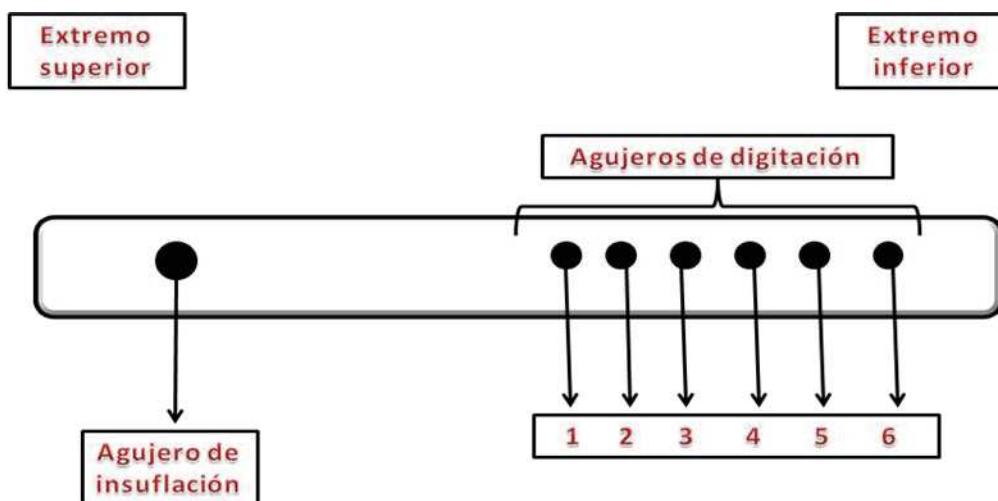


Fuente: Autor.

Como se puede apreciar en los gráficos 3.1 hasta el 3.3, fotografías tomadas de una de las flautas que se utilizó para este estudio, ésta posee seis agujeros que sirven para la digitación y uno para la insuflación. Además presenta un agujero de salida de aire en un extremo, mientras que en el otro está tapado con un pedazo de madera calzado con exactitud para impedir cualquier salida de aire.

Con objeto de mejorar la comprensión de los detalles de los procedimientos realizados se presenta a continuación un esquema de los nombres que se le asignó a cada una de las partes de la flauta.

Gráfico 3.4. Gráfico descriptivo de las partes de la flauta transversa de carrizo.



Fuente: Autor.

Como el carrizo con el que se elaboran las flautas presenta irregularidades en todo su cuerpo, no es posible encontrar medidas exactas, por lo que se debe dar una aproximación a lo que sería una forma esquemática de estos instrumentos.

Primero hay que notar la forma del tubo de carrizo. Se determinó que posee una forma cilíndrica más que cónica a pesar de no ser recta en toda la extensión y tener la particularidad de presentar un nudo natural del carrizo en medio de la flauta.

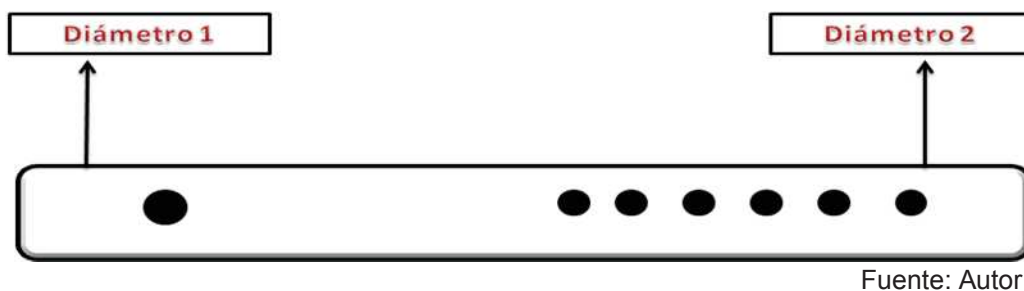
Este nudo generalmente se encuentra en esta posición sin tener una explicación conocida del por qué, sin embargo todos los constructores escogen precisamente el pedazo de carrizo en el cual el nudo quede en el centro de la flauta que se va a construir. Ésta es una preferencia de tradición que ha llegado a estos días, tal vez influya en algo en el carácter sonoro de la flauta, pero es una característica que se debe tomar en cuenta.

Por medio de distintos gráficos se presentarán las partes de la flauta que fueron medidas con sus respectivos nombres, para posteriormente presentar

los resultados. Para este proceso se utilizaron herramientas de precisión para obtener los datos más certeros posibles.

Diámetros de la flauta: existen dos que son diferenciados por el nudo en el centro del carrizo en donde un extremo es más ancho que otro.

Gráfico 3.5. Gráfico descriptivo de los diámetros de la flauta transversa de carrizo.



Fuente: Autor.

Longitudes de la flauta: se tomarán en cuenta varias, desde la longitud total, hasta las longitudes que existen entre cada uno de los agujeros de digitación, además de la distancia entre el extremo inferior hasta el tapón en el extremo superior, que no aparece en la gráfica.

Gráfico 3.6. Gráfico descriptivo de las longitudes de la flauta transversa de carrizo.



Fuente: Autor.

En las siguientes tablas se detallan las medidas obtenidas de las dos flautas.

Cuadro 3.1. Cuadro de medidas físicas de flauta travesa de carrizo No. 1.

<b>FLAUTA 1 (Primera voz)</b>	<b>MEDIDAS</b>
Longitud de la flauta	45.9 cm.
Diámetro 1 de la flauta	2.96 cm.
Diámetro 2 de la flauta	2.85 cm.
Diámetro agujero de insuflación	1.07 cm
Diámetro agujero de digitación 1	0.82 cm.
Diámetro agujero de digitación 2	0.82 cm.
Diámetro agujero de digitación 3	0.83 cm.
Diámetro agujero de digitación 4	0.82 cm.
Diámetro agujero de digitación 5	0.83 cm.
Diámetro agujero de digitación 6	0.85 cm.
Distancia del agujero de insuflación con respecto a la punta	5.52 cm.
Distancia entre agujero de insuflación y primer agujero de digitación	14.1 cm.
Distancia entre primer agujero de digitación con el segundo	2.42 cm.
Distancia entre el segundo agujero de digitación con el tercero	2.38 cm.
Distancia entre tercer agujero de digitación con el cuarto	2.22 cm.
Distancia entre cuarto agujero de digitación con el quinto	2.38 cm.
Distancia entre el quinto agujero de digitación con el sexto	2.18 cm.
Distancia entre último agujero de digitación y el extremo de la flauta	8.61 cm.
Distancia entre extremo inferior y tapón	45.1 cm.

Fuente: Autor.

Cuadro 3.2. Cuadro de medidas físicas de flauta travesa de carrizo No. 2.

<b>FLAUTA 2 (Segunda voz)</b>	<b>MEDIDAS</b>
Longitud de la flauta	45.9 cm.
Diámetro de la flauta	3.1 cm.
Diámetro 2 de la flauta	2.74 cm.
Diámetro agujero de insuflación	1.1 cm.
Diámetro agujero de digitación 1	0.83 cm.
Diámetro agujero de digitación 2	0.83 cm.
Diámetro agujero de digitación 3	0.8 cm.
Diámetro agujero de digitación 4	0.84 cm.
Diámetro agujero de digitación 5	0.83 cm.
Diámetro agujero de digitación 6	0.86 cm.
Distancia del agujero de insuflación con respecto a la punta	5.41 cm.
Distancia entre agujero de insuflación y primer agujero de digitación	14.13 cm.
Distancia entre primer agujero de digitación con el segundo	2.53 cm.
Distancia entre el segundo agujero de digitación con el tercero	2.34 cm.
Distancia entre tercer agujero de digitación con el cuarto	2.32 cm.
Distancia entre cuarto agujero de digitación con el quinto	2.25 cm.
Distancia entre el quinto agujero de digitación con el sexto	2.28 cm.
Distancia entre sexto agujero de digitación y el extremo de la flauta	8.6 cm.
Distancia entre extremo inferior y tapón	45.1 cm.

Fuente: Autor.

Como se puede apreciar en los resultados en los cuadros 3.1 y 3.2, las dos flautas no presentan proporciones exactas debido a que el carrizo con el que están elaboradas no crece con dimensiones precisas en la naturaleza y es así, tal como se le encuentra en estado maduro, con ciertas deformidades, como se extrae para comenzar el proceso de construcción de las flautas y que durante éste no recibe deformación alguna de su cuerpo en sí, solamente los agujeros que se le hacen.

La diferencia que existe entre las dos flautas se debe al proceso rústico al que son sometidas durante su elaboración, es decir que el modelo que utilizan para construirlas es el mismo para todas las flautas, sin embargo las diferencias se

deben a que los agujeros de digitación y el de insuflación no siguen un patrón definido y están hechos para obtener el sonido que el constructor desee, por lo tanto flautas iguales o casadas pueden tener distintos diámetros en sus agujeros lo que hace que las proporciones y distancias sean ligeramente diferentes.

### 3.3. MEDICIÓN DE ESPECTRO Y RANGO DE FRECUENCIAS

Para la medición del espectro y rango de frecuencias de la flauta de carrizo se realizó una grabación en el estudio de la Universidad de las Américas con el músico cotacacheño Diego Guzmán. La interpretación se basó en un tono a dos voces con la flauta macho y hembra tocadas distintamente con un *tempo* de referencia que ayudó a unir las una vez grabadas. Posteriormente se llevó a cabo la grabación de cada nota que produce la flauta hembra y macho para un posterior análisis.

Los equipos utilizados en la grabación fueron los indicados en la siguiente tabla:

Cuadro 3.3. Cuadro de equipos utilizados para la medición.

Micrófonos	Shure KSM 131
Computadora	Macintosh Mac Pro con OS X server
Interface	DIGI002 de Digidesign
Software	Pro Tools LE 7.1 de Digidesign

Fuente: Autor.



Gráfico 3.7. Micrófonos utilizados en el proceso de medición.

Fuente: [www.shure.com](http://www.shure.com) [29]

Gráfico 3.8. Interfase utilizada en el proceso de medición.

Fuente: [www.digidesign.com](http://www.digidesign.com) [31]

Gráfico 3.9. Computador utilizado en el proceso de medición.



Fuente: [www.apple.com](http://www.apple.com) [30]

Gráfico 3.10. Software utilizado en el proceso de medición.



Fuente: Autor.

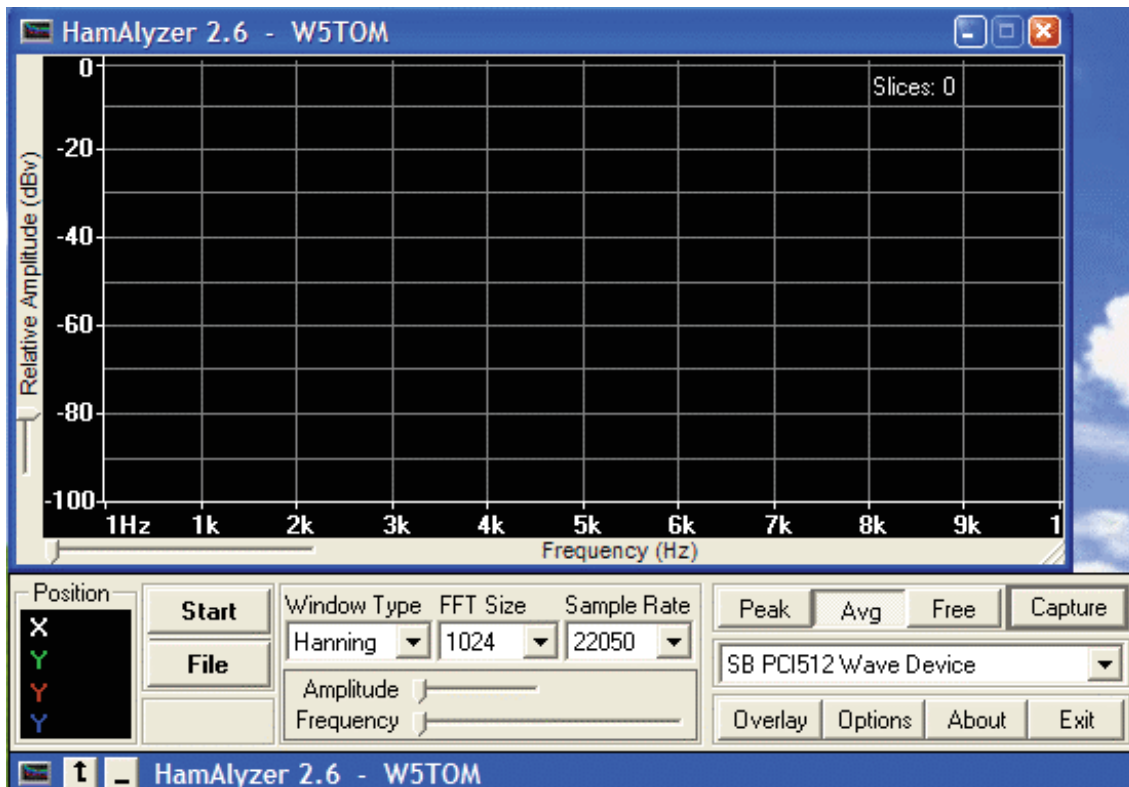
La grabación se llevó a cabo simulando condiciones de campo libre lo más cercanas posible al punto ideal, sin embargo es muy difícil de obtener estas características en el estudio de grabación donde se llevó a cabo el proyecto. De todas maneras la grabación fue limpiada dentro del software, eliminando en lo posible el ruido de fondo que no fue una molestia, pero podría alterar los resultados finales. Dado este paso se ha determinado que la grabación fue limpia, por lo que el margen de error puede ser despreciable.

Para la captura del sonido se utilizaron dos micrófonos iguales en distintas posiciones. En un principio se ubicaron los micrófonos en ángulo recto hacia la flauta, uno que captó el orificio de insuflación y el otro los orificios de digitación. Esta posición de los micrófonos causó problemas en el registro ya que el soplo del intérprete generó mucho ruido. Posteriormente se cambió la posición variando el ángulo a  $45^\circ$  de inclinación desde abajo, lo cual no mejoró el resultado. Por último se colocaron los micrófonos con el mismo ángulo de inclinación pero esta vez desde arriba, lo que eliminó por completo el ruido excesivo producido por el soplo. De todas maneras se tomó en cuenta que el sonido producido por el aire que entra a la flauta así como el aire que se desperdicia al no excitar el instrumento, forma igual parte de la naturalidad del mismo por lo que, al eliminarlo completamente se perdería gran parte de su carácter sonoro.

Posteriormente, las grabaciones realizadas fueron introducidas a un analizador de espectro, un *software* llamado HamAlyzer, versión de prueba 2.8. Este *software* permite analizar en tiempo real cualquier archivo de sonido que se introduzca, con una frecuencia de muestreo específica y se puede escoger el tamaño de la transformada rápida de Fourier que se desee utilizar.

Este *software* permite además grabar la imagen del resultado final del análisis realizado, que se muestra en un gráfico en el cual constan los ejes de frecuencia y amplitud del sonido. Además permite escoger la división del eje de frecuencias en logarítmica o lineal según la conveniencia.

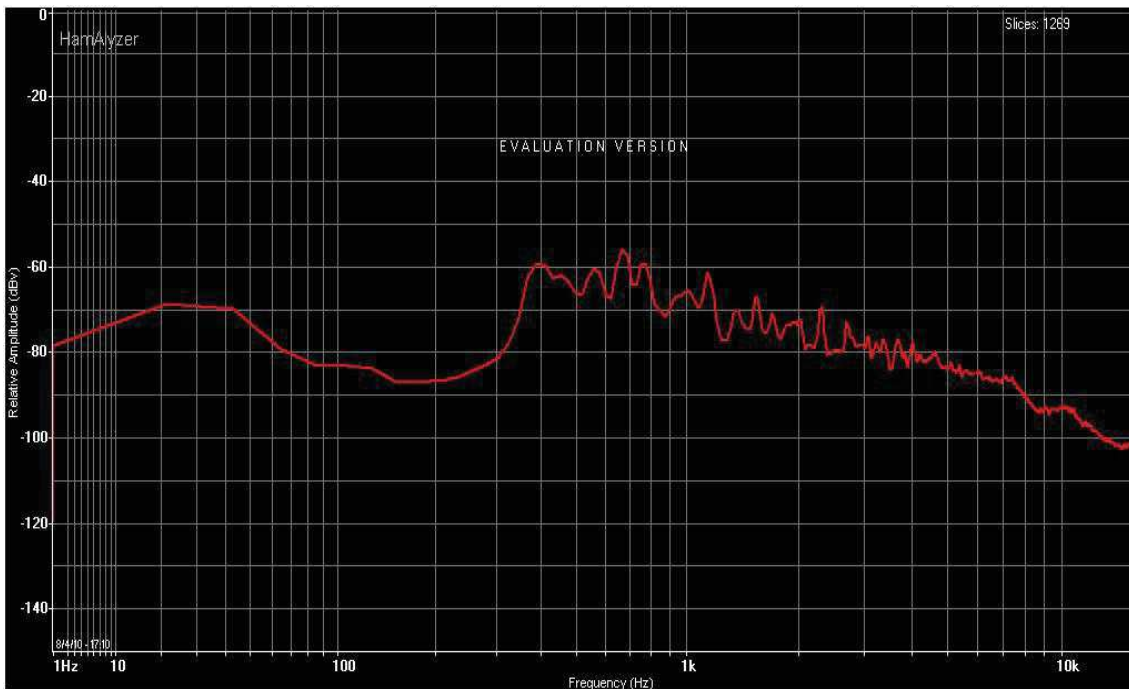
Gráfico 3.11. Imagen de presentación del software HamAlyzer 2.6.

