

ANEXOS

DISEÑO DE UN INSTRUMENTO MUSICAL DE VIENTO A PARTIR DE LA GAITA HEMBRA DE LA COSTA ATLÁNTICA COLOMBIANA

DANIEL MESA TRUJILLO
ANA MARÍA RINCÓN GÓMEZ

PROYECTO DE GRADO
Presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniero de Diseño de Producto

Asesor:
LUIS JAIME ÁNGEL M.
Ingeniero de Sonido
Georgia State University

UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2007

Anexo A.

Métodos alternativos de fabricación artesanal

1. Avantú (Taller de instrumentos) / En Barranquilla,
Desarrollaron un molde para fabricar la cabeza de la gaita en fibra de vidrio y reemplazaron el tubo de madera por un tubo de aluminio.

Resultados obtenidos: Según los comentarios de los gaiteros que la han utilizado, el sonido que ofrece el aluminio es muy diferente al sonido original de la gaita, ya que suena más como una flauta. Además, la cabeza en fibra de vidrio genera un timbre muy distinto debido a la pared interior tan delgada.

2. Son Cereté (grupo musical) / En Cereté-Córdoba,
Están reemplazando el cardón o pitahaya del tubo de madera, por una unión de dos materiales, cedro y roble (por razones exclusivamente estéticas, no de sonido). Con una máquina rutiadora de le hacen un canal a cada madera, se unen con pegante de madera y se prensa de dos a tres días.

Resultados obtenidos: El orificio que hace la rutiadora es recto y constante. Suena más brillante, pero conserva el timbre.

3. Alexis Cárcamo (Interprete y fabricante) / En Medellín,
Hace aproximadamente siete años, cuando no logra conseguir el material ideal, reemplaza el tubo de madera, por un tubo de PVC de aguas.

Resultados obtenidos: El timbre obtenido es muy similar, sin embargo estéticamente se ve muy artificial para lo que el instrumento original representa.

4. Pleyo Guzmán / En Cartagena,

Esta fue una solución propuesta para hacer de la gaita un instrumento más pequeño y menos aparatoso. Utiliza la misma cabeza pero divide el cuerpo en cuatro secciones. Perfora los extremos, dichas perforaciones se ubican concéntricas cara a cara y los une con cera al exterior, de manera que la corriente de aire sea continua pasando por todas las secciones, sin escape de aire.



Fuente: Alexis Cárcamo, interprete profesional

Resultados obtenidos: El timbre es prácticamente idéntico. Aún si ocupa menos espacio, necesita más control con las manos, interpretarlo con manos pequeñas puede resultar incómodo. La nueva ergonomía, permite tocar con el dedo meñique el quinto orificio de abajo, que en la gaita convencional debe hacerse con un tapón de cera.

Anexo B.

Formato de encuestas

ENCUESTA GAITA HEMBRA

Nombre y Área afín con la música:

1. ¿Que importancia le da usted a que los instrumentos musicales autóctonos de Colombia, evolucionen desde lo artesanal a un campo profesional?
2. Desde la imagen que usted recuerda de la gaita Colombiana, ¿que aspecto le parece que la diferencia más de los otros instrumentos musicales? (Ordene de mayor a menor según la importancia que usted le da: 4 el más importante, 1 el menor). ¿Por qué?

() El sonido () La forma () El material () La manera de interpretarla
3. ¿Qué elementos de la gaita, que conservan la tradición de un instrumento originalmente indígena, considera no se deberían cambiar? (Seleccione 2 en orden). ¿Por qué?

() El timbre seco () La simbología de su forma () El material artesanal
() La variedad de afinación () Ninguna especialmente
4. La gaita actualmente mide entre 85 y 95cm de Longitud y se compone de una sola pieza. ¿Apreciaría usted que fuera mas fácil de transportar, modificando de alguna manera su forma o sistema?

5. ¿Le parecería interesante una propuesta de gaita que se pudiera plegar y/o desensamblar para facilidad de transporte?
6. Si la gaita hembra fuera a ser rediseñada para adaptarla a un ámbito profesional, ¿qué cree usted que debería conservarse en el instrumento para mantener su identidad? (Seleccione solo 1). ¿Por qué?
- () El tamaño para interpretarla () La forma de la cabeza
() La ubicación de sus orificios abajo () Ninguna especialmente
7. Cree que un instrumento musical que registre tonos iguales o muy parecidos a los de la gaita, teniendo una forma distinta, ¿seguiría siendo una gaita o se convertiría en otro instrumento?
8. Las gaitas hembras artesanales tienen diferentes afinaciones porque las medidas varían en la fabricación de artesano en artesano. ¿Apreciaría usted una estandarización en la afinación de la gaita para un contexto profesional (afinación occidental, y status y aceptación al instrumento? ¿Por qué?
9. ¿Le gustaría que la interpretación de la gaita hembra permitiera hacer efectos como *glissandos*, añadirle más armónicos, implementar un sistema de llaves, o le gusta la manera como se interpreta y suena, y no le cambiaría nada?
10. ¿Considera usted que rediseñar la gaita hembra en un contexto profesional de mayor status, contribuiría a la buena imagen de la cultura Colombiana?
11. En este punto de la encuesta, ¿Que aspecto o característica de la gaita piensa usted que podría mejorarse y por qué? ¿Tiene alguna sugerencia adicional para el desarrollo de este proyecto?

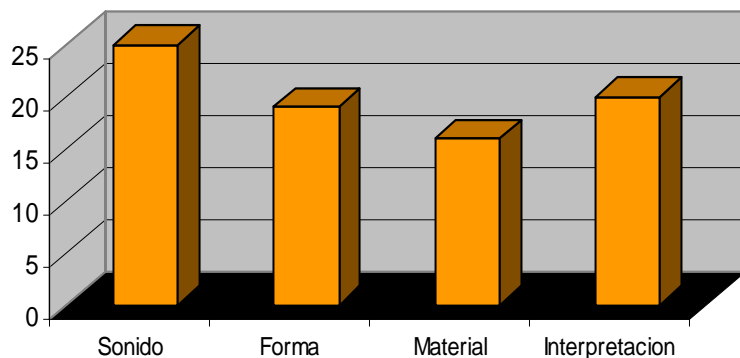
Anexo C.

Extractos de las respuestas originales

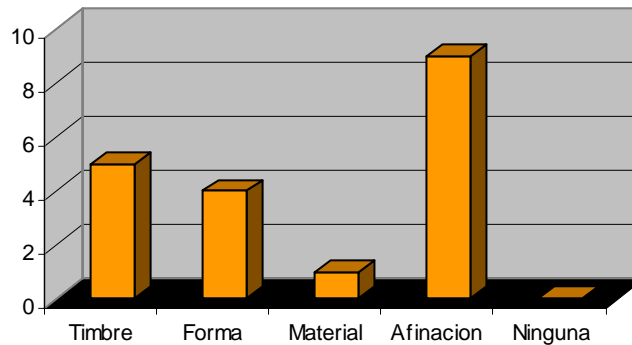
¿Qué importancia le da usted a que los instrumentos musicales autóctonos de Colombia, evolucionen desde lo artesanal a un campo profesional?

- Estandarización de sonidos
- Exportación y aceptación a nivel mundial
- Destacar todas las cualidades y características de los instrumentos autóctonos para mantenerlos vivos
- Impediría su desaparición
- Fusión de lo tradicional con lo actual

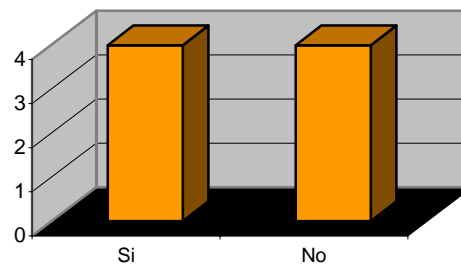
Desde la imagen que usted recuerda de la gaita Colombiana, ¿Qué aspecto le parece que la diferencia más de los otros instrumentos musicales? (Ordene de mayor a menor según la importancia que usted le da: 4 el más importante, 1 el menor).



¿Qué elementos de la gaita, que conservan la tradición de un instrumento originalmente indígena, considera no se deberían cambiar? (Seleccione 2 en orden)



La gaita actualmente mide entre 85 y 95cm de Longitud y se compone de una sola pieza. ¿Apreciaría usted que fuera más fácil de transportar, modificando de alguna manera su forma o sistema?



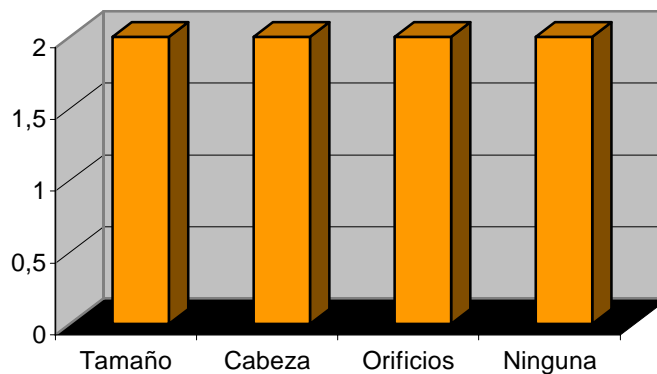
¿Le parecería interesante una propuesta de gaita que se pudiera plegar y/o desensamblar para facilidad de transporte?

La mayoría de las personas dijeron que si, con algunas condiciones:

- Que no interfiera en el sonido original del instrumento
- Que no se pierda su esencia

Además se mencionó que el transporte de los instrumentos musicales es un factor muy importante a la hora de la planificación de un concierto.

Si la gaita hembra fuera a ser rediseñada para adaptarla a un ámbito profesional, ¿Qué cree usted que debería conservarse en el instrumento para mantener su identidad?



¿Cree que un instrumento musical que registre tonos iguales o muy parecidos a los de la gaita, teniendo una forma distinta, seguiría siendo una gaita o se convertiría en otro instrumento?

Casi todas las personas respondieron que sería un nuevo instrumento y que debería llamarse de otra forma. Sin embargo se mencionó lo siguiente:

- Se podría innovar partiendo de la base de algo ya existente, conservando su esencia.
- Podría ser un complemento al instrumento original

Las gaitas hembras artesanales tienen diferentes afinaciones porque las medidas varían en la fabricación de artesano en artesano. ¿Apreciaría usted

una estandarización en la afinación de la gaita para un contexto profesional (afinación occidental, y status y aceptación al instrumento? ¿Por que?

Todas las personas respondieron que sí lo apreciarían, aclarando que no se debe sacrificar la esencia del instrumento, las razones que dieron fueron:

- Permitiría al gaitero afinarse al tocar más fácilmente.
- Para fines de internacionalización.
- Para estandarizar partituras para gaita.
- Para determinar los intervalos específicos entre sus notas

Un encuestado generó la idea de crear diferentes referencias de gaita para las diferentes afinaciones.

¿Le gustaría que la interpretación de la gaita hembra permitiera hacer efectos como por ejemplo *glissandos*, añadirle más armónicos, implementar un sistema de llaves, o le gusta la manera como se interpreta y suena, y no le cambiaría nada?

A los encuestados, en general, les pareció interesante la idea, sin embargo manifiestan su temor a un cambio que implique sacrificar la esencia del instrumento. Hay algunos que dicen que no le cambiarían nada

¿Considera usted que rediseñar la gaita hembra en un contexto profesional de mayor status, contribuiría a la buena imagen de la cultura Colombiana?

Las respuestas están divididas, la mayoría dice que sí y da las siguientes razones:

- Como experimento es interesante
- Por el reconocimiento que ya tiene Colombia con su música en el exterior

- Como táctica publicitaria

Los que dicen que no tienen las siguientes razones:

- El valor de su esencia no se compararía con una gaita original hecha a mano.
- Incertidumbre acerca de la aceptación por parte de los músicos folclóricos
- Pérdida de la autenticidad del instrumento

En este punto de la encuesta, ¿Qué aspecto o característica de la gaita piensa usted que podría mejorarse y por qué? ¿Tiene alguna sugerencia adicional para el desarrollo de este proyecto?

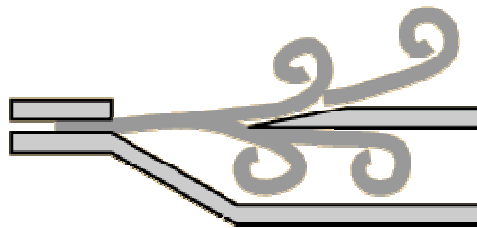
- Estandarizar la afinación y el timbre.
- Respetar la figura y el tamaño.
- Incluir un estudio de cómo se podría comportar esta gaita en otros géneros a parte de música colombiana, en el jazz, en el blues, música árabe, otros.
- La propuesta de pliegue o alguna modificación para transporte.

Anexo D.

Principios generales de Producción del sonido

1. El tono del borde

Cuando se sopla, el chorro de aire se dirige al borde de la madera afilada y no se divide suavemente. Tiende a moverse a un lado para formar un remolino o un vórtice, hacia arriba y hacia abajo. La presión creada por la interacción con el borde se devuelve al área de la ranura, tendiendo para empujar la corriente hacia arriba. El mismo efecto ocurre hacia abajo. Mover periódicamente la corriente aérea de lado a lado produce un sonido llamado *tono del borde*, que sirve para ayudar a iniciar y a sostener el tono y puede ayudar a hacer la transición a un armónico más alto de la columna del aire. En este caso la frecuencia es determinada por las frecuencias resonantes de la columna del aire que controlan el índice de oscilación del aire a través del borde. La siguiente es una gráfica de los vórtices de la corriente de aire:



Fuente: Hyperphysics Georgia State University < <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/music/edge.html#c1> >

Las variables presentes en un sistema de chorro de aire y borde afilado (no acoplado a un tubo) son la distancia entre la rendija por la que sale el chorro de aire y el borde afilado contra el cual choca éste y la velocidad del chorro de aire. La frecuencia de vibración resulta del cociente de estas dos variables.

Como una columna de aire tiene una frecuencia fundamental de resonancia definida por su longitud, es esta relación de longitud y frecuencia la que determina la velocidad del chorro de aire impulsado por el intérprete, para una distancia determinada entre la rendija y el borde. Para un tubo de longitud determinada, se puede hacer sonar la fundamental, el segundo parcial, etc. incrementando la velocidad del aire. ¹

2. Las notas en diferentes frecuencias

El tono producido al excitar el instrumento corresponde a la frecuencia de resonancia de un tubo sonoro. Al destapar el primer agujero desde abajo y soplar a través de la boquilla, el tono producido tiene mayor frecuencia que el anterior. El agujero que se destapó produce un nodo de presión en ese mismo sitio al interior del tubo. Ahora los nodos de presión están en el extremo superior del instrumento y aproximadamente en el punto donde se destapó el agujero tonal. La longitud del tubo sonoro disminuyó. La frecuencia resultante corresponde la frecuencia de resonancia de un tubo sonoro más corto. Al destapar sucesivamente agujeros tonales, las frecuencias resultantes son cada vez mayores y las longitudes del tubo sonoro son cada vez menores. La frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda. Si ésta a su vez es directamente proporcional a la longitud del tubo sonoro, se concluye que la frecuencia es inversamente proporcional a la longitud del tubo. (*Véase Bibliografía Complementaria*).

¹ Hyperphysics Georgia State University < <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/music/edge.html#c1>> Traducción y adaptación por los autores

Anexo E.