Fuente: [www.hamalyzer.com](http://www.hamalyzer.com) [16]

Para este estudio en particular se escogió una frecuencia de sampleo de 44100 Hz y el tamaño de Transformada Rápida de Fourier de 2048. La imagen de los resultados se representa en un gráfico con el eje de frecuencias dividido en forma logarítmica para facilitar su interpretación.

El resultado obtenido del rango de frecuencias de la flauta fue el siguiente.

Gráfico 3.12. Resultado de espectro de frecuencia de la flauta medida.



Fuente: Autor, *software* HamAnalyzer.

El gráfico 3.12, representa el rango de frecuencias de la flauta al utilizar el tono grabado a dos voces con las flautas hembra y macho.

A continuación se muestran los resultados de cada nota que contiene la flauta. Se realizó la medición del espectro de frecuencias de cada flauta por separado, sin embargo la diferencia es igual despreciable por lo que se tomará en cuenta una sola flauta generalizando a la hembra y macho.

Al tapar todos los agujeros de digitación de la flauta como se muestra en el siguiente gráfico,

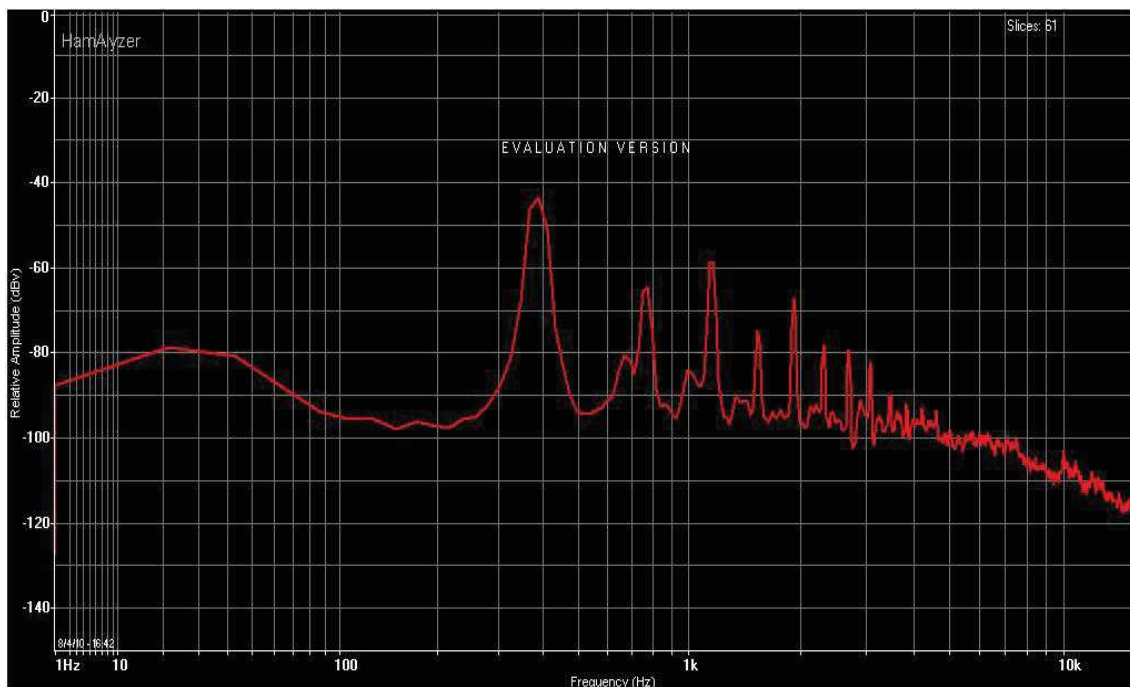
Gráfico 3.13. Flauta tapada todos los agujeros de digitación.



Fuente: Autor.

se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.14. Resultado de espectro de frecuencia del primer sonido de la flauta.



Fuente: Autor, *software* HamAnalyzer.

En el gráfico 3.14, se puede apreciar que la frecuencia fundamental se encuentra en 387 Hz. El segundo armónico, correspondiente a los 750 Hz aproximadamente (prácticamente el doble de la fundamental) posee una intensidad menor al tercer armónico que está en los 1100 Hz aproximadamente, y de igual forma el cuarto armónico ubicado en los 1600 Hz aproximadamente, tiene una intensidad menor al quinto armónico. Se puede decir tienen mayor presencia los armónicos impares.

Al tapar solo cinco huecos de digitación dejando uno libre como se muestra en el siguiente gráfico,

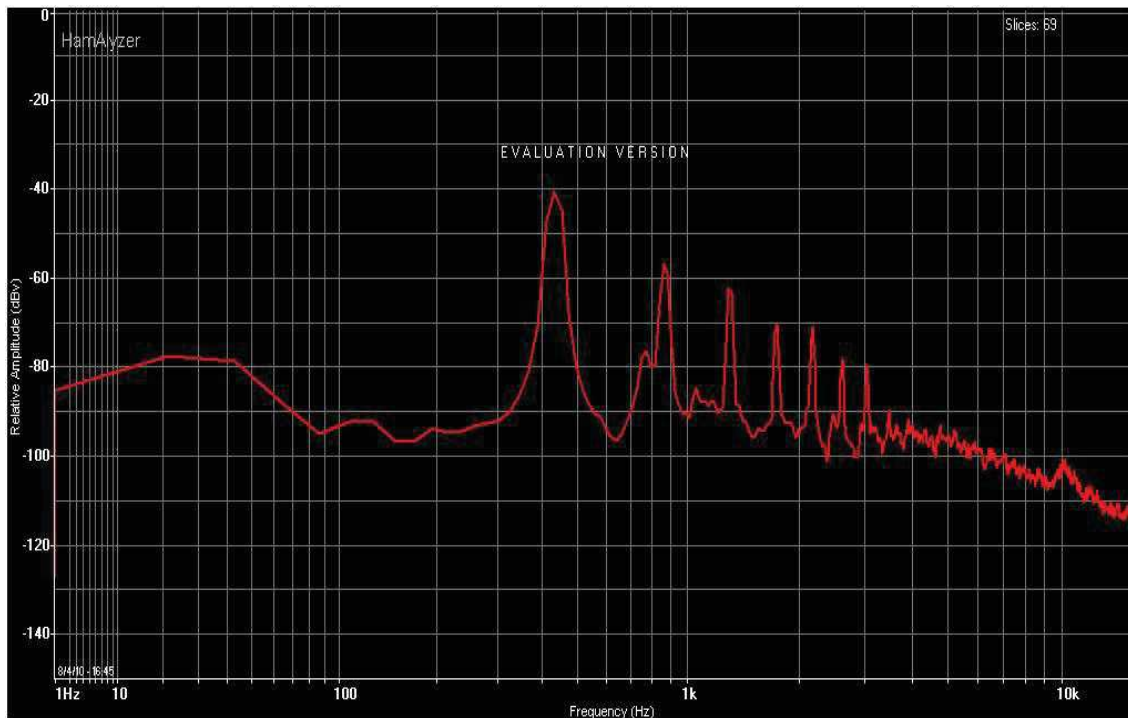
Gráfico 3.15. Flauta tapada cinco agujeros de digitación.



Fuente: Autor

se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.16. Resultado del espectro de frecuencia del segundo sonido de la flauta.



Fuente: Autor.

En el gráfico 3.16, se puede apreciar que la frecuencia fundamental se encuentra en los 430 Hz. Los armónicos siguen un orden descendente ya que el segundo armónico, que está en los 870 Hz aproximadamente (prácticamente el doble de la fundamental), tiene mayor intensidad que el tercero que está en 1400 Hz aproximadamente, mientras que éste tiene mayor intensidad que el cuarto y así sucesivamente.

Al tapar solo cuatro agujeros de digitación dejando dos libres como se muestra en el siguiente gráfico,

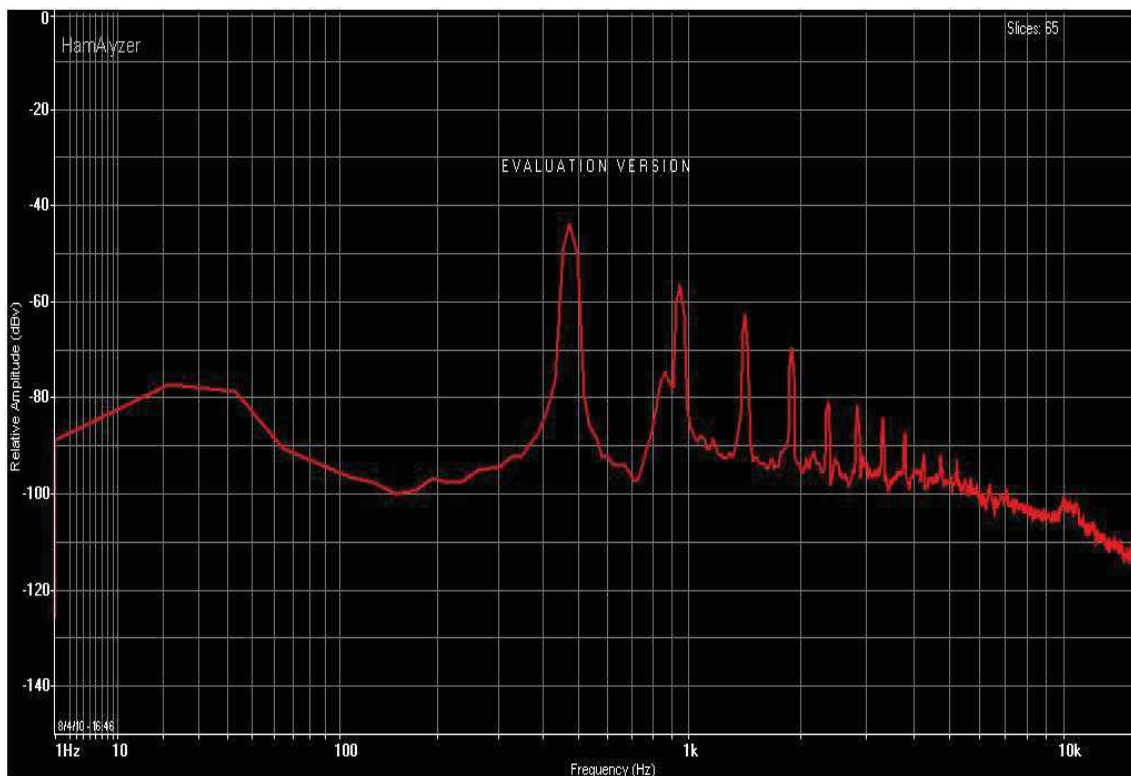
Gráfico 3.17. Flauta tapada cuatro agujeros de digitación.



Fuente: Autor.

se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.18. Resultado del espectro de frecuencia del tercer sonido de la flauta.



Fuente: Autor, *software* HamAnalyzer.

En el gráfico 3.18, se puede apreciar que la frecuencia fundamental está en 473 Hz y el segundo armónico en 920 Hz aproximadamente (prácticamente el doble de la fundamental), mientras que el tercer armónico está en 1500 Hz aproximadamente. El orden de los armónicos es descendente, igual al resultado anterior.



Al tapar solo tres agujeros de digitación dejando tres libres como se muestra en el siguiente gráfico,

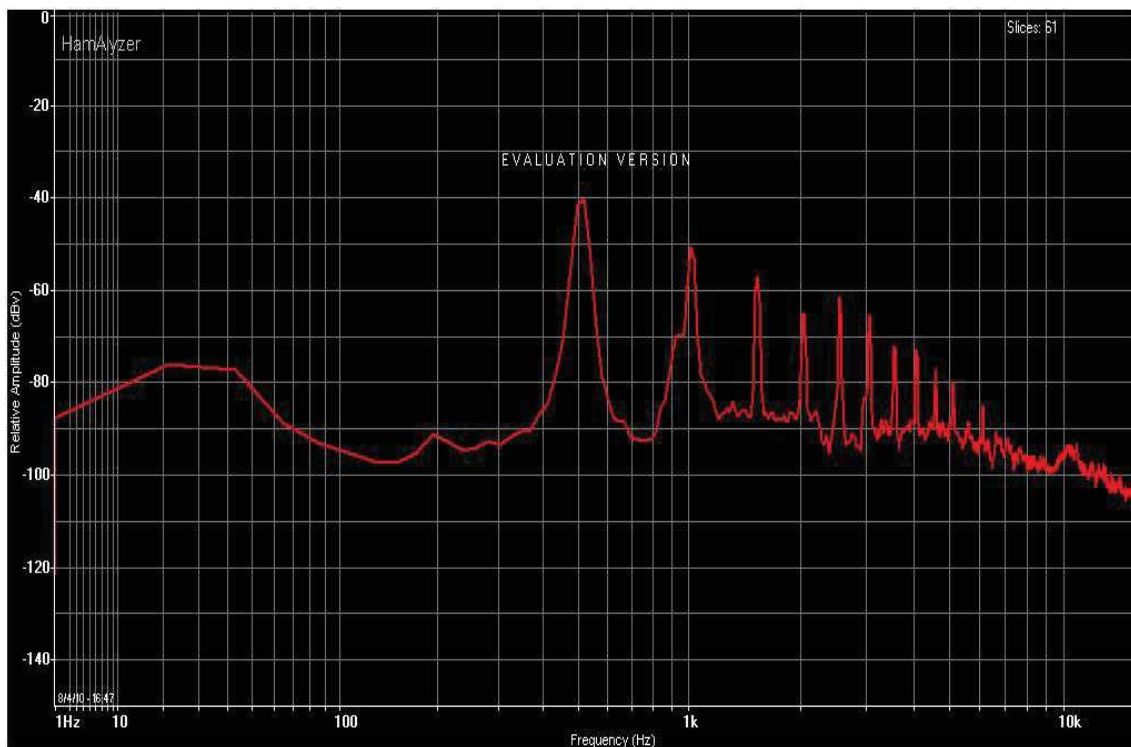
Gráfico 3.19. Flauta tapada tres agujeros de digitación.



Fuente: Autor.

se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.20. Resultado de espectro de frecuencia de cuarto sonido de la flauta.



Fuente: Autor, *software* HamAnalyzer.

En el gráfico 3.20, se puede apreciar que la frecuencia fundamental está en los 516 Hz y el segundo armónico en los 1012 Hz (prácticamente el doble de la fundamental). Los armónicos siguen un orden descendente pero varía en el cuarto armónico que está en 2000 Hz aproximadamente, el cual tiene menor intensidad que el quinto que está en 2500 Hz aproximadamente.

Al tapar solo dos agujeros de digitación dejando cuatro libres como se muestra en el siguiente gráfico,

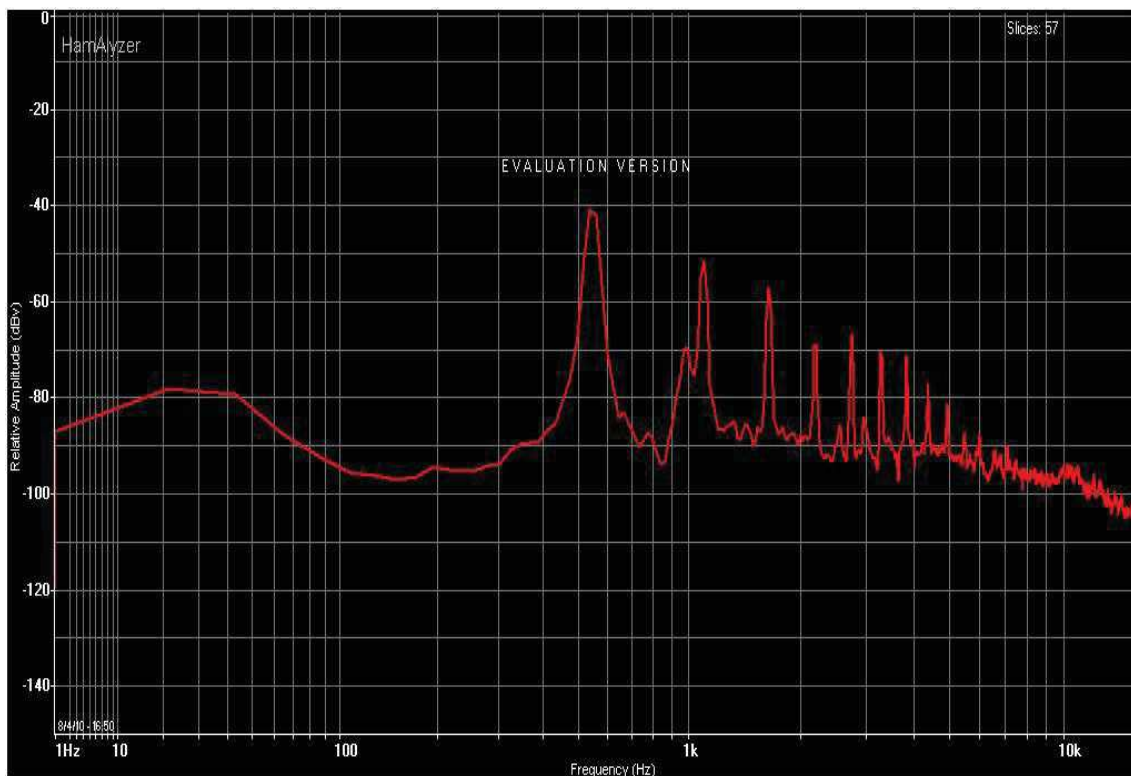
Gráfico 3.21. Flauta tapada dos agujeros de digitación.