Frecuencias Ideales y Reales

Tomamos como referencia el siguiente experimento de Juan Daniel Hernández, autor del proyecto de grado “Estudio de acústica instrumental sobre la gaita hembra para el desarrollo de un modelo físico” de la Pontificia Universidad Javeriana²:

“La afinación de la gaita hembra está definida por la longitud del tubo de cactus y por la distancia entre los agujeros tonales. Es importante anotar que la notación utilizada es aproximada. En especial el La3 resulta bastante más bajo que el La3 occidental, ya que para poder producir este tono el intérprete debe impulsar un chorro de aire muy débil y la afinación del tono resultante es bastante inestable. Los tonos reciben su nombre por las posiciones de los dedos, sin importar la afinación de la gaita.

En el cuadro a continuación se pueden ver las notas que produce la gaita 1, la frecuencia de referencia occidental, las frecuencias resultantes de la gaita grabada, las diferencias entre las frecuencias y las frecuencias de referencia, los tonos reales aproximados que produce la gaita analizada, la posición de los dedos, el armónico en que se producen los sonidos y la desviación promedio. Este último parámetro se registra, ya que para cada tono de cada gaita grabada hay cuatro muestras y el parámetro de frecuencia producida es el promedio de

² HERNÁNDEZ, Juan Daniel. Estudio de acústica instrumental sobre la gaita hembra para el desarrollo de un modelo físico. Proyecto de grado (Maestro en música con Énfasis en Ingeniería de sonido). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Música. Bogotá, 2002.

las cuatro muestras. La diferencia con la frecuencia de referencia está dada en semitonos. Para hallar este parámetro se realizó el siguiente cálculo:

$$f_{12} = 2f_0 = 2^{\frac{12}{12}} f_0 \quad \text{Donde } f_{12} = \text{Octava de } f_0$$

$$f_n = 2^{\frac{n}{12}} f_0 \quad \text{donde } n = \text{número de semitonos desde } f_0$$

$$\Rightarrow n = \log_2\left(\frac{f_n}{f_0}\right)$$

Tabla de Frecuencias ideales y frecuencias reales. Gaita 1

Nota	Frecuencia de referencia occidental	Frecuencia producida por la gaita 1	Diferencia con la frecuencia de referencia	Nota real aproximada	Posición	n	Desviación promedio (en Hz)
La	220	194,3	-2,15	Sol	1	1	1,2
Si	246,9	214,6	-2,43	La	2	1	1,1
Do	261,6	238,9	-1,57	Sib	3	1	2,9
Re	293,7	268,7	-1,54	Do	4	1	3
La	440	400,4	-1,63	Sol	1	2	1,7
Si	493,9	435,4	-2,18	La	2	2	4,3
Do	523,3	478,4	-1,55	Sib	3	2	5,6
Re	587,3	542	-1,39	Do#	4	2	5,9
Mi	659,2	607,5	-1,41	Re#	1	3	6,1
Fa	739,9	667,7	-1,77	Mi	2	3	3,9
(#) Sol	783,9	740,6	-0,98	Fa#	3	3	5,5
La	880	827,1	-1,07	Sol#	1	4	5,1
Si	987,7	902,9	-1,55	La	2	4	5,5
Do	1046,4	975	-1,22	Si	3	4	4,6
Re	1174,6	1146,1	-0,43	Re	4	4	1,8
Mi	1318,4	1251,4	-0,07	Mi	1	6	4,1
Fa	1479,8	1417,5	-0,74	Fa	2	6	1,8
(#) Sol	1567,8	1608	0,43	Sol	3	6	10,8

La ecuación permite entonces obtener el intervalo en semitonos entre dos frecuencias conocidas. La menor variación en frecuencia audible por el ser humano es de aproximadamente cinco centésimas de semitono (0,05 semitonos)⁷. La frecuencia que más se acerca es el mi agudo en el que la diferencia es de solo siete centésimas de semitono (-0,07 semitonos).

Se puede observar como en cada registro la diferencia de afinación con la frecuencia de referencia cambia para cada nota. El parámetro evaluado para obtener una nota aproximada fue la diferencia en semitonos de la frecuencia grabada con la frecuencia de referencia. Esto, ya que la percepción de frecuencia del oído humano no es lineal sino logarítmica. A continuación la tabla 2 muestra los datos obtenidos para la gaita 2. Se registran los mismos parámetros que para la gaita 1.

Tabla de frecuencias ideales y frecuencias reales. Gaita 2

Nota	Frecuencia de referencia occidental	Frecuencia producida por la gaita 2	Diferencia con la frecuencia de referencia	Nota real aproximada	Posición	N	Desviación promedio
La	220	212,1	-0,63	Sol#	1	1	0,5
Si	246,9	234,3	-0,90	La#	2	1	0,5
Do	261,6	254,6	-0,46	Do (Si#)	3	1	0,8
Re	293,7	282,4	-0,67	Do#	4	1	0,8
La	440	428,1	-0,47	La	1	2	1,3
Si	493,9	472,6	-0,63	La#	2	2	1,0
Do	523,3	517,3	-0,20	Do (Si#)	3	2	4,3
Re	587,3	574,3	-0,38	Re	4	2	2,9
Mi	659,2	651,6	-0,20	Mi	1	3	2,8
Fa (#)	739,9	709,3	-0,73	Fa (natural)	2	3	2,7
Sol	783,9	779,3	-0,10	Sol	3	3	3,9
La	880	881,2	0,02	La	1	4	6,1
Si	987,7	965,7	-0,39	Si	2	4	1,4
Do	1046,4	1043,4	-0,05	Do	3	4	3,1
Re	1174,6	1147,2	-0,41	Re	4	4	7,3
Mi	1318,4	1312,9	-0,07	Mi	1	6	3,5
Fa (#)	1479,8	1420,2	-0,71	Fa (natural)	2	6	3,7

Los tonos la5 y do6 resultan prácticamente iguales a los tonos occidentales esperados, ya que la diferencia es menor que 5 centésimas de semitono. El tono mi6 es también bastante cercano, cosa que se debe esperar si se observa que este tono se produce en la misma posición que el la ya mencionado.

La escala que se espera obtener de la gaita hembra es un modo dórico aproximado desde la₄ (440 Hz). La gaita 2 resulta menos desafinada respecto a las frecuencias de referencia aisladas, pero para evaluar cuál de las 2 gaitas se acerca más al modo dórico es necesario cuantificar la diferencia en semitonos entre los tonos de cada una y compararlos con intervalos de referencia. Por otro lado, el parámetro de desviación % está dado en Hz.

Para obtener un dato más significativo se debe evaluar en semitonos respecto a los tonos centrales (frecuencias promedio) obtenidas en cada gaita. El cuadro a continuación compara los intervalos de un modo dórico y los obtenidos para cada gaita en semitonos. Se han descartado los tonos producidos en el primer armónico, debida su casi nula utilización en el repertorio. Los intervalos en semitonos para cada gaita son evaluados a partir de los datos de frecuencia y no directamente respecto a los tonos aproximados.”

Tabla de Intervalos ideales y reales

Nota	Intervalo ideal	Frecuencias gaita 1	Intervalo	Frecuencias gaita 2	Intervalo
La	2	400,4	1,45	428,1	1,71
Si		435,4		472,6	
Si	1	435,4	1,63	472,6	1,56
Do		478,4		517,3	
Do	2	478,4	2,16	517,3	1,56
Re		542		574,3	
Re	2	542	1,97	574,3	2,18
Mi		607,5		651,6	
Mi	2	607,5	1,63	651,6	1,46
Fa#		667,7		709,3	
Fa#	1	667,7	1,79	709,3	1,62
Sol		740,6		779,3	
Sol	2	740,6	1,91	779,3	2,12
La		827,1		881,2	
La	2	827,1	1,51	881,2	1,58
Si		902,9		965,7	
Si	1	902,9	1,33	965,7	1,34
Do		975		1043,4	
Do	2	975	2,79	1043,4	1,64
Re		1146,1		1147,2	
Re	2	1146,1	1,52	1147,2	2,33
Mi		1251,4		1312,9	
Mi	2	1251,4	2,15	1312,9	1,36
Fa#		1417,5		1420,2	
Fa#	1	1417,5	2,18		
Sol		1608			

3. TRANSFORMAR: El viento en sonido



4. TRANSMITIR: El movimiento del usuario al instrumento



5. TRANSFORMAR: El sonido en notas específicas



Anexo G.

Características acústicas del estudio de grabación⁴

1. Techos

- Paneles (atrapadores de bajos y difusores). *Material: hardboard perforado con fresca*
- Telas forradas. *Material: Fresca forrada en lona árabe (tela cruda porosa)*



Fuente: Los Autores

2. Paredes

- Superficies sólidas. *Material: Acustifibra*
- Paredes irregulares (de difusión para evitar resonancias y eliminar reverberaciones). *Material: Adobes de barro*
- Barras de madera (difusoras). *Material: Ceiba tolúa*
- Paredes convexas (eliminan el efecto del paralelismo de la pared recta del frente y difunde). *Material: Concreto*

⁴ Estudio de grabación del Ingeniero de Sonido Luis Jaime Ángel M.

Anexo H.

Reporte complementario de la prueba 1

Descripción detallada de la prueba.

Las gaitas que se encuentran en la actualidad, son de 3 tipos⁵:

- Gaita de aprendizaje: Es más suave y fácil de interpretar. Los orificios son más delgados. Es menos elaborada que la profesional.
- Gaita artesanal: Se fabrican masivamente para la venta, pero su uso final es más decorativo que musical. Su principal interés no es su sonoridad.
- Gaita profesional: Es más difícil de interpretar, tiene un mayor volumen al interpretarse. Es más estética, ya que es mejor elaborada en cuanto a materiales y acabados.

Se tienen en cuenta 7 gaitas de diferentes tipos y fabricantes de la costa Atlántica. Todas elaboradas en cardón y cera, con las siguientes características:

Gaita #1 (Ovejas - Sucre) / *Profesional* / Elaborada por Alexis

Gaita #2 (Ovejas - Sucre) / *Profesional* / Elaborada por Alexis Cárcamo.

Gaita #3 (C/gena - Bolívar) / *De aprendizaje* / Elaborada por Pleyo Guzmán.

Gaita #4 (Ovejas - Sucre) / *De aprendizaje* / Elaborada por Alexis Cárcamo.

Gaita #5 (San Jacinto - Bolívar) / *De aprendizaje* / Elaborada por Juan Lara.

Gaita #6 (San Jacinto - Bolívar) / *De aprendizaje* / Elaborada por Juan Lara.

Gaita #7 (San Jacinto - Bolívar) / *De aprendizaje* / Elaborada por Juan Lara.

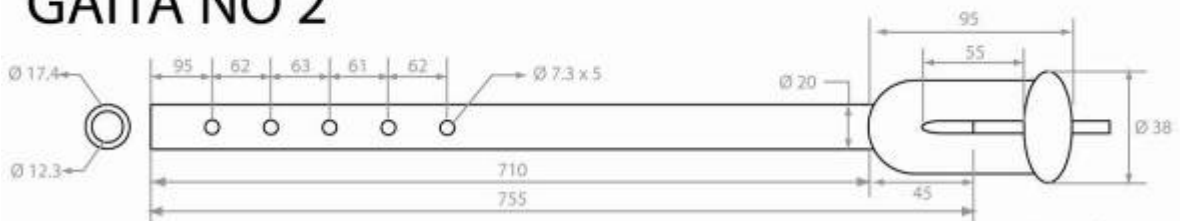
⁵ ENTREVISTA con Alexis Cárcamo, gaitero profesional. 2 de Febrero de 2006

GAITA NO 1



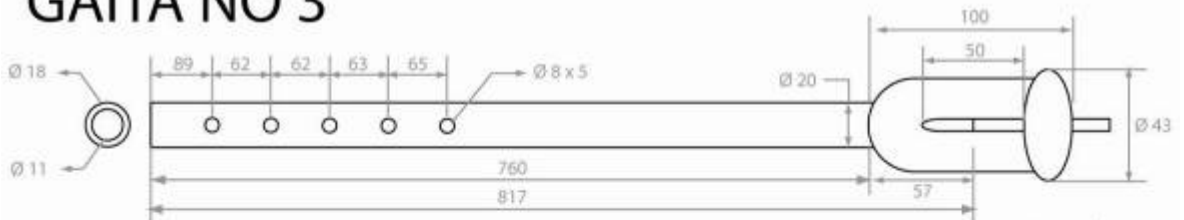
Solo registra 3 intensidades

GAITA NO 2



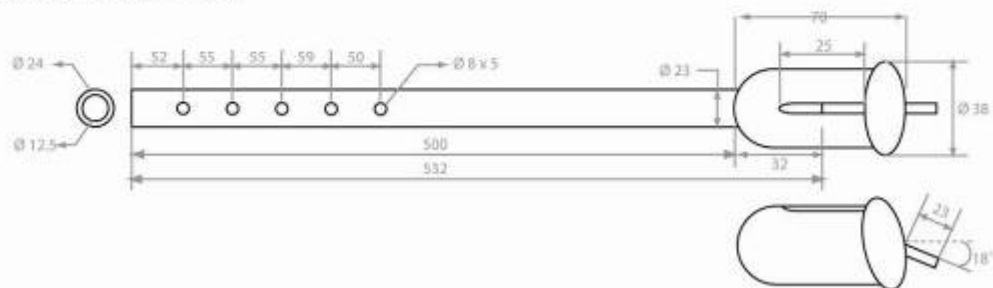
Solo registra 3 intensidades

GAITA NO 3

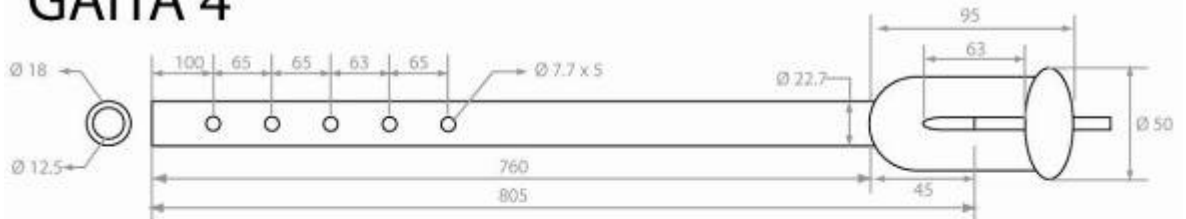


Solo registra 3 intensidades

GAITA corta

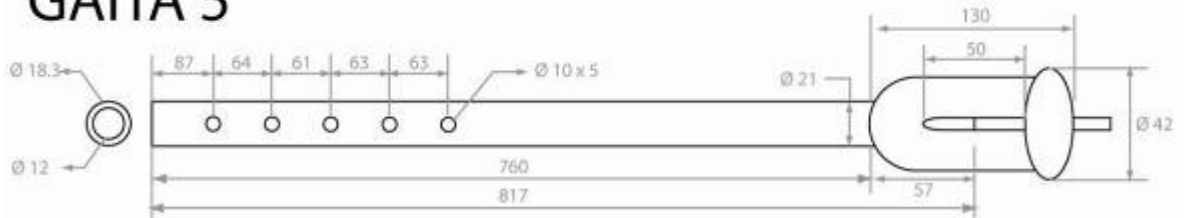


GAITA 4



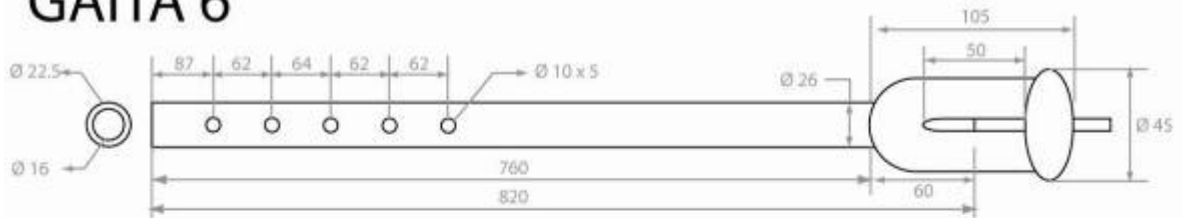
(La de Daniel)

GAITA 5



(De San Jacinto)

GAITA 6



(De San Jacinto, la mejor de todas)

GAITA 7



(De San Jacinto)

Fuente: Los autores

Características del entorno.