Fuente: Autor.

se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.22. Resultado de espectro de frecuencias de quinto sonido de la flauta.



Fuente: Autor, *software* HamAlyzer.

Como se presentó en el resultado anterior, en el gráfico 3.22, la frecuencia del segundo armónico está en 1098 Hz que es aproximadamente el doble de la fundamental que está en 538 Hz. El comportamiento de los armónicos sigue un orden descendente hasta el cuarto armónico que está en 2100 Hz aproximadamente, que tiene menor intensidad que el quinto que está en 2800 Hz aproximadamente.

Al tapar con los dedos índice y anular el primer y el tercer agujero de digitación dejando los cuatro restantes libres como se muestra en el siguiente gráfico,

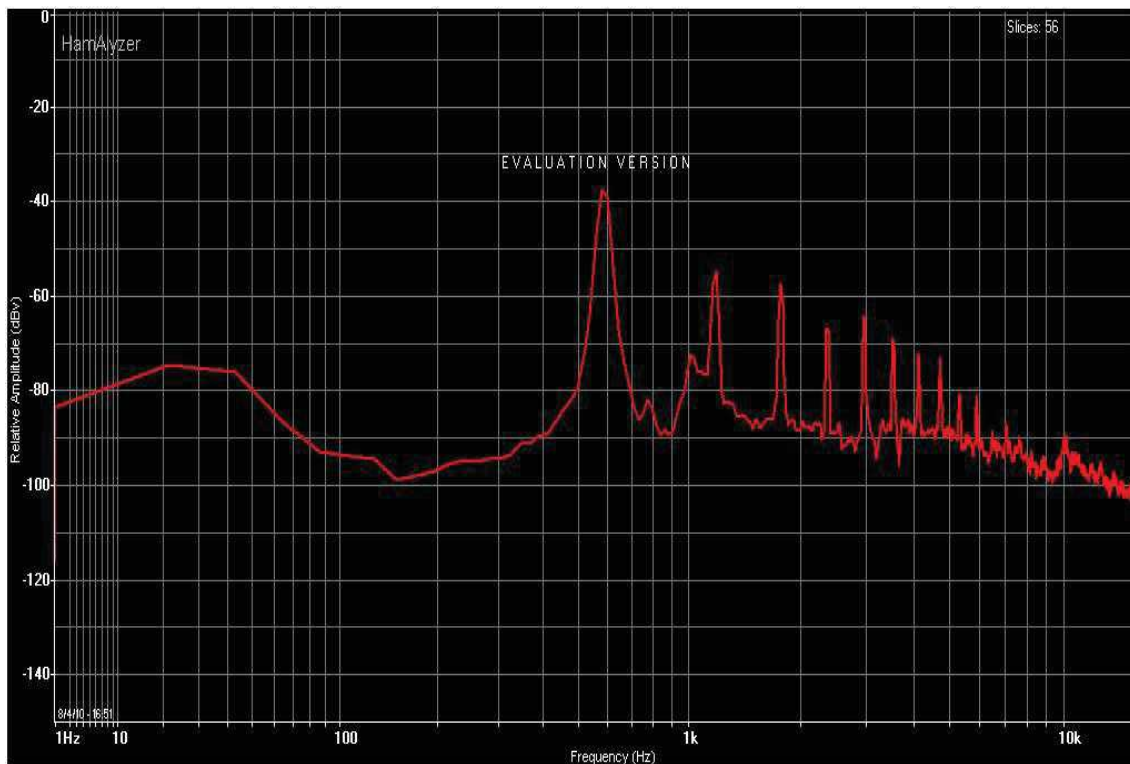
Gráfico 3.23. Flauta tapada agujeros de digitación 1 y 3.



Fuente: Autor.

se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.24. Resultado de espectro de frecuencias de sexto sonido de la flauta.



Fuente: Autor, *software* HamAnalyzer.

En el gráfico 3.24 la frecuencia fundamental está en 581 Hz mientras que el segundo armónico se encuentra en 1184 Hz, de igual forma se puede aproximar al doble de la frecuencia fundamental. Se puede notar que los armónicos siguen un orden descendente hasta el cuarto armónico que está en 2300 Hz aproximadamente, que tiene una intensidad menor que el quinto armónico que está en los 3000 Hz aproximadamente.

Al tapar un agujero de digitación dejando cinco libres como se muestra en el siguiente gráfico,

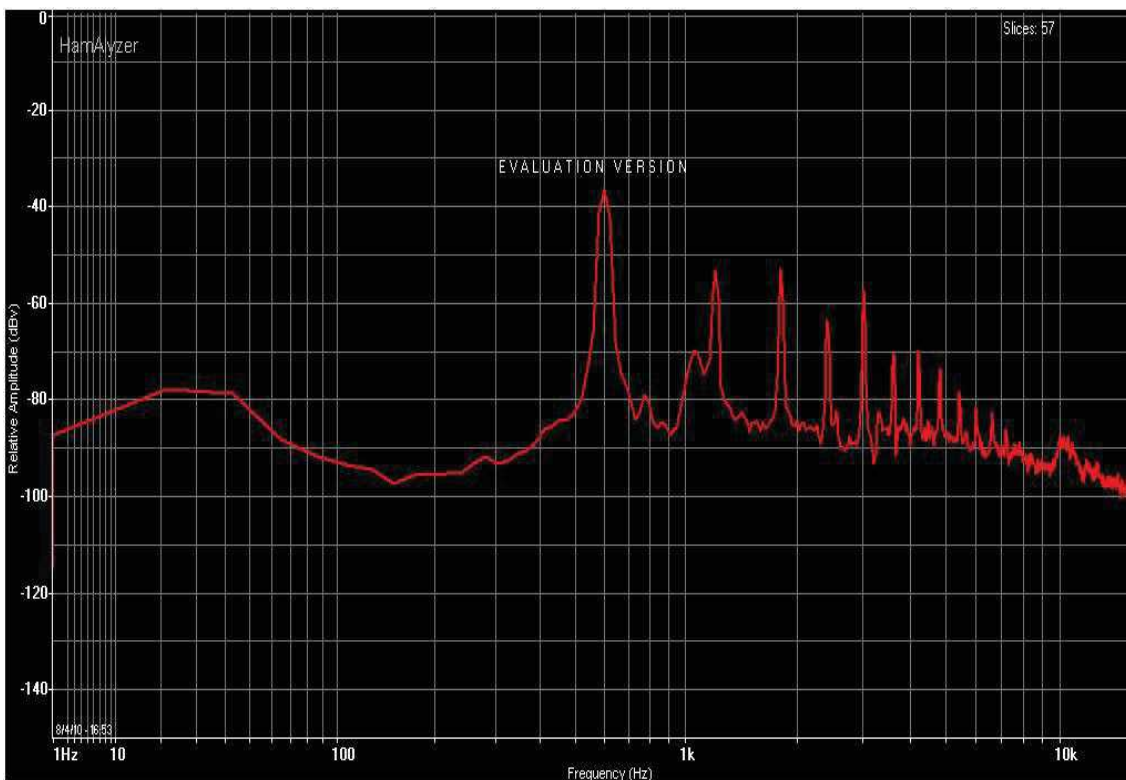
Gráfico 3.25. Flauta tapada un agujero de digitación.



Fuente: Autor.

se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.26. Resultado de espectro de frecuencias de séptimo sonido de la flauta.



Fuente: Autor, *software* HamAnalyzer.

En el gráfico 3.26 se puede apreciar que la frecuencia fundamental se encuentra en 602 Hz mientras que el segundo armónico está en 1205 Hz que se aproxima al doble de la fundamental. Los armónicos impares tienen mayor intensidad que el armónico par que le antecede.

Al dejar todos los agujeros de digitación libres como se muestra en el siguiente gráfico,

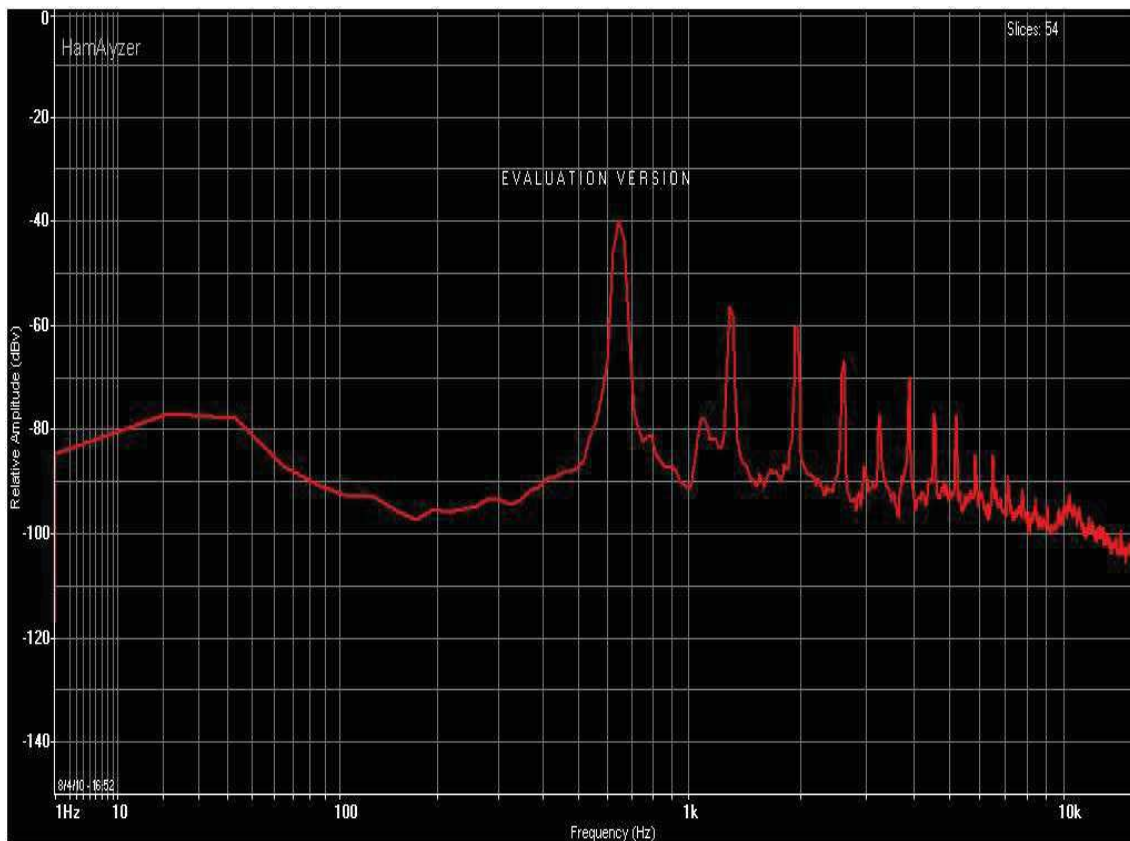
Gráfico 3.27. Flauta destapada todos los agujeros.



Fuente: Autor.

se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.28. Resultado de espectro de frecuencias de octavo sonido de la flauta.



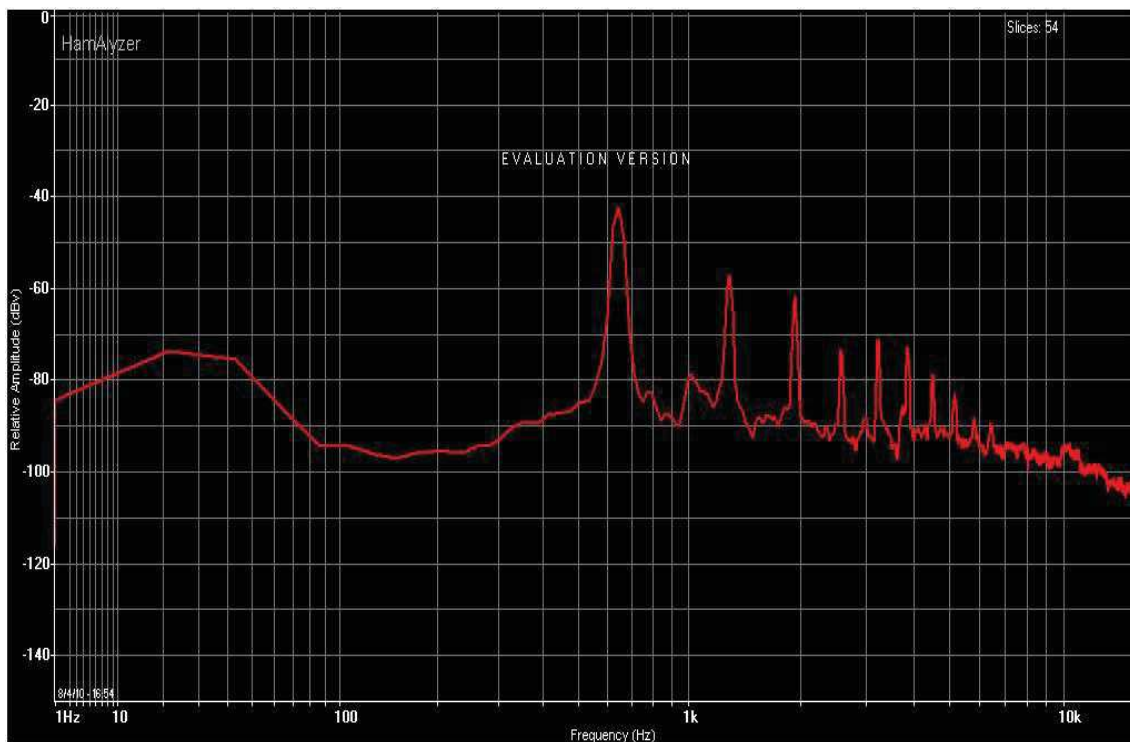
Fuente: Autor, *software* HamAnalyzer.

En el gráfico 3.28 la frecuencia fundamental se encuentra en los 645 Hz y el segundo armónico en los 1291 Hz que es prácticamente el doble de la fundamental. Los armónicos siguen un orden descendente hasta llegar al armónico cinco que está en 3100 Hz aproximadamente, que tiene una intensidad menor al sexto armónico que está en los 4000 Hz aproximadamente.

Estos fueron los resultados de todas las notas que produce la flauta con un soplado normal. Al soplar con más fuerza se obtienen notas más agudas (los armónicos inmediatos pasan a fungir de fundamentales), que también son utilizadas en las interpretaciones indígenas por lo que también fueron tomadas en cuenta.

Con todos los agujeros de digitación tapados se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.29. Resultado de espectro de frecuencias de noveno sonido de la flauta.

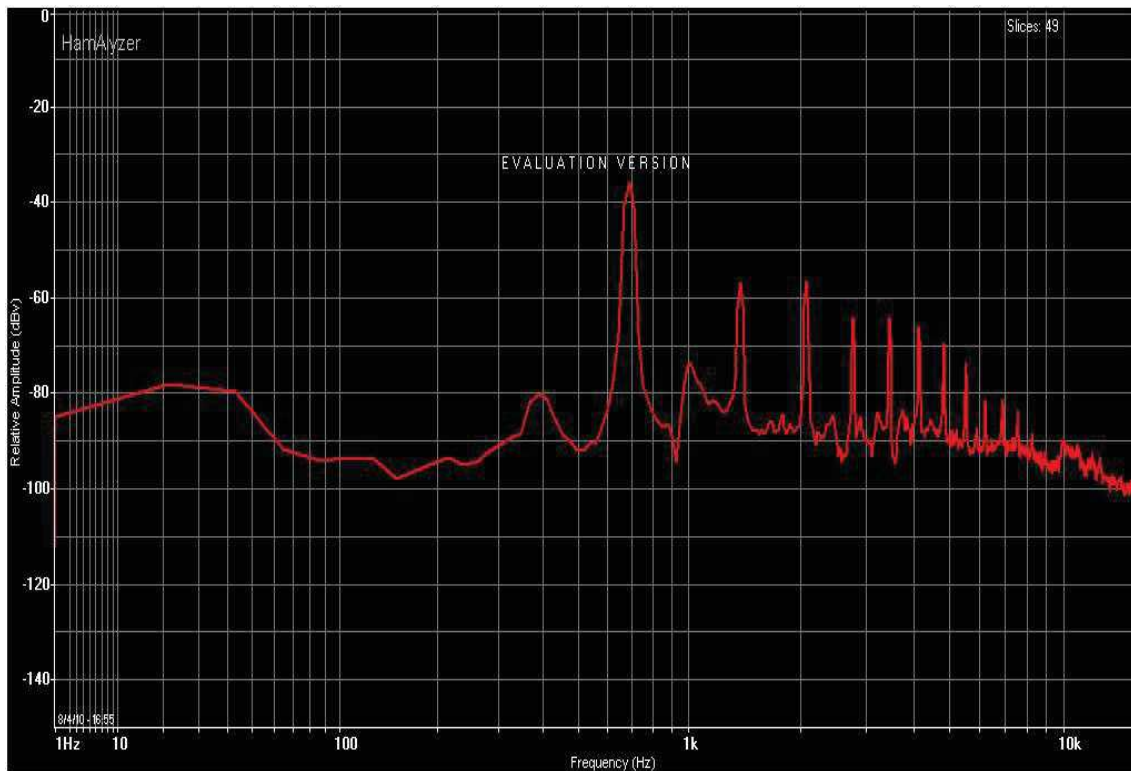


Fuente: Autor, *software* HamAlyzer.