1. Estudio de grabación

Para la toma de muestras se utiliza un estudio de grabación de mediana dimensión, sin coloración y muy corta reverberación (seco).



Fuente: Los autores

2. Micrófono

Micrófono Neumann KM 184 (US\$2.000) direccional (solo toma el sonido de frente, no los ambientes). La distancia para la prueba entre el micrófono y la cabeza de la gaita. Aproximadamente 70cm (2/3 de la distancia entre la base del instrumento y su boquilla). Flujo de señal: Sala insonorizada, intérprete, instrumento, micrófono, consola, computador, software.

Instrumentos de Medición.

En términos físicos, el término *frecuencia* se refiere a la cantidad de ciclos por segundo de una onda, en este caso sonora. Para determinar las frecuencias de cada registro de la gaita, se emplea un *analizador de espectro*, el cual muestra cual de las frecuencias produce la máxima amplitud de onda. Este valor permite un acercamiento a la frecuencia de la nota fundamental que se interpreta (la que corresponde a la nota occidental), una frecuencia sinusoidal pura y sin armónicos, para compararla con la tabla estándar de frecuencias occidentales.

Al grabar los diferentes registros, aparentemente el micrófono toma toda la columna de aire, por lo cual la frecuencia registrada es la nota fundamental pero además le suma la de sus armónicos (el sonido bajo-bajo que siempre está presente y caracteriza el timbre de la gaita). Esto aumenta el número de Hertz de la muestra mientras más agudo sea el registro, haciendo difícil poder compararlo con una tabla estándar de frecuencias occidentales.

Para ocultar estos armónicos, es necesario ecualizar el analizador de espectro para eliminar los bajos de cada muestra, en los registros: bajo, medio y alto. Para mejorar la respuesta, se decide atenuar de 20 a 50Hz, por 20Db)

Proceso de toma de datos.

Se pide la colaboración a Alexis Cárcamo, gaitero de oficio, como fuente sonora, para que interprete todos los registros posibles en cada una de las gaitas, iniciando desde la nota más baja hasta terminar en la nota más alta. Por cada intensidad de soplo (bajo-bajo, bajo, medio y alto), se producen 5 notas, desde los 4 orificios tonales tapados, destapando uno por uno hasta dejar los 4 al aire, para un total de 20 registros por gaita (en ese orden).



Fuente: Los autores

Adicionalmente, se le pide al músico, que interprete una misma melodía, en cada una de las gaitas, para comprobar las diferencias según las variaciones de sonido más representativas de cada una.

Todas las muestras se registran en el software *Digital Performer* de plataforma MAC. Tanto el sonido como el comportamiento de las ondas correspondientes.



Fuente: Los autores

Reporte de resultados:

Los siguientes son los resultados obtenidos en cada una de las 7 gaitas interpretando sus 20 registros en orden, según las diferentes intensidades de soplo BB (bajo-bajo), B (bajo), M (medio) y A (alto) y los orificios tapados en cada registro (4 para todos los orificios, 0 para la gaita al aire), destapando consecutivamente de abajo hacia arriba.

Se presentan además las celdas amarillas, como las frecuencias más cercanas a La (A) 440Hz como base de afinación.

Tabla de registros tomados de las siete gaitas

			GAITA 1		GAITA 2		GAITA 3		GAITA 4	
			Hz	Nota aprox.	Hz	Nota aprox.	Hz	Nota aprox.	Hz	Nota aprox.
1	BB	4	198	G2 (196)	223	A2 (220)	198	G2 (196)	198	G2 (196)
2	BB	3	223	A2 (220)	248	B2 (246,9)	225	A2 (220)	223	A2 (220)
3	BB	2	246	B2 (246,9)	271	C3# (277)	246	B2 (246,9)	246	B2 (246,9)
4	BB	1	269	C3 (262)	305	D3# (311)	269	C3 (262)	269	C3 (262)
5	BB	0	397	G3 (392)	305	D3# (311)	307	D3# (311)	307	D3# (311)
6	B	4	449	A3 (440)	449	A3 (440)	445	A3 (440)	449	A3 (440)
7	B	3	492	B3 (494)	492	B3 (494)	496	B3 (494)	449	A3 (440)
8	B	2	585	D4 (588)	539	C4(523)-#(554)	539	C4(523)-#(554)	496	B3 (494)
9	B	1	635	D4# (622)	590	D4 (588)	590	D4 (588)	590	D4 (588)
10	B	0	635	D4# (622)	640	D4#(622)-E4(659)	640	D4#(622)-E4(659)	640	D4#(622)-E4(659)
11	M	4	678	E4(659)-F4(698)	891	A4 (880)	898	A4 (880)	898	A4 (880)
12	M	3	794	G4 (784)	992	B4 (988)	984	B4 (988)	898	A4 (880)
13	M	2	891	A4 (880)	1077	C5 (1046)	1077	C5 (1046)	992	B4 (988)
14	M	1	984	B4 (988)	1170	D5 (1175)	1170	D5 (1175)	1170	D5 (1175)
15	M	0	1077	C5 (1046)	1170	D5 (1175)	1368	F5 (1397)	1281	D5# (1244)
16	A	4	891	A4 (880)	1270	D5# (1244)	1170	D5 (1175)	1368	F5 (1397)
17	A	3	891	A4 (880)	1086	C5 (1046)	1170	D5 (1175)	1450	F5# (1480)
18	A	2	992	B4 (988)	1357	E5(1318)-F5(1397)	1077	C5 (1046)	1641	G5# (1661)
19	A	1	1177	D5 (1175)	1270	D5# (1244)	1170	D5 (1175)	1450	F5# (1480)
20	A	0	1281	D5# (1244)	1179	D5 (1175)	1358	E5(1318)-F5(1397)	1641	G5# (1661)

			GAITA 5		GAITA 6		GAITA 7	
			Hz	Nota aprox.	Hz	Nota aprox.	Hz	Nota aprox.
1	BB	4	198	G2 (196)	198	G2 (196)	198	G2 (196)
2	BB	3	223	A2 (220)	223	A2 (220)	223	A2 (220)
3	BB	2	246	B2 (246,9)	246	B2 (246,9)	246	B2 (246,9)
4	BB	1	269	C3 (262)	269	C3 (262)	269	C3 (262)
5	BB	0	305	D3# (311)	305	D3# (311)	305	D3# (311)
6	B	4	449	A3 (440)	397	G3 (392)	397	G3 (392)
7	B	3	445	A3 (440)	445	A3 (440)	445	A3 (440)
8	B	2	492	B3 (494)	492	B3 (494)	492	B3 (494)
9	B	1	585	D4 (588)	539	C4(523)-#(554)	539	C4(523)-#(554)
10	B	0	635	D4# (622)	585	D4 (588)	635	D4# (622)
11	M	4	635	D4# (622)	794	G4 (784)	678	E4(659)-F4(698)
12	M	3	678	E4(659)-F4(698)	891	A4 (880)	725	F4# (740)
13	M	2	794	G4 (784)	984	B4 (988)	794	G4 (784)
14	M	1	891	A4 (880)	1077	C5 (1046)	891	A4 (880)
15	M	0	984	B4 (988)	1270	D5# (1244)	1077	C5 (1046)
16	A	4	891	A4 (880)	1270	D5# (1244)	1170	D5 (1175)
17	A	3	984	B4 (988)	1170	D5 (1175)	1270	D5# (1244)
18	A	2	1077	C5 (1046)	984	B4 (988)	1077	C5 (1046)
19	A	1	1170	D5 (1175)	1077	D5 (1175)	984	B4 (988)
20	A	0	1270	D5# (1244)	1270	D5# (1244)	1270	D5# (1244)

Como todas las gaitas presentan registros diferentes, al final se elabora un promedio de la frecuencia obtenida (en Hertz) en los registros de cada nota, con el fin de identificar una nota real posible en cada posición.

Tabla de promedios de frecuencias y notas aproximadas

			PROMEDIO Hz	NOTA APROX
1	BB	4	198	G2 (196)
2	BB	3	226,8	A2 (220)
3	BB	2	249,5	B2 (246,9)
4	BB	1	274,1	C3# (277)
5	BB	0	318,7	D3# (311)
6	B	4	433,5	A3 (440)
7	B	3	466,28	A3# (466)
8	B	2	519,2	C4 (523)
9	B	1	581,1	D4 (588)
10	B	0	630	D4# (622)
11	M	4	781,7	G4 (784)
12	M	3	941,25	A4# (932)
13	M	2	1004,2	B4 (988)
14	M	1	1114,2	C5# (1109)
15	M	0	1175,2	D5 (1175)
16	A	4	1249,6	D5# (1244)
17	A	3	1188,3	D5 (1175)
18	A	2	1172,1	D5 (1175)
19	A	1	1185,4	D5 (1175)
20	A	0	1271,3	D5# (1244)

Sin embargo, esta conclusión no muestra seguir una escala de afinación musical establecida, aunque los registros BB (Bajo Bajo) y B (Bajo) de las gaitas intentan seguir un patrón que se ajustarían más técnicamente a una escala musical occidental, igual que como se encuentra en otro tipo de instrumentos de viento.

Tabla de tendencias de los registros

			TENDENCIA	COMENTARIOS
1	BB	4	G2 (196)	Gaita 2 sube a A2
2	BB	3	A2 (220)	Gaita 2 sube a B2
3	BB	2	B2 (246,9)	Gaita 2 sube a C3#
4	BB	1	C3 (262)	Gaita 2 sube a D3#
5	BB	0	D3# (311)	Gaita 1 sube a G3
6	B	4	A3 (440)	Gaita 6 y 7 bajan a G3
7	B	3	B3 (494) -A3 (440)	
8	B	2	B3 (494)	Gaitas 1, 2, 3 suben a C4 y D4
9	B	1	D4 (588)	Gaitas 6 y 7 bajan casi a C4
10	B	0	D4# (622)	La mayoría tienden a subir a E4
11	M	4	A4 (880)	La mayoría tienden a bajar casi hasta E4
12	M	3	B4 (988) -A4(880)	La tendencia es a bajar
13	M	2	B4 (988) -C5 (1046)	
14	M	1	D5 (1175)	La tendencia es a bajar
15	M	0	D5# (1244)	La tendencia es a bajar
16	A	4	D5# (1244)	La tendencia es a bajar
17	A	3	D5 (1175)	Inestable
18	A	2	C5 (1046)	Inestable
19	A	1	D5	
20	A	0	D5# (1244)	La tendencia es a subir

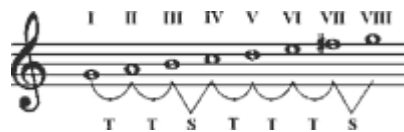
Al revisar los registros de manera individual, se encuentra que la Gaita 6, sigue un patrón de notas relativamente estable hasta la intensidad M (medio), ajustándose de manera más técnica a una afinación en SOL, ya que registra las 5 primeras notas de esta escala. De esta manera, se decide investigar más sobre esta escala musical para continuar con los estudios de diseño del tubo sonoro de la gaita.

No obstante, como la gaita es un instrumento que sólo tiene cinco orificios, esta es la cantidad de notas posibles de interpretar en el instrumento secuencialmente. En la prueba de registros secuenciales, en la gaita no se produce ni MI ni FA. Es pertinente entonces, que para fines de diseño de un instrumento musical afinado en una escala occidental, deban incluirse estas dos notas dentro del registro de la escala secuencial del instrumento.

En varios instrumentos tradicionales de diversas culturas, se utilizan las escalas pentatónicas, que son escalas que sólo registran cinco notas musicales. Sin embargo, sólo hay dos clases de escalas pentatónicas identificadas: de DO y de LA, así que se descarta este caso, ya que la afinación de la gaita hembra tradicional comienza en SOL.

Investigación posterior al análisis de resultados:

Escalas de SOL (G) en instrumentos de viento⁶:



En la GAITA 6 encontramos 5 notas de la escala de Sol, solamente faltan MI y FA#, pero esto es porque la gaita solo tiene 5 orificios.

Armónicas Diatónicas

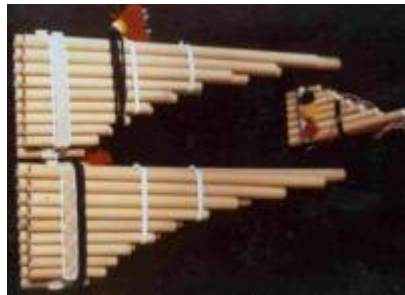
Las armónicas diatónicas permiten obtener escalas diatónicas al soplar o aspirar sobre los orificios (o *canales*) sin realizar operaciones especiales. Una escala diatónica es la que tiene los tonos y semitonos propios de su tonalidad, sin alteraciones. Por ejemplo una armónica diatónica afinada para la tonalidad de Sol dará las notas:

SOL - LA - SI - DO - RE - MI - FA#

⁶ MANUS , Ron & Steve. Introducción a la armónica
<<http://webdiis.unizar.es/~briz/harps/hints.html>>

Obtener un do# puede ser imposible o bien requerir una técnica especial *bending* para alterar el sonido, según el tipo de armónica. El *bending* consiste en alterar la nota de ciertos canales en uno o varios semitonos al aspirar o soplar sobre él.

1. Zampoñas Malta⁷. De 9 y 10 tubos, escala ,Sol Mayor, es una octava intermedia entre la Sanka y el Chuli. Estas son las zampoñas mas utilizadas por los diferentes grupos musicales. Material de Zongo, de Alto Beni y los yungas, va con su colgador.



2. Zampoña Sanka. De 6 y 7 tubos, 4.40, escala SOL Mayor, octava baja, tono MI, adornado con un tejido nativo como colgador. Las zampoñas se han diseñado en diversos estilos, con variaciones de afinación (existen varios tamaños para llegar a escalas diferentes), además hay otras con diferentes cantidades de tubos (de 9, 10 y 12 en adelante) para alcanzar otras notas musicales y/o semitonos que el instrumento tradicional no registraba.

3. Corno Ingles. El corno ingles es un instrumento transpositor porque suena una quinta más baja de lo escrito, por ejemplo, el sonido de la escala de do requiere una anotación en la escala de sol⁸.

⁷ La Paz, Bolivia <www.clarkenorosco.com/vientos/Zamponas/zamponas.htm>

⁸ Orquesta Sinfónica de Aragua. <www.venaventours.com/aragua/orquesta.htm>

4. La Trompeta. La Trompeta se fabrica en varios tonos: sol, la, si bemol, re, do y casi todos son instrumentos de transposición.

5. Quena y Quenacho⁹. Aerófono típicamente andino. Es construído comunmente de bambú proveniente de las zonas subtropicales de Bolivia, Perú y Ecuador. También se le construye de greda, cobre y hueso. La caña de bambú permite obtener también de ella otro de los instrumentos típicos: el Quenacho, cuya forma es idéntica a la de la quena, pero de mayor tamaño y con una afinación más grave que ésta. El quenacho se afina normalmente en escala de Re mayor y la quena lo hace en escala de Sol mayor.



6. Flauta traversa. Algunos tipos de flauta traversa están afinados en escala de Sol.

Causas de error:

Frecuencias no proporcionales

- Aproximar las frecuencias no constituyen un fenómeno proporcional, sino exponencial. Por ejemplo, a 10hz, son necesarios 20Hz para aumentar una

⁹ Barroco Andino <www.barrocoandino.scd.cl/instrumentos.html>

octava y que la perciba el oído humano. A 5.000Hz, son necesarios 10.000Hz para cambiar de octava.