En el gráfico 3.29, se pudo apreciar que la frecuencia fundamental está en 645 Hz reproduciendo el resultado anterior de manera exacta, al igual que el comportamiento de sus armónicos en cuanto a frecuencia con excepción del cuarto y quinto armónico. La intensidad de la frecuencia fundamental y de los armónicos disminuye en comparación con el resultado anterior.

Al tapar cinco agujeros de digitación dejando uno libre se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.30. Resultado de espectro de frecuencia de décimo sonido de la flauta.

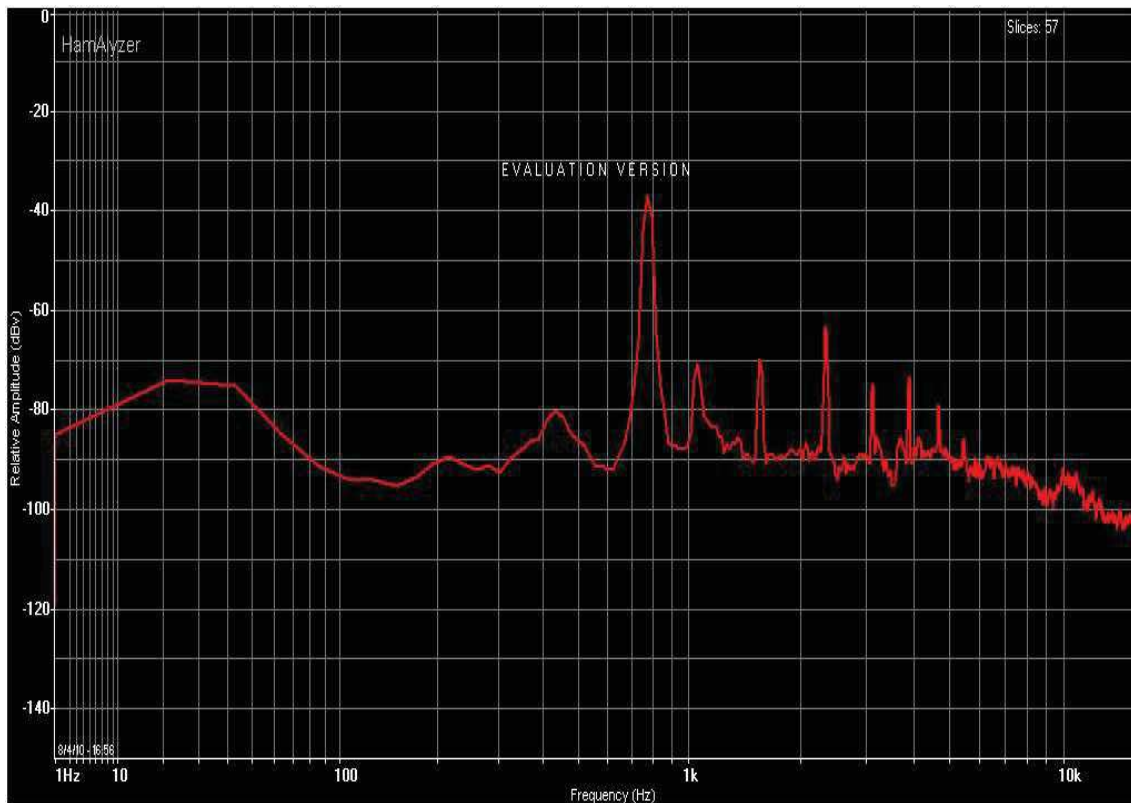


Fuente: Autor, *software* HamAlyzer.

En el gráfico 3.30 la frecuencia fundamental se encuentra en 689 Hz, mientras que el segundo armónico se encuentra en los 1378 Hz, aproximadamente el doble de la fundamental. El segundo y tercer armónico, presentan casi la misma intensidad, al igual que el cuarto y el quinto armónico. Sin embargo se puede apreciar que los armónicos impares tienen una intensidad mayor.

Al tapar cuatro agujeros de digitación dejando dos libres, se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.31. Resultado de espectro de frecuencias de undécimo sonido de la flauta.



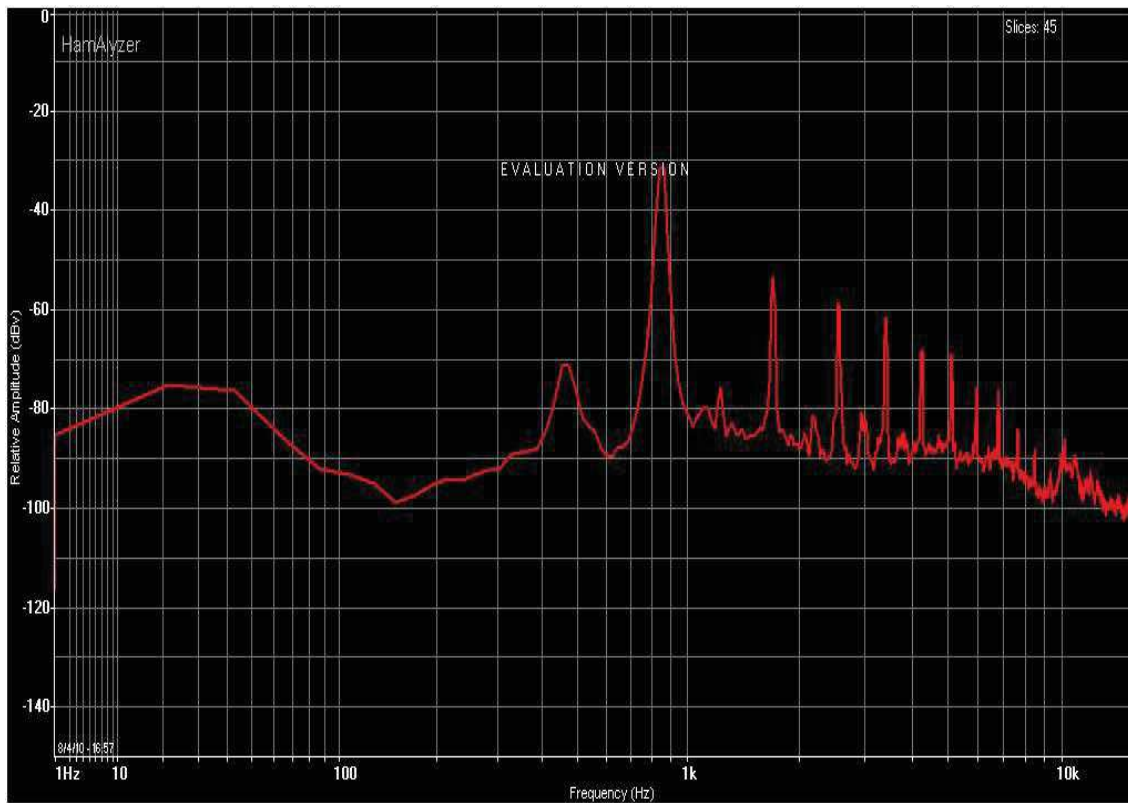
Fuente: Autor, *software* HamAlyzer.

En el gráfico 3.31 la frecuencia fundamental se encuentra en 775 Hz, mientras que el segundo armónico está en 1550, el doble de la frecuencia fundamental. Los armónicos impares tienen mayor intensidad que el armónico par que le antecede.



Al tapar tres agujeros de digitación dejando tres libres, se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.32. Resultado de espectro de frecuencias de duodécimo sonido.

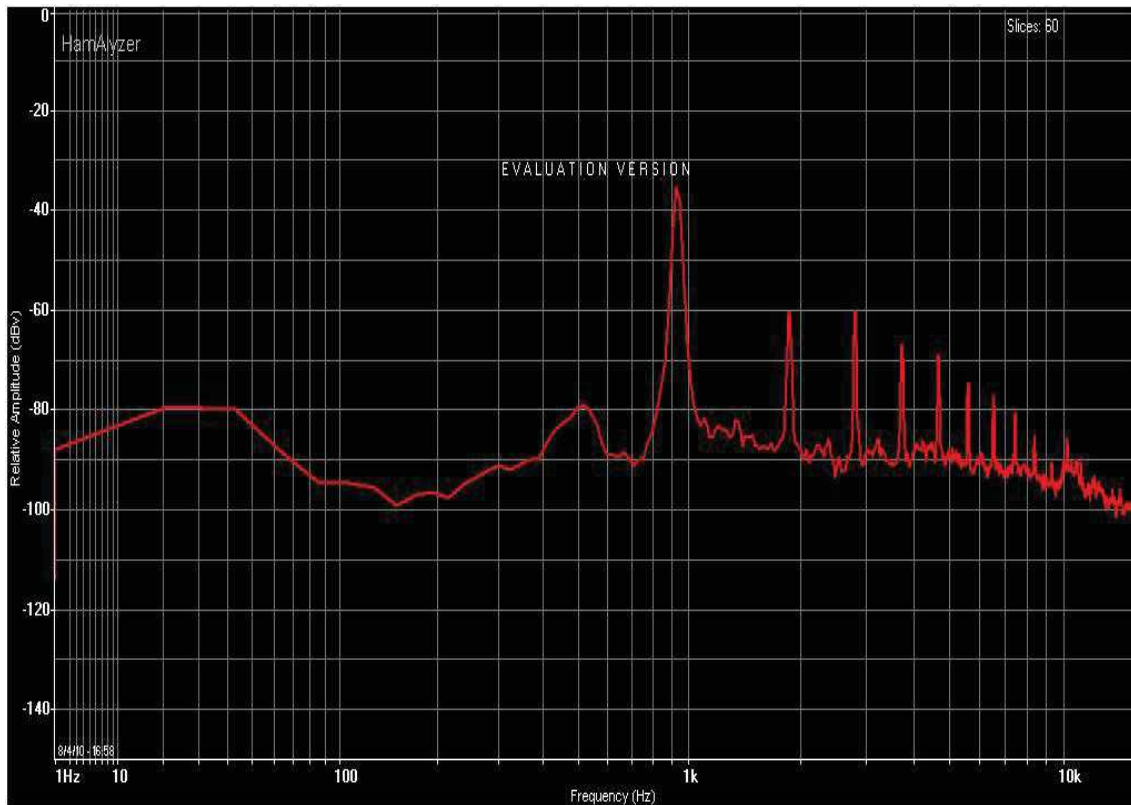


Fuente: Autor, *software* HamAlyzer.

En el gráfico 3.32 la frecuencia fundamental se encuentra en 861 Hz y el segundo armónico está en 1701 Hz que se puede aproximar al doble de la fundamental. Los armónicos siguen un orden descendente.

Al tapar dos agujeros de digitación dejando cuatro libres, se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.33. Resultado de espectro de frecuencias de decimotercer sonido de la flauta.

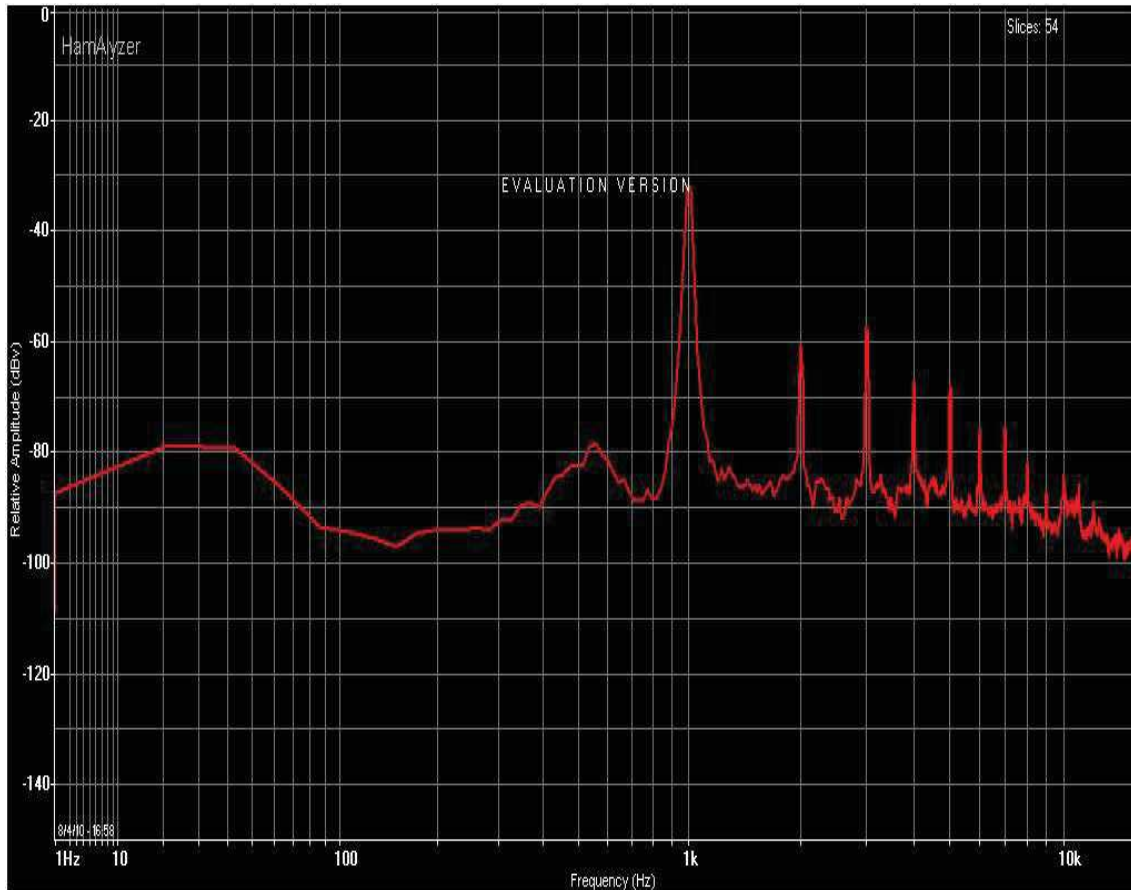


Fuente: Autor, *software* HamAlyzer.

En el gráfico 3.33 la frecuencia fundamental se encuentra en 925 Hz mientras que el segundo armónico está en 1873 Hz que se puede aproximar al doble de la fundamental. Los armónicos siguen un orden descendente a excepción del segundo armónico y el tercer armónico, que tienen la misma intensidad.

Al tapar con el dedo índice y anular los agujeros de digitación primero y tercero dejando cuatro libres, se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.34. Resultado de espectro de frecuencias de decimocuarto sonido de la flauta.

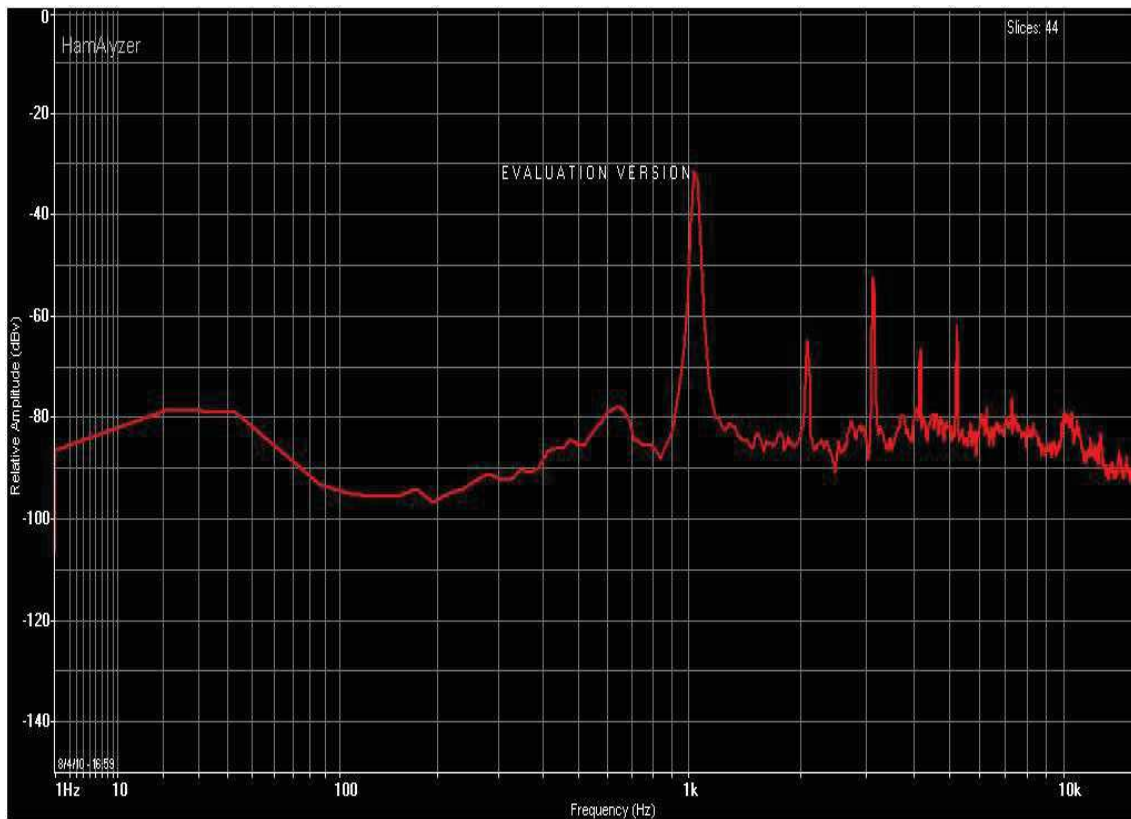


Fuente: Autor, *software* HamAlyzer.

En el gráfico 3.34 la frecuencia fundamental se encuentra en 990 Hz y el segundo armónico en 2002 Hz que se puede aproximar al doble de la fundamental. El segundo armónico tiene menor intensidad que el tercer armónico. Igualmente sucede con el sexto armónico y el séptimo armónico.

Al tapar un agujero de digitación dejando cinco libres, se obtuvo el siguiente resultado.

Gráfico 3.35. Resultado de espectro de frecuencias de decimoquinto sonido de la flauta.



Fuente: Autor, *software* HamAlyzer.

En el gráfico 3.35 la frecuencia fundamental se encuentra en 1033 Hz mientras que el segundo armónico se encuentra en 2088 Hz, aproximadamente el doble de la fundamental. Los armónicos impares tienen mayor nivel que el armónico par que le antecede.

Con los resultados de las grabaciones realizadas sometidas a un análisis de espectro de frecuencias se puede tener una primera impresión del comportamiento acústico de la flauta.

### 3.4. MEDICIÓN DEL CARÁCTER TÍMBRICO DE LA FLAUTA

Para realizar este proceso se debe determinar la frecuencia fundamental de la flauta y sus armónicos. Este procedimiento se puede realizar por medio de las mediciones del espectro de frecuencias, en donde aparece una frecuencia con un pico de mayor intensidad a la que se le denomina fundamental y varios picos en intensidad de otras frecuencias en menor nivel, que le continúan a esta primera frecuencia, los que se denominan armónicos.

Los armónicos que le siguen a la frecuencia fundamental llevan un orden específico para cualquier tipo de sonido al ser múltiplos enteros positivos de esta frecuencia. Pueden darse ciertas variaciones en la presencia de los armónicos como que el primer armónico tenga mayor intensidad que la nota fundamental, o que los armónicos impares tengan mayor presencia que los pares. En todo caso cualquier variación que se presente determinará las características tímbricas del sonido.

El orden sucesivo que llevan los armónicos es el siguiente:

- El primer armónico es la nota fundamental.
- El segundo armónico tiene un valor del doble de la fundamental.
- El tercer armónico tiene un valor del triple de la fundamental.
- El cuarto armónico tiene un valor del doble del segundo armónico.
- El quinto armónico está una tercera mayor por encima del cuarto armónico

Y la sucesión continúa en una serie infinita de armónicos.

Según la medición representada en la fig. 3.14 de la nota emitida por la flauta al tapar todos los agujeros de digitación, se ha determinado que la frecuencia fundamental se encuentra en 387 Hz, su primer armónico en 775 Hz, su tercer armónico en 1162 Hz y su cuarto armónico en 1550 Hz. Como ejemplo del carácter tímbrico de la flauta se han tomado en cuenta los cuatro primeros armónicos que se han mostrado en la representación espectral de la primera nota musical que emite la flauta. A continuación se mostrará en tablas cada una de las mediciones realizadas de frecuencias fundamentales y los seis primeros armónicos, que son los de mayor intensidad, de todos los sonidos que produce la flauta medida.

Cuadro 3.4. Tabla de Frecuencias y notas musicales de la flauta.

Nota de la Flauta	Frecuencia Fundamental	Armónico 2	Armónico 3	Armónico 4	Armónico 5	Armónico 6
Tapando 6 agujeros	387	775	1162	1550	2304	2691
Tapando 5 agujeros	430	861	1291	1744	2174	2605
Tapando 4 agujeros	473	947	1421	1894	2368	2842
Tapando 3 agujeros	516	1012	1528	2024	2540	3057
Tapando 2 agujeros	538	1098	1636	2196	2734	3273
Tapando 2 agujeros (Índice y anular)	581	1184	1765	2368	2950	3531
Tapando 1 agujeros	602	1205	1808	2411	3014	
Tapando 0 agujeros	645	1291	1959	2605	3251	
Armónico tapando 6 agujeros	645	1291	1959	2562	3229	
Armónico tapando 5 agujeros	689	1378	2067	2756	3445	
Armónico tapando 4 agujeros	775	1550	2325	3122		
Armónico tapando 3 agujeros	861	1701	2540	3402		
Armónico tapando 2 agujeros	925	1873	2799	3725		
Armónico tapando 2 agujeros (Índice y anular)	990	2002	2993	4005		
Armónico tapando 1 agujeros	1033	2088	3122	5211		

Fuente: Autor.

En la tabla mostrada en el cuadro 3.4 se muestra la frecuencia fundamental de cada nota ejecutada con la flauta travesa y los armónicos que están presentes dentro de cada gráfica representada desde la figura 3.14 hasta la 3.35 del espectro de frecuencias.

En los casos finales no se encuentran los últimos armónicos debido a que se presentaron en menor intensidad por lo que se determinaron despreciables para un posterior análisis.

Cada uno de los resultados de los armónicos obtenidos individualmente para cada nota musical emitida por la flauta, se pueden aproximar al orden sucesivo de armónicos antes mencionado, en el cual se determina que el segundo armónico tiene una frecuencia del doble de la fundamental y el tercer armónico tiene una frecuencia del triple de la fundamental y etc. Las variaciones existentes se deben a la forma del tubo de la flauta que es muy irregular, lo que provoca un comportamiento de las ondas que se producen, muy distinto al convencional, presente en instrumentos de tubo abierto de origen occidental. Esta afirmación carece de una comprobación científica, la cual debe ser analizada mediante minuciosos experimentos.

### 3.5. MEDICIÓN DE ENVOLVENTES DE LA FLAUTA

La determinación de los envolventes de la flauta, en este caso constarán de tres parámetros solamente, debido a que no se distingue el parámetro de decaimiento en la forma de onda que se ha medido. Por lo tanto se presentarán los datos obtenidos de ataque, sostenimiento y relajación en cada una de las formas de onda obtenidas para los distintos sonidos que produce la flauta.

Los datos se presentan en la siguiente tabla donde se especifica la nota de la flauta a la que representan y el valor de tiempo en segundos de cada uno de los parámetros.

Cuadro 3.5. Tabla de envolventes de los sonidos de la flauta.

<b>Nota</b>	<b>Ataque</b>	<b>Sostenimiento</b>	<b>Relajación</b>
Tapado 6 agujeros	0,11	2,39	0,18
Tapado 5 agujeros	0,08	2,52	0,21
Tapado 4 agujeros	0,07	2,23	0,08
Tapado 3 agujeros	0,041	2,369	0,16
Tapado 2 agujeros	0,025	2,08	0,14
Tapado 2 agujeros con índice y anular	0,0215	2,0985	0,15
Tapado 1 agujeros	0,026	2,174	0,1
Tapado 0 agujeros	0,026	1,854	0,14
Armónico tapado 6 agujeros	0,036	1,774	0,06
Armónico tapado 5 agujeros	0,034	1,766	0,135
Armónico tapado 4 agujeros	0,045	1,955	0,1
Armónico tapado 3 agujeros	0,027	1,653	0,09
Armónico tapado 2 agujeros	0,046	1,974	0,12
Armónico tapado índice y anular	0,037	1,908	0,09
Armónico tapado 1 agujeros	0,061	1,609	0,13

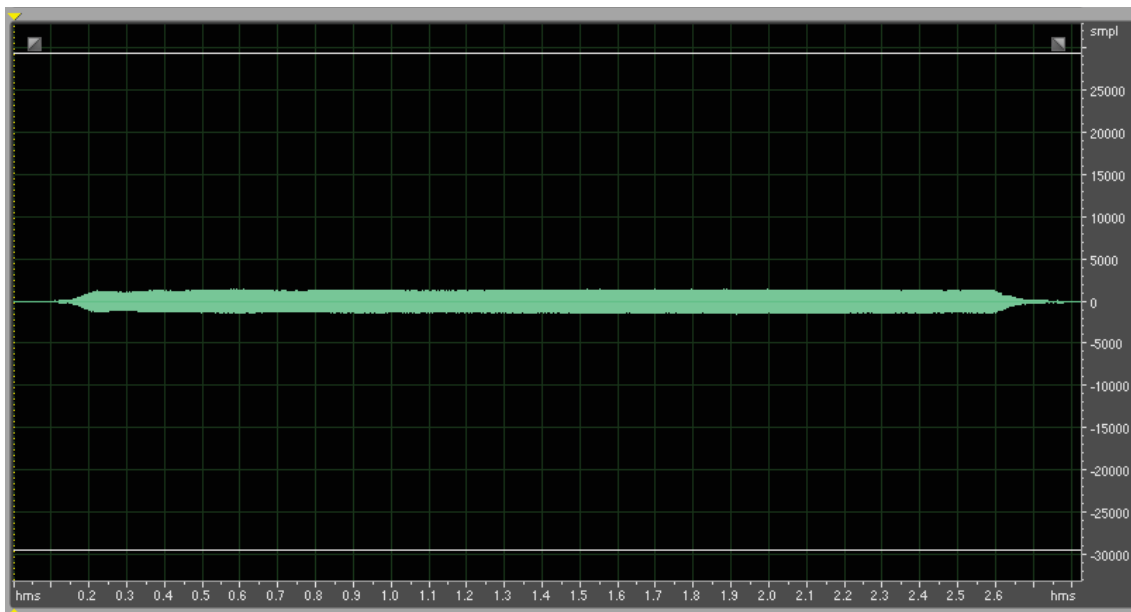
Fuente: Autor.

Estos resultados, presentados en el cuadro 3.5, fueron obtenidos a través de la medición de la onda obtenida para cada nota musical de la flauta, en un eje de tiempo. Se va a trabajar con aproximaciones de cada uno de los parámetros ya que este mecanismo de medición posee un margen de error que puede ser considerable en algunos casos.

A continuación se presenta un gráfico en donde se representa la onda de una nota de la flauta, expuesta sobre un eje de tiempo, con el que se determinó cada uno de los parámetros de la envolvente.



Gráfico 3.36. Onda sonora representada en un eje de tiempo.



Fuente: Autor, *software* Adobe Audition 3.0.

El procedimiento usado fue seleccionar los tiempos en el eje en donde termina el ataque, empieza el sostenimiento, y comienza el relajamiento, y posteriormente determinar el tiempo que dura cada parámetro. La simplicidad del método usado podría traer resultados inexactos, ya que todo fue medido al ojo. Sin embargo las variaciones que se pueden presentar estarían en un rango de microsegundos que son despreciables para el oído humano y no interfieren con el objetivo de este parámetro.

El procedimiento fue el mismo para cada una de las notas musicales grabadas previamente.

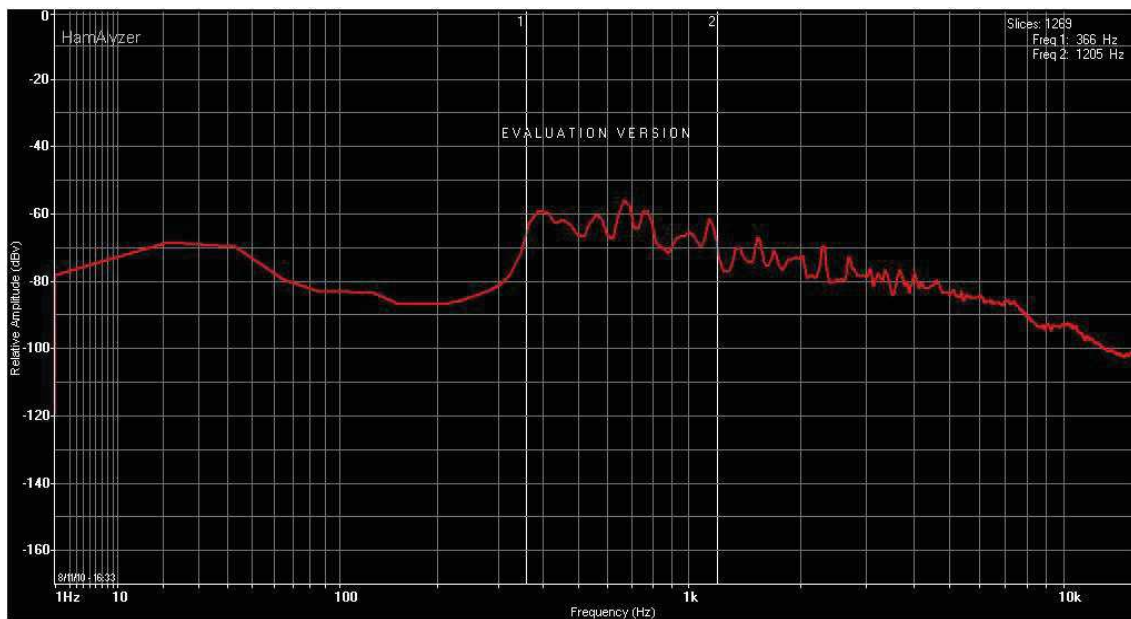
## 4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS

### 4.1. ANÁLISIS DEL RANGO DE FRECUENCIAS DE LA FLAUTA

Por medio de los resultados obtenidos en la medición del rango de frecuencias de la flauta, es posible realizar un análisis de éstos para determinar la característica acústica de las flautas que se utilizaron. En la figura 3.2.2 se muestra el espectro de frecuencias obtenido al introducir un tema grabado a dos voces con las flautas que se están analizando.

El resultado de este análisis se presenta en el siguiente gráfico:

Gráfico 4.1. Resultado de espectro de frecuencias de la flauta con las frecuencias de corte.



Fuente: Autor, *software* HamAnalyzer.

Dentro del gráfico 4.1, se marcaron las frecuencias de corte, en donde cae la amplitud de la onda hasta tres decibeles. Entre estas dos frecuencias se encuentra el rango correspondiente a las flautas, que está contenido desde la frecuencia de 366 Hz, hasta la frecuencia de 1205 Hz.

Este rango dentro de la escala musical, está contenido desde la nota Do central de la cuarta octava hasta Re de la sexta octava. Esta extensión es de dos octavas y una segunda mayor.

#### 4.2. ANÁLISIS DEL CARÁCTER TÍMBRICO DE LA FLAUTA

La presencia de ciertos armónicos determinará las características tímbricas de las flautas, o como se dice comúnmente “el color del sonido”. Cada uno de los armónicos cumple una función específica y da ciertas características al sonido en todos los casos.

Como se puede observar en la tabla representada en el cuadro 3.4, cada una de las notas está acompañada de los primeros cinco armónicos exceptuando el caso de las notas más altas en donde éstos son despreciables.

Se puede observar en los gráficos 3.14 hasta 3.35 la intensidad con que se presentan los armónicos para dar prioridad más a unos que otros y de esta manera determinar el carácter tímbrico de la flauta. En la siguiente tabla se pondrá cada uno de los armónicos con su amplitud relativa representada en dBV.

Cuadro 4.1. Tabla de amplitudes de las notas musicales de la flauta.

<b>Nota de la Flauta</b>	<b>Armónico 1</b>	<b>Armónico 2</b>	<b>Armónico 3</b>	<b>Armónico 4</b>	<b>Armónico 5</b>	<b>Armónico 6</b>
<b>Tapando 6 agujeros</b>	-42	-65	-59	-74	-68	-79
<b>Tapando 5 agujeros</b>	-40	-58	-63	-70	-71	-79
<b>Tapando 4 agujeros</b>	-43	-58	-62	-71	-80	-81
<b>Tapando 3 agujeros</b>	-40	-56	-59	-65	-61	-65
<b>Tapando 2 agujeros</b>	-40	-56	-58	-69	-67	-80
<b>Tapando 2 agujeros (Índice y anular)</b>	-38	-56	-58	-68	-64	-69
<b>Tapando 1 agujeros</b>	-39	-53	-52	-63	-58	-70
<b>Tapando 0 agujeros</b>	-40	-57	-60	-68	-78	-70
<b>Armónico tapando 6 agujeros</b>	-42	-59	-61	-72	-70	-71
<b>Armónico tapando 5 agujeros</b>	-38	-59	-58	-64	-63	-66
<b>Armónico tapando 4 agujeros</b>	-39	-70	-63	-74	-72	-79
<b>Armónico tapando 3 agujeros</b>	-31	-52	-59	-61	-68	-69
<b>Armónico tapando 2 agujeros</b>	-37	-61	-60	-68	-69	-74
<b>Armónico tapando 2 agujeros (Índice y anular)</b>	-32	-61	-58	-67	-69	-74
<b>Armónico tapando 1 agujeros</b>	-31	-63	-52	-66	-61	

Fuente: Autor.