Esfuerzos del intérprete

- La tercera octava es el punto a partir del cual más varían las diferentes gaitas. Es aquí donde verdaderamente se juzga la calidad de afinación del instrumento. El ideal es que solo con la digitación y un ángulo correcto para la producción del sonido desde la boquilla, dé la nota sin variar drásticamente ni la postura del intérprete frente al micrófono, ni la embocadura, ni el esfuerzo.

Anexo I.

Reporte complementario de la prueba 2

Características del entorno.

Taller Piedras Blancas. Fabricación de Instrumentos musicales folklóricos.
Cr.52 No.88sur-149. Ancón-La Estrella-Antioquia. Teléfono (057) 2795743



Fuente: Los autores

Descripción del proceso.

1. ELABORACION DE CABEZAS DE MADERA

Material: Madera puerto o madera común

1. Se toma un bloque de madera de 3 x 3 pulgadas y se le hace la perforación
2. Luego se tornea por fuera para darle la forma cilíndrica. Se recomienda trabajar el torno sobre plato y no sobre punto.
3. Se pulen los detalles para darle la forma de cabeza de gaita.
4. Se ajusta la precisión de los ensamblés
5. Se ajusta la boquilla para que suene bien



Fuente: Los autores

2. DISEÑO DE TUBOS SONOROS EN DISTINTAS AFINACIONES.

Material: Tubo de PVC de agua. Diámetros exteriores de 26mm (3/4”) y de 21mm (1/2”). El primer paso para probar afinaciones occidentales y lograr la concepción de octavas para mejorar la gaita referente, es a partir de modelos de tubos sonoros con 6 agujeros tonales¹⁰. Esto con el fin de producir todas las notas que necesita cada escala y, simplemente, aumentar la intensidad del soplo para subir por presión de aire a la octava siguiente.

- **AFINACIÓN EN SOL.** Se toma como referencia la flauta traversa artesanal de SOL, porque tiene una escala similar a la que registra la gaita. La idea es obtener la misma afinación de esta, pero una octava por debajo, porque la gaita suena más grave.
- **AFINACIÓN EN FA#.** Se toma como referencia la flauta traversa artesanal de FA y se elabora un tubo de igual diámetro, con las perforaciones en las mismas posiciones.
- **OTRAS ESCALAS.** Este procedimiento sigue tomando como referencia otros instrumentos con afinaciones diferentes (en DO, RE, MI, FA, SOL, LA y SI) y se fabrican los tubos correspondientes a ellos, con los orificios en

¹⁰ ENTREVISTA con Juan Fernando Hincapié, experto en etnomusicología. 26 de Noviembre de 2006.

las posiciones iguales. Dependiendo de la nota en la cual se afina, el tubo sonoro es más corto o más largo, según sea el caso. Igualmente, se fabrican y comparan tubos de los dos diámetros mencionados.



Fuente: Los autores

Proceso de toma de datos.

Gaitas delgadas (Diámetro 26mm ó 3/4"):

1. SOL corta

- Muy cómoda para tocar.
- Por su tamaño, no es necesario usar los dedos meñiques.
- No se utilizan las falanges de los dedos, se toca solo con las yemas.



Fuente: Los autores

2. FA# corta

- Se sacan las mismas conclusiones que el modelo anterior.
- Los registros altos se dan con más dificultad. (Entre más largo el tubo, más graves serán los sonidos que registre).



Fuente: Los autores

3. RE corta

- No se alcanza a tapar el primer orificio con comodidad.
- Es suficiente con las yemas de los dedos, pero por la costumbre del gaitero, tiende a buscar la manera de utilizar la falange de los dedos.



Fuente: Los autores

4. DO

- Sonido muy afinado.
- No se alcanza a tapar el primer orificio con comodidad. El dedo meñique es forzado hasta esta posición crítica.
- El cuarto orificio presenta la misma situación para el dedo anular, un tanto menos crítica.



Fuente: Los autores

5. LA

- Esta configuración propone 4 orificios por delante (los empleados por la gaita tradicional) y otros 2 detrás escondidos para tapar con los pulgares.
- Muy incómoda de tocar, porque los orificios están muy distantes y al usar los pulgares, se pierde agarre.



Fuente: Los autores

6. SOL# larga

- Emula la gaita referente
- Los registros altos se dan con dificultad
- Presenta más problemas de ergonomía al adaptar los seis orificios.

Gaitas gruesas (Diámetro 21mm ó 1/2"):

1. DO

- Por el diámetro, son mejores los registros bajos, pero los registros altos se dan con mayor dificultad que en la gaita de tubo delgado.
- Continúa el problema de la gaita delgada en DO (C) al no alcanzar a tapar el primer orificio con comodidad. El meñique es forzado hasta esta posición.
- En comparación con la gaita delgada, la distancia entre los orificios es mayor, por lo tanto, ergonómicamente resulta ser más deficiente.



Fuente: Los autores

2. SOL

- Incómoda de tocar. El intérprete tiende a buscar la manera de utilizar la extensión de los dedos (falanges).

- Los registros altos se dan con mayor dificultad que en la gaita delgada.



Fuente: Los autores

3. SOL#

- Se sacan las mismas conclusiones que el modelo anterior.



Fuente: Los autores

Causas de error.

- La calidad del sonido se ve afectada por la manufactura de la cabeza de madera y el ensamble de sus componentes: Mucha distancia entre la boquilla y el tubo (en el caso de la cabeza para tubos gruesos) y además, las paredes de la cabeza de madera, deben ser completamente lisas (sin protuberancias, fibras ni filamentos).

Anexo J.

Reporte complementario de la prueba 3

Descripción de la prueba.

Se tienen en cuenta 3 modelos de gaitas con diferentes diseños y afinaciones (SOL aguda, DO y SOL# tradicional). Los tubos son elaborados en PVC y se utiliza la misma cabeza de resonancia removible previamente fabricada en madera torneada y tallada.



Fuente: Los autores

Instrumentos de Medición.

La afinación de cada registro sonoro se determina mediante un módulo del software *Digital Performer*. El módulo se compone de una pantalla cuadrada, donde las columnas representan el tiempo de duración del sonido y las filas ilustran el sonido grabado (espectros en lila) y la afinación correspondiente a cada espectro (barras rojas). En la parte izquierda de la pantalla se encuentra la escala de notas musicales, cada una de las notas representa una fila completa. La ubicación de la barra roja correspondiente a cada espectro muestra que tan afinada (por encima o por debajo de la nota) está según sea su desfase en la cuadrícula.



Fuente: Los autores

Causas de error.

Esfuerzos del intérprete

- La intensidad con la que el intérprete sopla el instrumento puede ser un factor leve de desafinación.

Ruido en la grabación

- El sonido del soplo del instrumento puede afectar levemente el registro de las notas en el software. En las notas más altas registradas en cada gaita, el software presenta dificultad en la identificación de la nota, ya que es más fuerte el sonido del soplo que el del registro de la gaita.

Sonido con vibrato

- Los sonidos con vibrato hacen que la nota real interpretada sea más difícil de identificar, ya que presenta variaciones en la afinación hacia arriba y hacia abajo.

Anexo K.

Cálculos de frecuencias exactas

Conceptos teóricos para la elaboración de cálculos¹¹:

- Las frecuencias occidentales varían logarítmicamente de octava en octava. Quiere decir que es necesario duplicar la frecuencia anterior.
- Tendremos en cuenta que una octava se divide en intervalos de 12 semitonos, semejantes al oído pero a diferentes frecuencias.
- En función de estandarizar la afinación, sería necesario calcular las frecuencias que queremos obtener, con una ecuación en función a la distancia. Ya que no existe, determinamos la frecuencia inicial y a partir de esta la frecuencia logarítmica de la octava siguiente. Con esta encontramos la Longitud por regla de 3 (ya que es inversamente proporcional). Determinando las dimensiones que necesita el diseño del instrumento para lograr ese registro. La siguiente es la ecuación principal que utilizaremos:

$$f_n = 2^{\frac{n}{12}} f_0 \text{ donde } n = \text{número de semitonos desde } f_0 \quad \Rightarrow n = \log_2\left(\frac{f_n}{f_0}\right)$$

Fórmula 1.