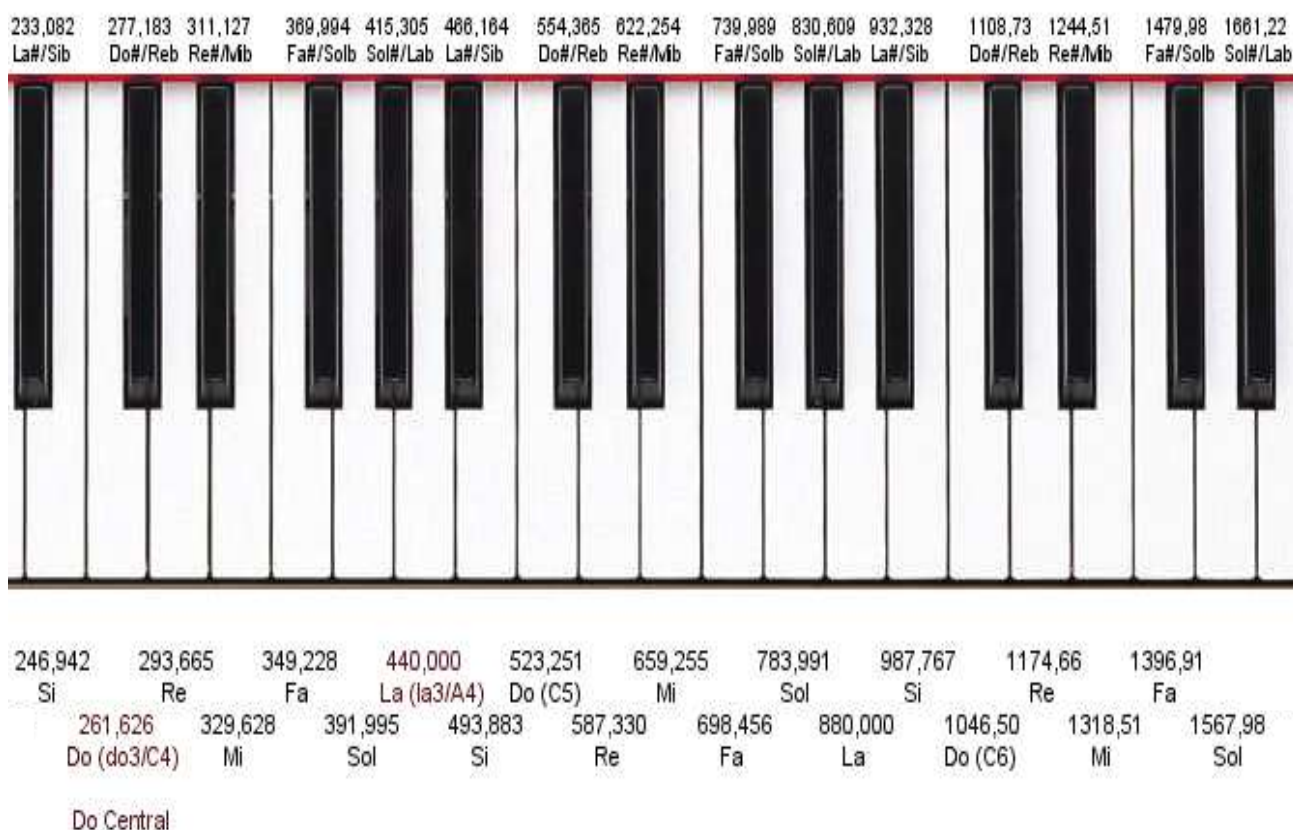
En la tabla del cuadro 4.1, se puede apreciar a cada uno de los armónicos con su respectiva intensidad, desde el primero que es la frecuencia fundamental. Para este caso no existe mucha importancia entre los números de amplitud ya que puede ser relativo. Lo que se debe tomar en cuenta es la distancia entre cada uno de los armónicos con respecto al primero o frecuencia fundamental.

#### 4.3. ANÁLISIS DE LAS DISTANCIAS DE LOS INTERVALOS DE LA FLAUTA

Por medio de los resultados obtenidos en los espectros de frecuencia de cada nota emitida por la flauta medida, que están representados en los gráficos 3.14 hasta 3.35, se puede determinar qué notas musicales corresponden a cada uno de los sonidos aproximándolos al sistema musical occidental. De esta manera se podrá determinar los intervalos musicales de la flauta, a través de la asignación de cada frecuencia fundamental con la nota musical que le corresponde.

A continuación se mostrará un gráfico donde se puede verificar la equivalencia convencional entre varias notas musicales temperadas con su respectiva frecuencia.

Gráfico 4.2. Representación de las frecuencias correspondientes a cada nota musical.



Fuente: [www.entre88teclas.es](http://www.entre88teclas.es) [21]

A partir del gráfico 4.2, donde cada nota musical tiene una frecuencia específica, se presenta a continuación una tabla donde se indica cada nota musical que corresponde con los sonidos grabados de la flauta.

Cuadro 4.2. Tabla de notas musicales temperadas y notas producidas por la flauta.

Nota de la Flauta	Frecuencia Fundamental (Hz)	Nota Musical	Nota temperada	Diferencia frecuencia fundamental y temperada
Tapando 6 agujeros	387	G4	392	-5
Tapando 5 agujeros	430	A4	440	-10
Tapando 4 agujeros	473	Bb4	466,16	-6,84
Tapando 3 agujeros	538	C5	523,25	+14,75
Tapando 2 agujeros	559	Db5	554,37	+4,63
Tapando 2 agujeros (Índice y anular)	581	D5	587,33	+6,33
Tapando 1 agujero	602	D5	587,33	-14,67
Tapando 0 agujeros	645	Eb5	622,25	-22,75
Armónico tapando 6 agujeros	645	Eb5	622,25	-22,75
Armónico tapando 5 agujeros	689	F5	698,46	+9,46
Armónico tapando 4 agujeros	775	G5	783,99	+8,99
Armónico tapando 3 agujeros	861	A5	880	+19
Armónico tapando 2 agujeros	925	Bb5	932,33	+7,33
Armónico tapando 2 agujeros (Índice y anular)	990	B5	987,77	-2,23
Armónico tapando 1 agujero	1033	C6	1046,5	+13,5

Fuente: Autor.

Con estos resultados obtenidos en el cuadro 4.2, se puede notar que la afinación de la flauta y la distancia entre cada una de las notas que ésta produce. Esta relación muy particular posee elementos que la diferencian con cualquier tipo de flauta de origen occidental.

Se ha determinado que la flauta está afinada en G4 o Sol central por ser el primer sonido que puede obtener al tapar todos los huecos de digitación y excitarla con un soplo normal.

Entre las tres primeras notas existe una relación de tercera menor, esto quiere decir que entre la primera y segunda nota existe aproximadamente un tono de diferencia mientras que entre la segunda y tercera nota existe un medio tono solamente. Esta relación es muy diferente con respecto al tipo de flauta occidental, la cual siempre presenta una sucesión de notas de tono, tono, y medio tono lo que crea una relación de tercera mayor.

Otra particularidad de la flauta es que todos los sonidos que produce y se les toma en cuenta como notas distintas, deberían tener una relación de un tono o la mínima distancia que es un medio tono, sin embargo entre la nota tocada al tapar tres agujeros de digitación y dos agujeros, y también entre la nota al tapar un solo agujero de digitación y la nota al tapar dos agujeros de digitación con el dedo índice y anular, existe una relación menor a un medio tono que difícilmente se puede percibir con el oído humano no entrenado.

Otro caso que no requiere mayor atención es el que se presenta entre la nota tocada al destapar todos los agujeros de digitación y el primer armónico obtenido al soplar más fuerte tapando todos los agujeros de digitación. En el resultado se obtuvo la misma frecuencia y por lo tanto la misma nota.

#### 4.4. ANÁLISIS DEL SONIDO PRODUCIDO EN RELACIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FLAUTA

Como se mencionó anteriormente, la construcción de estas flautas se basa en un patrón definido, que es una flauta modelo de la cual se copian las dimensiones exactas hacia las nuevas flautas. Por medio de este proceso se podría decir que las flautas poseen caracteres iguales entre todas, afirmación que carece de fundamentos.

Por medio de la investigación de las características físicas de las flautas de carrizo, expuestas en este trabajo, se ha determinado que cada medida de la

flauta influye de manera directa en el sonido que produce. Aunque varios constructores de flautas de Cotacachi desconocen las leyes físicas a las que están sujetos estos instrumentos, saben que obtendrán un mejor resultado si se tiene un cuidado particular en las medidas de la flauta.

Dependiendo del constructor, existen varios patrones que se usan en la construcción de flautas, es decir que no existe una flauta modelo general de donde se inicie el proceso de construcción. Por tal motivo la variación de características físicas de las flautas de carrizo de Cotacachi, es inmensa y difícil de generalizar.

El comportamiento acústico de la flauta de carrizo es el de un tubo abierto muy semejante al de la flauta transversa occidental, en la cual la frecuencia fundamental depende de la longitud del tubo. Como estas flautas de carrizo no poseen las mismas dimensiones entre todas, la frecuencia fundamental es muy variada. La determinación de ésta en el proceso de construcción se basa únicamente en la medida que tenga la flauta modelo, lo que es suficiente para que el constructor continúe con el resto del procedimiento que hasta ese momento, el sonido que va a producir el instrumento pasa a un segundo plano. El margen de error que puede haber en la medida de la flauta modelo con la nueva en construcción, no sobrepasa los 3 mm. Lo que no tendría que afectar en la frecuencia fundamental de la flauta.

Las distancias entre los agujeros de digitación influyen en la escala que va a tener la flauta. Esta lógica no tiene relación con la escala musical occidental. Cada nota musical que puede producir la flauta sigue un orden lógico para el pensamiento musical indígena y su afinación se logra en base a este concepto. En este caso difícilmente se pueden encontrar flautas con una escala exactamente igual, salvo las flautas casadas, ya que la afinación de cada nota de la flauta se obtiene al modificar el diámetro de cada uno de los agujeros de digitación, lo cual se continúa basando únicamente en el oído del constructor.



El proceso de temperamento (curación) que se realiza a las flautas afecta a las características físicas internas del carrizo, por lo tanto influye en el sonido que producen. Los constructores de flautas más antiguos de Cotacachi describen el sonido de las mismas antes de este proceso como punzante o duro, mientras que las flautas que han sido temperadas producen un sonido más suave o cálido, igualmente descrito por los constructores. Estas afirmaciones pueden ser subjetivas para el pensamiento musical occidental. Es necesario un estudio sobre el efecto de los químicos usados en este proceso sobre el carrizo para lograr determinar el comportamiento de las ondas sonoras sobre ambas superficies.

#### 4.5. ANÁLISIS DEL RANGO DE FRECUENCIAS EN RELACIÓN DE LA BÚSQUEDA DE UNA ESCALA

Según el resultado obtenido en la medición del rango de frecuencias de la flauta transversa de carrizo y su posterior análisis, éste se encuentra entre 366 Hz hasta 1205 Hz, que en la escala musical representa una extensión de una octava y una sexta aproximadamente que va desde el Fa# central hasta el Do# de la sexta octava. Dentro de esta extensión se encontraron catorce diferentes notas que se utilizan de manera habitual en la flauta.

Esta extensión en la escala musical occidental contiene 20 notas musicales en una división de semitonos. Las catorce notas producidas por la flauta fueron asignadas a su similar más cercano en la división musical occidental utilizando el análisis de frecuencia de cada nota individual, previamente realizado. De esta manera existe un orden descendente de las notas que se pueden interpretar en la flauta de carrizo.

Para establecer una escala musical se ha tomado el ejemplo de la flauta dulce, la cual es semejante a la flauta transversa de carrizo en cuanto a su digitación, solamente se diferencia en el agujero extra que posee la flauta dulce. Las notas

que genera la flauta dulce van de mayor a menor según como se maneje los agujeros de digitación.

Si se establece un orden sucesivo de notas en la flauta dulce, comenzando por la nota producida al tapar todos sus agujeros y terminando en la nota que se produce al destapar todos los agujeros, se encuentra una escala diatónica compuesta por ocho sonidos en intervalos de un tono y un semitono entre ellos. Ésta va de Do<sub>4</sub> hasta Do<sub>5</sub>, que significa una extensión de una octava completa.

Con la flauta traviesa de carrizo se puede manejar la misma lógica de este orden de las notas que pueden ejecutarse, al ir destapando un agujero de digitación simultáneamente. El orden sucesivo de notas que se obtiene es el siguiente.

Cuadro 4.3. Tabla de notas musicales de la flauta.

G <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>	B <sub>4</sub> b	C <sub>5</sub>	D <sub>5</sub> b	D <sub>5</sub>	E <sub>5</sub> b
----------------	----------------	------------------	----------------	------------------	----------------	------------------

Fuente: Autor

En la tabla están representadas las notas musicales de la flauta sin tomar en cuenta la nota producida al tapar dos agujeros con el dedo índice y anular, que se ha determinado como nota complementaria de la flauta que no pertenece a su escala musical.

A continuación se presentara la nota correspondiente a cada una de las posiciones habituales en la flauta para su mayor comprensión.

- G4

Gráfico 4.3. Primera nota musical emitida por la flauta.



Fuente: Autor.

- A4

Gráfico 4.4. Segunda nota musical emitida por la flauta.



Fuente: Autor.

- Bb4

Gráfico 4.5. Tercera nota musical emitida por la flauta.



Fuente: Autor.

- C5

Gráfico 4.6. Cuarta nota musical emitida por la flauta.



Fuente: Autor.

- Db5/C5#

Gráfico 4.7. Quinta nota musical emitida por la flauta.



Fuente: Autor.

- D5

Gráfico 4.8. Sexta nota musical emitida por la flauta.



Fuente: Autor.

- Eb5/D5#

Gráfico 4.9. Séptima nota musical emitida por la flauta.



Fuente: Autor.

De esta manera se encuentran siete sonidos que componen la escala musical de la flauta transversa de carrizo obtenidos con el soplo moderado, es decir sobre el primer armónico.

Según la comparación con la escala diatónica de la flauta dulce, las notas deberían tener una escala con cinco intervalos de un tono y dos de semitono hasta lograr completar una octava. Si no se toma en cuenta la primera nota que existe en la flauta dulce por la falta de un agujero en la flauta transversa de carrizo, la distancia entre la primera nota y la última debería ser una séptima.

Estas condiciones si se buscan en las flautas transversas de carrizo para determinar una escala musical no están presentes. Los intervalos entre las notas musicales son muy variables y van desde tonos hasta distancias inferiores al semitono, además que la distancia entre la primera nota que produce (G4) y la última de la primera octava (Eb5) es solamente de una sexta menor.

La búsqueda de una escala se basa en el pensamiento musical occidental, tratando de compararla con instrumentos que tienen escalas definidas. Posiblemente la determinación de una escala musical debe realizarse según el pensamiento musical indígena, en el que estén presentes una cantidad mayor de sonidos con intervalos más pequeños, como muchos investigadores afirman que existe microtonalismo en este tipo de música.

Existe otra teoría que afirma, según Carlos Coba, investigador musical, que la música indígena es netamente modal, entonces no se basa en un sistema con escalas sino con modos. [35].

## 5. CAPÍTULO V. APLICACIÓN

Con motivo de aplicar dentro del campo sonoro todo el análisis que se ha realizado a la flauta de carrizo usada en las fiestas de Cotacachi, en este capítulo se presentará una emulación de las características sonoras de la flauta por medio de síntesis sonora basándose en la tecnología de síntesis modular.

Para este proceso se ha escogido un *software* que permita realizar estas funciones desde la creación de ondas sonoras, hasta la capacidad de manejar las características de éstas, para así crear un sonido sintético que se asemeje en lo posible al sonido que producen estas flautas.

### 5.1. SOFTWARE

El *software* que se aplica en este proceso es Reaktor 4.0 de Native Instruments. Este *software* contiene múltiples sintetizadores y procesadores de audio para cualquier tipo de aplicación, incorporando la tecnología MIDI. Trabaja a través de síntesis modular que hace referencia al uso de módulos que se pueden interconectar para lograr un sistema completo como lo desee el usuario.

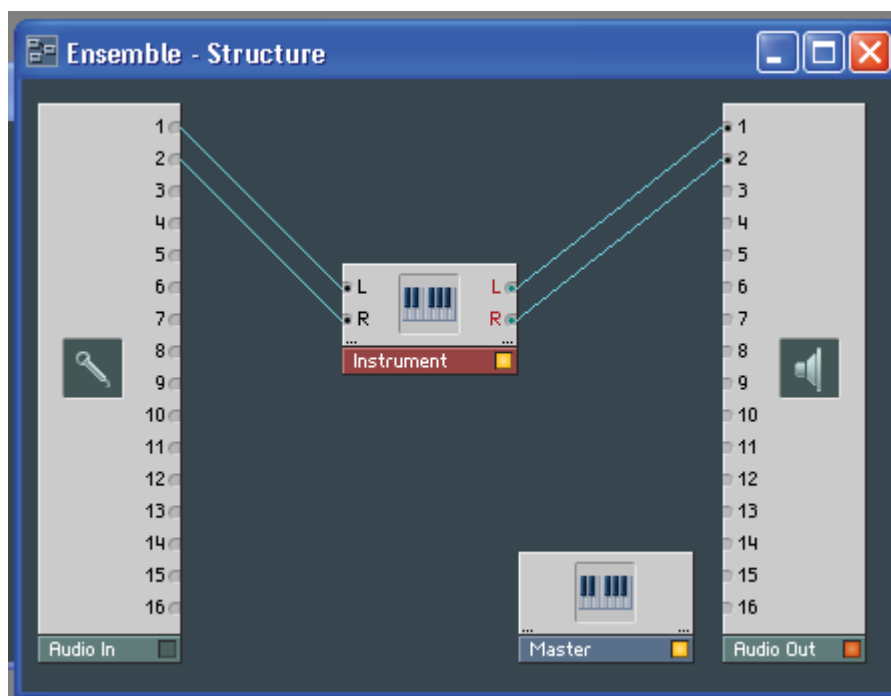
De esta manera Reaktor permite crear sintetizadores de todo tipo con los componentes que se desee dentro de una librería muy extensa y además ofrece la posibilidad de añadir procesamiento de audio ya que cuenta con una amplia gama de procesadores.

La presentación del *software* es muy sencilla y fácil de comprender. Se maneja por ventanas en las que se presenta a los componentes desde su parte externa hasta su parte interna.

La primera ventana representa la estructura del ensamble y está constituida por un módulo de entrada que contiene 16 canales de audio que pueden ser activados según la tarjeta de sonido del computador o la interfase que se utilice, igualmente contiene una salida con 16 canales de audio que también son dependientes del *hardware*. Aquí se pueden agregar varios instrumentos que pueden ser conectados a cada uno de los canales de entrada y salida. Estos instrumentos pueden ser los preestablecidos por el programa o los que se elaboren por parte del usuario. Además se encuentra un control *master* de nivel y tono para todos los instrumentos.

Esta ventana tiene la siguiente apariencia:

Gráfico 5.1. Ventana de la estructura del ensamble.



Fuente: Autor, *software* Reaktor 4.0.

Otra ventana de la parte externa es el panel del ensamble, en el cual se pueden apreciar los controles del módulo *master* y de todos los instrumentos utilizados. Esta ventana se presenta de la siguiente forma:

Gráfico 5.2. Ventana del panel del ensamble.

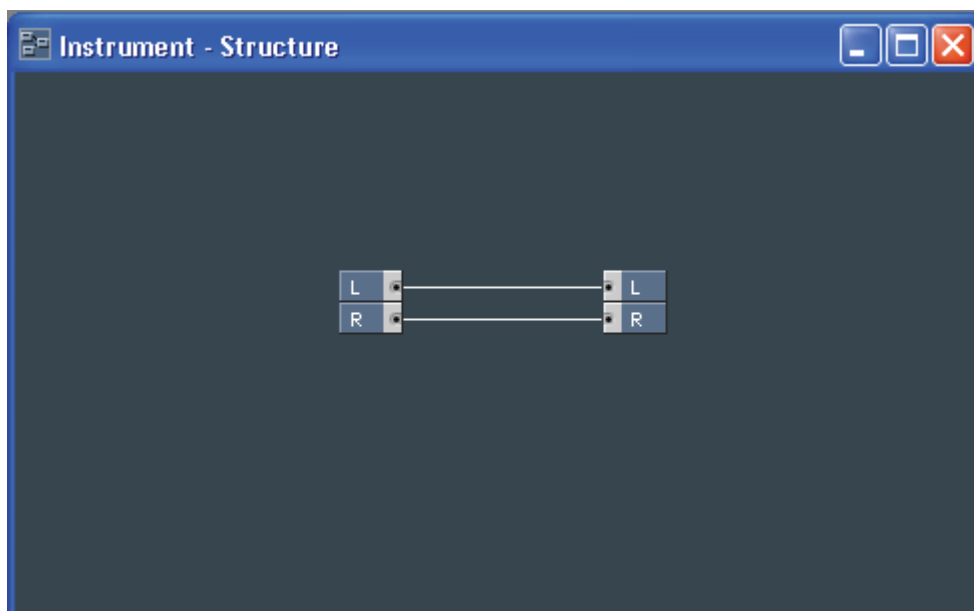


Fuente: Autor, *software* Reaktor 4.0.

En el gráfico 5. 2 se puede apreciar el panel donde se encuentran los controles del módulo *master* y de un instrumento que se encuentra vacío.

En la parte interna es donde se puede construir un instrumento mediante el uso de los módulos más específicos, es decir los más pequeños con los que se puede trabajar en Reaktor. Esta ventana tiene la siguiente presentación:

Gráfico 5.3. Ventana de la estructura del instrumento.



Fuente: Autor, *software* Reaktor 4.0.



En el gráfico 5.3 se puede apreciar el interior de la estructura de un instrumento. En este caso el instrumento solo contiene los módulos de entrada y salida conectados entre sí. En todo el espacio de esta ventana se pueden agregar los módulos que se requiera para la elaboración de cualquier tipo de instrumento musical, además de varios tipos de procesamiento de audio.

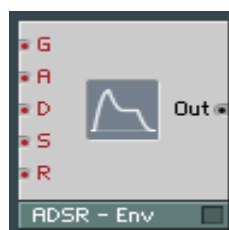
Las herramientas proporcionadas por Reaktor 4.0 posibilitan la labor de crear un sintetizador capaz de reproducir las características sonoras de las flautas de carrizo, al hacer uso de los datos que ha proporcionado este estudio previamente. Para una mayor comprensión de este procedimiento se presentará cada uno de los módulos utilizados en el programa para emular el comportamiento sonoro de la flauta de carrizo.

#### 5.1.1. GENERADOR DE ENVOLVENTES

El generador de envolventes permite tener el control de los parámetros que componen la envolvente. Dentro de Reaktor existen varios tipos de generadores de envolvente que se diferencian entre sí, por los controles que manejan.

Para el caso del sintetizador de la flauta de carrizo, se escogió un generador de envolvente ADSR, que permite tener el control de ataque, decaimiento, sostenimiento y relajamiento.

Gráfico 5.4. Generador de envolventes.



Fuente: Autor, *software* Reaktor 4.0.

En el gráfico se observa en el lado izquierdo las entradas de este módulo, que son para controles de cada uno de los parámetros y además con una entrada de *Gate*, de la cual se explicará su función más adelante.

### 5.1.2. OSCILADOR

El oscilador es un generador de forma de onda. En Reaktor existen varios tipos de generadores de onda u osciladores que se diferencian en varios parámetros: el tipo de onda que produce, que puede ser sinusoidal, triangular, cuadrada, diente de sierra o mixtos que permiten escoger el tipo de onda desde el mismo oscilador. Además pueden diferenciarse en los controles que poseen, como por ejemplo el control de frecuencia, que permite seleccionar una frecuencia específica para la onda.

Para el sintetizador de la flauta de carrizo se eligió un oscilador simple que genera una forma de onda sinusoidal y que además permite tener el control sobre la frecuencia de la misma.

Gráfico 5.5. Oscilador.



Fuente: Autor, software Reaktor 4.0.

Como se puede apreciar en el gráfico, el módulo presenta la forma de onda dibujada en el centro. Al lado izquierdo están los controles de *Note Pitch* (que se explicará su función más adelante), frecuencia y amplitud.

### 5.1.3. GENERADOR DE RUIDO

Se tomó en cuenta un generador de ruido que emulará el sonido del aire entrando a la flauta. Este ruido está presente en estos instrumentos de viento y forma parte de sus características sonoras.

Existe un generador de ruido que trabaja de la misma manera que un oscilador solamente que permite tener el control de la amplitud del ruido.

Gráfico 5.6. Generador de ruido.



Fuente: Autor, software Reaktor 4.0.

En el gráfico se puede observar que el módulo de ruido es muy semejante al oscilador, con la diferencia que a su lado izquierdo se encuentra el único control que posee, que es el de la amplitud.

### 5.1.4. AMPLIFICADOR

El amplificador de Reaktor permite tener un control del nivel de una o varias señales. Puede trabajar a su vez como un mezclador de señales, ya que en su entrada pueden conectarse varios módulos que compartirían un mismo control de nivel. Este dispositivo tiene una doble función debido a que no es necesario el uso de un amplificador en Reaktor como tal. Su utilización es requerida por las características antes mencionadas.

La función del amplificador en la estructura del sintetizador de la flauta de carrizo es permitir el manejo del control de nivel de cada uno de los osciladores que lo componen, por este motivo se usaron varios amplificadores.

Gráfico 5.7. Amplificador.



Fuente: Autor, software Reaktor 4.0.

Se puede ver en el gráfico que el nombre del módulo es *Mixer* o mezclador, aunque en el dibujo del centro se represente la figura de un amplificador. En el lado izquierdo se encuentra el control de nivel y la entrada, que a pesar de ser única, permite el ingreso de varias señales.

#### 5.1.5. *MATRIX*

Todos los instrumentos que se pueden crear en Reaktor poseen una salida estéreo o monofónica, se deben mezclar las señales si es que existen varias. El módulo *matrix* permite mezclar, sumar o restar varias señales. Además de las variantes mencionadas, los módulos *matrix* se dividen según sus entradas y salidas.

Para el caso del sintetizador de la flauta de carrizo se utilizó un *matrix* de mezcla con seis entradas, para cada una de las señales provenientes de cinco osciladores de onda sinusoidal y un generador de ruido, y con dos salidas. Este es el último paso de la cadena de dispositivos del sintetizador, ya que va conectado a las salidas L y R del mismo.

Gráfico 5.8. *Matrix*.Fuente: Autor, *software* Reaktor 4.0.

En el gráfico 5.8 se pueden observar las seis entradas del *matrix* y solamente dos salidas. Este módulo posee control de nivel de cada una de las señales conectadas para su posterior salida.

#### 5.1.6. *NOTE PITCH Y GATE*

Estos módulos son fuentes que envían mensajes del protocolo de comunicación MIDI.

El *Note Pitch* es la fuente que controla los eventos del mensaje *Note On*, es decir que envía al dispositivo que se le conecta el mensaje de qué nota musical fue activada, controlado por la asignación numérica de la escala musical occidental para MIDI, con un rango de 0 a 127.

El módulo *Gate* es la fuente que controla la velocidad de la presión de las notas musicales. Este envía al dispositivo que se le conecte el mensaje MIDI de *Note On* y el de *Note Off*.

Para la estructura del sintetizador de la flauta travesa, estos dispositivos se conectaron, el *Note Pitch* a los osciladores y el *Gate* a los generadores de envolvente.

Gráfico 5.9. Note Pitch y Gate.



Fuente: Autor, software Reaktor 4.0.

En la figura 5.9 se pueden apreciar estos dos módulos, los cuales solo poseen una salida respectivamente, ya que son fuentes que envían mensajes MIDI.

## 5.2. SIMULACIÓN DEL CARÁCTER SONORO DE LA FLAUTA A TRAVÉS DE SÍNTESIS DE SONIDO

A continuación se presentarán las conexiones que se realizaron entre los módulos utilizados para la simulación del carácter sonoro de las flautas y como se creó el sintetizador de la flauta traversa de carrizo.

En la ventana de estructura del instrumento se inició la incorporación de módulos que forman parte de este sintetizador. Al iniciar un nuevo instrumento se crea un panel en el cual solo existen dos entradas y dos salidas.

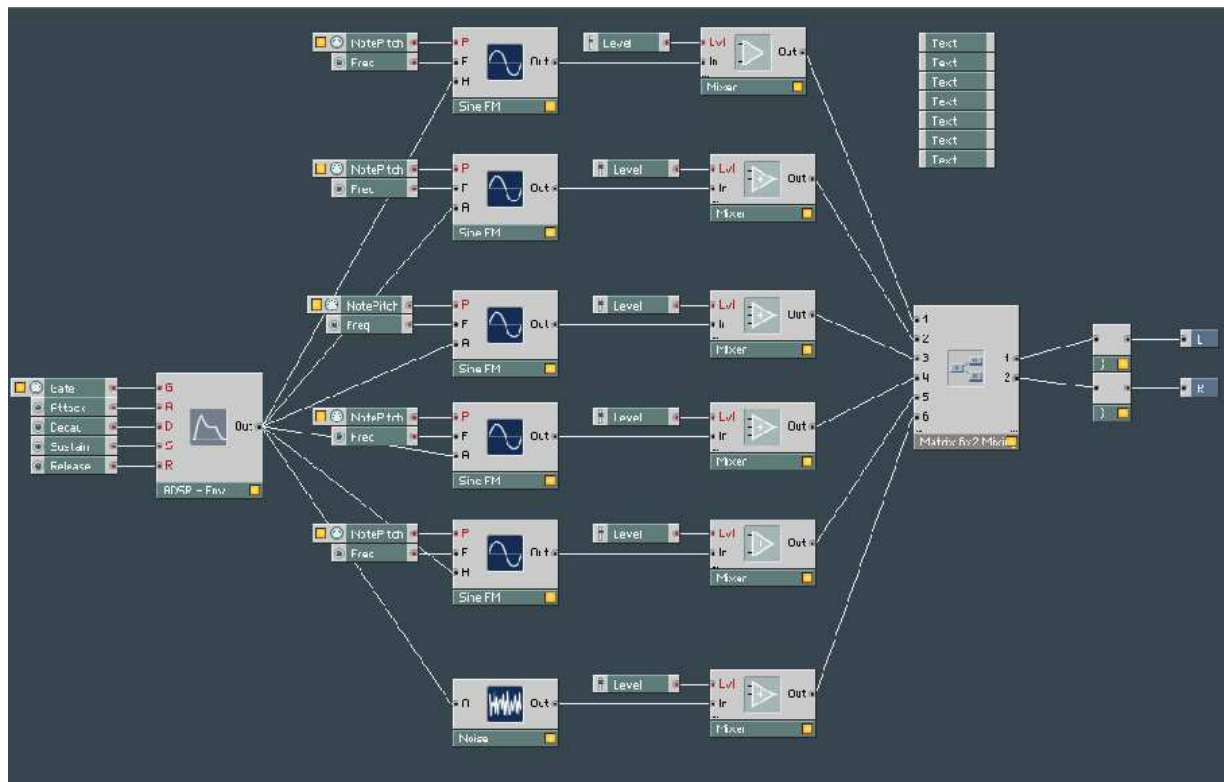
De esta manera se comenzó introduciendo el módulo de generador de envolvente, que debe tener un *Gate* conectado y controles de cada uno de sus parámetros. La salida de éste va conectada a los osciladores, se tiene un solo generador de envolventes para todos los osciladores, ya que los resultados del análisis de envolventes de la flauta presentan variaciones mínimas.

Los osciladores que se utilizaron generan una forma de onda sinusoidal, por lo que cada uno de ellos representa una frecuencia específica, (fundamental y armónicos), a este módulo se le conectó el *Note Pitch* en una entrada, posee un control de frecuencias y en otra entrada va el generador de envolvente que modela la forma de onda que generará cada uno de los osciladores.

Cada oscilador sale a un amplificador individual que permite tener el control de nivel de cada una de las señales. Posterior a estos módulos se tienen seis señales que deben ser mezcladas en dos salidas. Para este caso se utilizó un *Matrix* mezclador con seis entradas y dos salidas que van conectadas a las salidas principales.

A continuación se presenta el gráfico de las conexiones antes mencionadas:

Gráfico 5.10. Estructura del instrumento.



Fuente: Autor, *software* Reaktor 4.0.

De esta manera queda lista la estructura del instrumento que se controla desde el panel del ensamble que se muestra a continuación:

Grafico 5.11. Panel del instrumento.



Fuente: Autor, software Reaktor 4.0.

En la figura 5.11 se pueden apreciar los controles que contiene el sintetizador elaborado.

Este procedimiento hay que repetirlo para cada uno de los sonidos analizados, de acuerdo a los valores medidos individualmente, pues como ya se vio, existen importantes variaciones en sus parámetros que no facultan realizar una proyección de uno solo de ellos para todo el ámbito.



## 6. CONCLUSIONES

- Se ha logrado determinar las características físico – acústicas de dos flautas traversas de carrizo utilizadas en las fiestas de Cotacachi. Sin embargo los resultados no se pueden generalizar para todas las flautas de este tipo ya que no siguen un proceso de elaboración en cadena y entre ellas poseen diferencias muy significativas. De todas maneras los resultados permiten tener una idea técnico-acústica de la concepción musical de los pueblos que habitan en este territorio.
- Por medio de las características físico – acústicas de las flautas traversas de carrizo utilizadas en las fiestas de Cotacachi se ha logrado determinar su comportamiento sonoro, que presenta características muy particulares que no se enmarcan en la música tradicional occidental.
- Pese a la variación que existe entre todas las flautas traversas de carrizo usadas en las fiestas de Cotacachi, desde su construcción hasta las características que poseen en el resultado final, cumplen con su objetivo social dentro de las comunidades indígenas, que sin poseer un conocimiento musical técnico y la comprensión de las leyes físicas que determinan el funcionamiento de estos instrumentos, siempre acompañan sus fiestas con la música que generan.
- A través de los resultados obtenidos se ha logrado elaborar una simulación del comportamiento sonoro de las flautas de carrizo utilizadas en las fiestas de Cotacachi. De igual forma no es una simulación de las flautas en general debido a las diferencias que existen entre ellas. Sin embargo permite acercarse a la sonoridad particular de la flauta analizada.

- Se ha determinado que existen varias formas de interpretación de la flauta traviesa de carrizo utilizada en las fiestas de Cotacachi. Dependen mucho del posicionamiento de la boca al soplar, la fuerza con que se sopla e incluso la técnica utilizada. Según se varíen estos parámetros se obtendrán resultados diferentes.
- La determinación de una escala musical de las flautas traversas de carrizo utilizadas en las fiestas de Cotacachi, no se logró plenamente, ya que el criterio se basó en estructuras musicales de origen occidental que no tenían parangón con los elementos encontrados. Por este motivo se determinó que para el pensamiento musical indígena las flautas poseen una escala musical específica, la misma que para la música tradicional occidental no tiene mucho sentido.
- La sonoridad de las flautas traversas de carrizo utilizadas en las fiestas de Cotacachi, tiene una apreciación diversa entre el pensamiento musical occidental y el indígena. Esto quedó demostrado en las diferencias entre la flauta hembra y flauta macho, que desde el punto de vista de este estudio son solamente físicas, ya que su carácter sonoro resultó ser el mismo. Sin embargo los músicos indígenas logran diferenciar a la flauta hembra de la flauta macho al construirlas e interpretarlas y de esta manera son asignadas a una labor específica independiente.
- Un análisis de varias flautas traversas de carrizo de distintas comunidades, elaboradas por diferentes constructores, hubiera permitido realizar una comparación entre todas ellas determinando sus diferencias y semejanzas. De esta manera se podría conocer el vínculo entre todas ellas que les permite ser parte de cultura musical de sus pueblos, a pesar de no mantener características sonoras exactas.
- El comportamiento sonoro de las flautas traversas de carrizo varía significativamente según el lugar donde se las interprete. Una grabación

realizada en la ciudad de Cotacachi, no será igual a una realizada en la ciudad de Quito. Esto se pudo apreciar al escuchar el sonido producido por la misma flauta en los dos lugares mencionado e incluso interpretada por el mismo músico. Las condiciones ambientales afectan al músico como afectan al instrumento.

- Existe una gran diferencia entre la interpretación de un músico indígena con un músico de formación occidental que ha aprendido a interpretar la música de los indígenas. El poseer un pensamiento musical occidental afecta directamente el intento de comprender a la música indígena, siempre se pretenderá traducir esta música hacia la de origen occidental, haciendo que se pierda la esencia de este pensamiento musical.
- Los instrumentos musicales étnicos presentan características muy particulares que son primitivas y se han mantenido por tradición oral únicamente. La determinación de su sonoridad en base al pensamiento musical occidental (como en el caso de las flautas traversas de carrizo de Cotacachi), tiene su mérito, ya que ayuda a comprender de cierta forma la cosmovisión musical de las etnias a las que pertenecen, a pesar de que no se pueden generalizar las características sonoras debido al método de elaboración al que están sujetos.
- Un estudio más amplio de las flautas traversas de carrizo hubiera permitido determinar las diferencias que existen entre las flautas utilizadas en las diferentes celebraciones que se llevan a cabo en la ciudad de Cotacachi. Este es el caso de las flautas traversas utilizadas durante la celebración de Semana Santa, las cuales producen un sonido que los indígenas describen como triste, a diferencia de las flautas utilizadas para otro tipo de fiestas. No existe una explicación técnica de esta diferencia, ya que las flautas son elaboradas de igual forma, con la misma materia prima y su ejecución no varía.

- Este estudio se centró en las flautas elaboradas y utilizadas en la ciudad de Cotacachi para facilitar el manejo de información. Sin embargo las flautas traversas de carrizo se encuentran en toda la extensión de la provincia de Imbabura en donde se pueden encontrar diferentes tipos que poseen características físicas, sonoras e incluso distintos nombres. Cada una encierra una historia ancestral que debería ser motivo de investigación, ya que forma parte de nuestra cultura musical.
- Lamentablemente la tradición de las flautas traversas de carrizo ha ido desapareciendo con el paso de los años. En esta época es muy difícil encontrar constructores y músicos, ya que existe poco interés por parte de las nuevas generaciones hacia la música tradicional de sus pueblos, principalmente se debe a la globalización que en todo aspecto es más fuerte hoy en día. Por este motivo el acercamiento a este tipo de música e instrumentos musicales es una tarea complicada. Además la información sobre música ecuatoriana en general todavía es muy limitada: a inicios de este proyecto esta situación generó un problema en el desarrollo del trabajo. Se llegó a comprender la falta de interés que existe en cuanto a la música de Cotacachi.
- Este trabajo llena una pequeña parte de lo que engloba el mundo de las flautas traversas de carrizo. Todavía quedan muchas dudas que no han podido ser resueltas en este estudio debido a la falta de recursos y disponibilidad de tiempo.

## 7. RECOMENDACIONES

- La música tradicional ecuatoriana encierra una riqueza en sus características sonoras y culturales de las que se conoce muy poco. Por medio de este estudio se ha pretendido dar el primer paso en una investigación más amplia que se debería realizar, pretendiendo así que influya en futuros trabajos de tesis. Conocer sobre los instrumentos, ritmos, tendencias musicales del Ecuador es una labor que no debe ser desechada o reemplazada por imposiciones de estudios musicales de origen occidental.
- Para lograr comprender el significado de la música para las comunidades de Cotacachi, se recomienda vivir la experiencia de cerca visitando la provincia de Imbabura especialmente en sus fiestas tradicionales, en las cuales se puede presenciar la expresión cultural en su más alto nivel.
- El valorar nuestra música permitirá frenar la desaparición de la misma. Los estudios musicales deben dar prioridad a la música ecuatoriana, que engloba una historia muy grande la cual ha sido desvalorizada totalmente.
- Se debe generar interés en este tipo de estudios para promover la investigación en campos relacionados a la música ecuatoriana, no solamente en la rama de la acústica y el sonido, sino en todo ámbito profesional.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MIYARA, Federico. Acústica y Sistemas de Sonido. Tercera Edición, Editora de la Universidad Nacional de Rosario, 2003.
- [2] MORENO, Segundo Luis. La Historia de la Música en el Ecuador. Quito, Editorial de la Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1972.
- [3] MORENO, Segundo Luis. Cotacachi y su Comarca. Quito, Editorial Don Bosco, 1966.
- [4] PONTÓN, Julián. Análisis Electroacústico de Instrumentos Musicales de Tradición Oral en el Ecuador. Quito, Conservatorio Nacional Superior de Música, DIC, 2006.
- [5] GUERRERO GUTIÉRREZ, Pablo. Enciclopedia de la Música Ecuatoriana. Quito, Corporación Musicológica Ecuatoriana CONMUSICA, 2004-2005.
- [6] TIANA, Fundación. El Elefante de Cotacachi. Quito, Ministerio de Cultura del Ecuador, 2009.
- [7] TIANA, Fundación. Purutu Maytuk. Cotacachi, Ministerio de Cultura del Ecuador, 2009.
- [8] ANDRADE, Marco. Ethnohistoria de Cotacachi. Cotacachi, 2008.
- [9] GUZMÁN, Diego. Construcción de Flautas de Carrizo y su Pensamiento Microtonal. Ibarra, Casa de la Cultura Ecuatoriana, 2009.

- [10] FÍSICA Flauta Traversa, por Alan Garbarz, Rodrigo Martínez, Claudio Lemmi, Javier Mazzaferri, Mirta Villareal. Buenos Aires, FCEN UBA, 2003.
- [11] PROGRAMA Nacional de Bandas. Guía de Iniciación a la Flauta Traversa. Bogotá, Ministerio de Cultura de Colombia, 2003.
- [12] LAS Flautas de Caral Supe: aproximaciones al estudio acústico-arqueológico del conjunto de flautas más antiguo de Latinoamérica, por Ruth Shady, Martha Prado, Carlos Leyva, Jorge Moreno, Carlos Jiménez, Celso Llimpe. Lima, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1999.
- [13] UNORCAC, Caracterización de las Condiciones de Vida de las Familias de las Comunidades de la Zona Andina de Cotacachi. Cotacachi, Documento, 2006.
- [14] HORNBOSTEL, Erich Moritz von. Sachs Curt. Zeitschrift für Musik. Hertfordshire, Galpin Society Journal, 1961.
- [15] NATIVE INSTRUMENTS, Reaktor 4.0. Operation Manual.  
<http://www.native-instruments.com>
- [16] HAMALYZER, Analizador de espectro.  
<http://www.hamalyzer.com/>
- [17] CURSO INTERACTIVO DE FÍSICA EN INTERNET Física con Ordenador, Ondas Estacionarias en Tubos Abiertos o Cerrados.  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/acustica/tubos/tubos.htm>
- [18] WIKIPEDIA, Flauta Traversa.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Flauta\\_travesera](http://es.wikipedia.org/wiki/Flauta_travesera)

- [19] WIKIPEDIA, Timbre.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Timbre\\_%28ac%C3%BAstica%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Timbre_%28ac%C3%BAstica%29)
- [20] WIKIPEDIA, Envolverte.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Envolverte\\_ac%C3%BAstico](http://es.wikipedia.org/wiki/Envolverte_ac%C3%BAstico)
- [21] ENTRE88TECLAS, Frecuencias de Afinación del Piano.  
<http://www.entre88teclas.es/index.php/frecuencias-de-afinacion-del-piano>
- [22] LABORATORIO DE PROCESADO DE IMAGEN, Acústica Musical: Fundamentos Físicos de los Instrumentos Musicales.  
[http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_05\\_06/io2/public\\_html/viento/principios\\_viento.html](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_05_06/io2/public_html/viento/principios_viento.html)
- [23] FILOMUSICA, REVISTA ELECTRÓNICA, La Evolución de la Flauta a lo Largo de la Historia.  
<http://www.filomusica.com/filo69/flauta2.html>
- [24] AXOLOTL, REVISTA EN LINEA, Música en la Mitología, Alonso Mariana  
<http://revistaaxotl.com.ar/vvocce03.html>
- [25] MELÓMANO DIGITAL, La Flauta.  
<http://www.orfeoed.com/guia/guia53.asp>
- [26] MUSICAL AFROLATINO, Música Tradicional y Popular del Pacífico Norte Colombiano.  
[http://www.musicalafrolatino.com/pagina\\_nueva\\_71.htm](http://www.musicalafrolatino.com/pagina_nueva_71.htm)



- [27] ACÚSTICA MUSICAL, Instrumentos de Viento.  
[http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_05\\_06/io2/public\\_html/viento/principios\\_viento.html](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_05_06/io2/public_html/viento/principios_viento.html)
- [28] SOBREMADERAS, Sobre flautas y leyendas, Selma Sparano.  
<http://www.sobremaderas.com/Integrantes/Selma/ColSel02.html>
- [29] PRODUCTOS SHURE, Micrófonos Shure.  
<http://www.shure.com/americas/products/microphones/ksm/ksm137-instrument-microphone>
- [30] PRODUCTOS APPLE, Computadores Apple.  
<http://www.apple.com/macpro/>
- [31] PRODUCTOS DIGIDESIGN, Interfases Digidesign.  
<http://www.digidesign.com/>
- [32] UNIDAD de Protección Ambiental de Petroecuador, Comunidad Secoya San Pablo de Catetsiaya, CEDEP. Jetupikoró Cantos y Ejecuciones de los Instrumentos de los Secoya del Aguarico. 1998.
- [33] UNIDAD de Protección Ambiental de Petroecuador, Fundación para la Supervivencia del Pueblo Cofán, CEDEP. La música de los A'í del Aguarico. Quito, 2000.
- [34] GERENCIA de Protección Ambiental de Petroecuador, Audiovisuales Don Bosco, Organización de la Nacionalidad Shiwiar de Pastaza de la Amazonía Ecuatoriana ONSHIPAE. Nambeaway Música de Tradición Shiwiar. Quito, 2003.
- [35] ENTREVISTA, Carlos Coba, Realizada por Diego Guzmán, Otavalo, 2008

- [36] ENTREVISTA, Miguel Calapi, Realizada por Diego Guzmán, Cotacachi, 2008.
- [37] ENTREVISTA, Mariano Quinchuqui, Realizada por Diego Guzmán, Otavalo, 2008.
- [38] ILUSTRES DEL ECUADOR, Web oficial de hombre y mujeres ilustres del Ecuador.  
<http://www.ilustresdelecuador.com/imbabura.php>
- [39] OTAVALOS ON LINE, Web oficial de Otavalos en el mundo.  
<http://otavalosonline.com>
- [40] RED DE CENTROS EDUCATIVOS ECUADOR, Mapa físico del Ecuador.  
<http://redced-ec.relpe.org/node/133>
- [41] INSTITUTO DE ESTUDIOS CATALÁN, Carrizales.  
<http://ichn.iec.cat/Bages/z-humides/Imatges%20grans/cimg06.htm>

## 9. ANEXOS

Anexo 1: Fotografías tomadas durante la grabación de la interpretación a cargo del músico cotacacheño Diego Guzmán, en estudio Universidad de las Américas, Quito julio 2010.

Gráfico 9.1. Grabación de sonidos de la flauta.



Fuente: Autor.

Anexo 2: Fotografías tomadas durante visita a Museo de las Culturas, Cotacachi, julio 2010.

Gráfico 9.2. Exterior de Museo de las Culturas.



Fuente: Autor.

Gráfico 9.3. Interior de Museo de las Culturas.



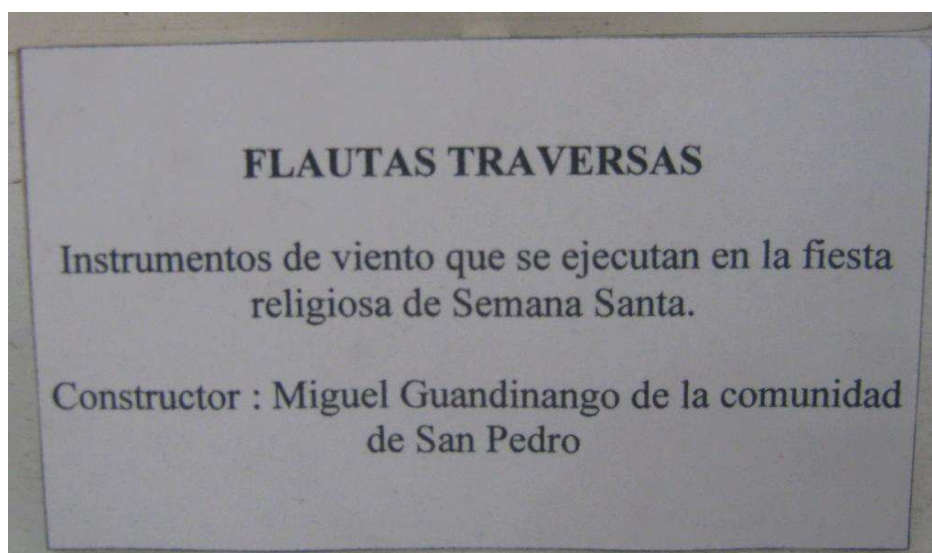
Fuente: Autor.

Gráfico 9.4. Flautas traversas de Semana Santa.



Fuente: Autor.

Gráfico 9.5. Leyenda de flautas traversas de Semana Santa.



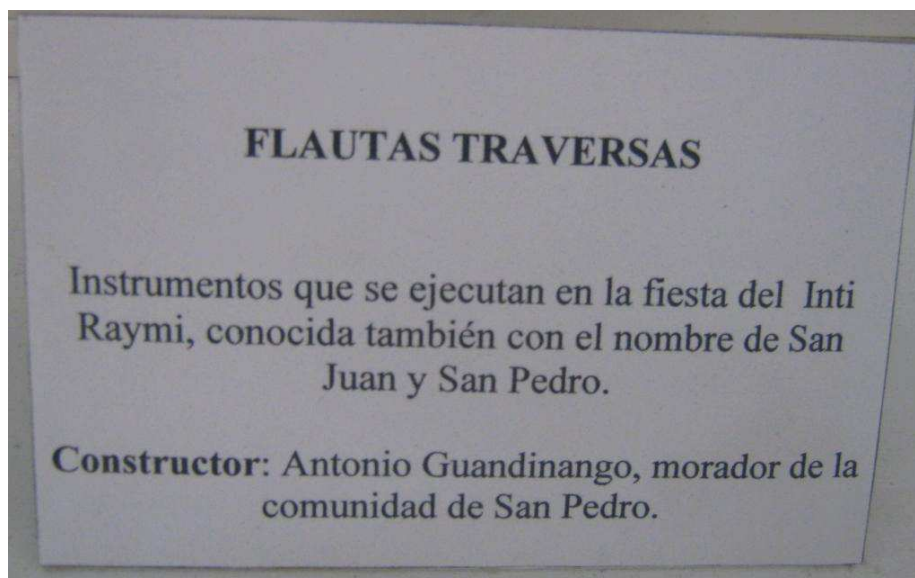
Fuente: Autor.

Gráfico 9.6. Flautas traversas utilizadas en las fiestas.



Fuente: Autor.

Gráfico 9.7. Leyenda sobre flautas traversas utilizadas en las fiestas.



Fuente: Autor.

Anexo 3: Entrevistas realizadas por Diego Guzmán en el año 2008, sobre las flautas traversas de carrizo de Imbabura. (Audio).

- Entrevista a Carlos Coba, investigador musical, realizada en Otavalo.
- Entrevista a Mariano Quinchuqui, constructor y músico de flautas traversas de carrizo, realizada en la comunidad Cotama, Otavalo.
- Entrevista a Miguel Calapi, músico de flautas traversas de carrizo, realizada en la comunidad La Calera, Cotacachi.

Anexo 4: Grabaciones de interpretaciones musicales por parte de músicos de flauta travesa de distintas comunidades. (Audio).

- Interpretación de músicos de La Calera, 2010.
- Interpretación de músicos de Cotama, 2010.
- Interpretación de músicos de Turuco, 2010.