Donde f_0 = Frecuencia inicial, n = Semitonos (1/2 o 1 si queremos ir de nota en nota, 12 si queremos aumentar una octava completa), f_n = Frecuencia final.

¹¹ HERNÁNDEZ, Juan Daniel. Estudio de acústica instrumental sobre la gaita hembra para el desarrollo de un modelo físico. Proyecto de grado (Maestro en música con Énfasis en Ingeniería de sonido). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Música. Bogotá, 2002.

- Para determinar las distancias de los agujeros tonales, utilizamos el principio de que su ubicación permiten modificar la longitud del tubo sonoro, que se relaciona con la longitud de onda así:

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

Fórmula 2.

Donde λ es la longitud de onda, L es la longitud del tubo y n al modo de vibración.

Si todos los agujeros tonales son tapados, la longitud del tubo sonoro se mide desde el extremo superior hasta el extremo inferior. A medida que los agujeros tonales son destapados, la longitud del tubo se mide desde el extremo superior hasta el primer agujero destapado.

Anexo L.

Biomecánica y tipos de movimientos

1.1. Movimientos repetitivos (dedos índice y anular) ¹²:

La velocidad de pulsación de cada uno de los dedos, es proporcional la exactitud y la respuesta psicomotriz de cada dedo. Según estudios, los dedos índices y medios son los que tenemos más acostumbrados para ejercer movimientos y con los que podemos desarrollar más velocidad.

1.2. Movimientos de manipulación (dedos pulgar y corazón):

Comprende el manejo y sujeción del instrumento con dos dedos de ambas manos, en posición fija durante toda la melodía y que aseguran la movilidad de los otros dedos si que el instrumento pierda estabilidad.

3.1.3. Movimientos continuos (manos):

Se dispone de un control (las manos) que en forma permanente se están operando para hacer ajustes, de acuerdo al cambio que el intérprete realice en sus dedos. Es un proceso de realimentación de los estímulos.

Si se trata de girar la mano para sostener la gaita, la fuerza ejercida está relacionada con la posición de la mano y la dirección de giro, si se efectúa la *pronación* (hacia adentro) la fuerza es mayor cuando el movimiento de la mano proviene desde afuera. Si se efectúa la *supinación* (hacia afuera) la fuerza es mayor si la mano está girando inicialmente hacia adentro.

¹² ESTRADA, Jairo. Ergonomía. Editorial Universidad de Antioquia. 2da. Edición. Colección Yuluka / Salud Pública. Pág. 95-96.

3.1.4. Movimientos en serie (brazo):

Son movimientos espaciados y aleatorios. Se ejecutan en una secuencia donde el tiempo de desplazamiento del brazo, se ve afectado por la naturaleza de la operación y por el movimiento anterior y posterior (rotación hacia arriba y abajo). Nos referimos a los movimientos del intérprete cuando se balancea al imprimirle emoción a la canción que interpreta.

Los movimientos básicos son elevar y bajar. Son más fuertes cuando el antebrazo está al lado del cuerpo.

El movimiento del codo en flexión (doblando) es más fuerte que la acción de extensión, y la fuerza de flexión es máxima con el codo inclinado en un ángulo recto. La actividad del hombro es generalmente más fuerte que la del codo y en posición sentado, la extensión del hombro (empujar hacia arriba) es más fuerte que la flexión.

3.1.5. Movimiento de ajuste estático (Antebrazo):

Hay ausencia de movimiento, pues se trata de mantener la posición de un miembro del cuerpo por un periodo prolongado, lo que implica un esfuerzo físico adicional; sostener la gaita.

La fuerza en el movimiento hacia adentro (para sujetar el tubo sonoro) depende de la posición del brazo.

Para efectuar un movimiento de posición, agarrar con las manos y mantener esa posición, hay que considerar las diferencias de fortaleza de las personas, tanto para agarrar como para mantener la posición. Igualmente, esto genera gastos energéticos cuando estas acciones se hacen prolongadas.

ANEXO M.

Gastos energéticos en la interpretación de la gaita

Gastos energéticos

El músculo necesita, para su contracción, energía en forma de ATP, la cual se consume en los primeros segundos de la contracción, por lo que el músculo recurrirá a otras fuentes energéticas para continuar la actividad. En el caso de la gaita que no implica hacer fuerza, es una contracción *isotónica*¹³ (en tensión constante), la cual en acciones prolongadas genera los siguientes consumos energéticos:

1. Gastos energéticos para actividades de movimientos moderados de brazo y alto de manos y dedos:¹⁴
 - Sentado: 1.88 a 2.31 Kcal/min
 - De pie: 2.31 a 2.73 Kcal/min

El gasto metabólico de estar de pie supera un 22% el metabolismo basal (nivel energético vital necesario en estado de reposo).

2. Carga estática:¹⁵
 - Sentado normal: 0.06 Kcal/min

¹³ MAPFRE. 20 preguntas básicas para aplicar la ergonomía en la empresa: Diseño de herramientas. Instituto de Ergonomía MAPFRE. Universidad de Zaragoza. 2001. Pag.48-50

¹⁴ ARAUJO, Couto H. Fisiología Do Trabalho Aplicada. Belo Horizonte 1978

¹⁵ Valores propuestos por F. Guelaud 1975 y Lehmann 1960.

- De pie normal: 0.16 Kcal/min
- De pie con brazos a la altura de los hombros: 0.30 Kcal/min

3. Esfuerzos musculares (Intensidad ligera de esfuerzo):

- Manos: 0.5 Kcal/min
- 2 brazos: 1.7 Kcal/min
- Cuerpo: 3.2 Kcal/min

4. Cargas según peso¹⁶:

Peso aproximado de la gaita referente: 300gr

K subir: 0.71N

K bajar: 0.4N

5. Fuerzas máximas de agarre:

- Hacia arriba (Dirigir el instrumento hacia la boca)
Sentado 40N y de pie 70N
- Tracción (Sujetar el tubo con los dedos)
Sentado 180N y de pie 70N
- Hacia adentro (Alinear la gaita al centro del cuerpo)
Sentado 60N y de pie 60N

¹⁶ ESTRADA, Jairo. Ergonomía. Editorial Universidad de Antioquia. 2da. Edición. Colección Yuluka / Salud Pública. Pag. 164

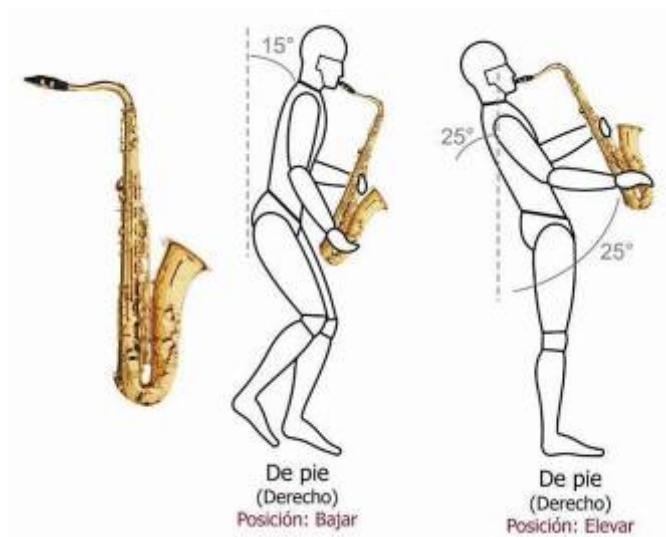
Anexo N.

Análisis de ergonomía en otros instrumentos de viento¹⁷

Clarinete soprano:



Saxofón tenor:



¹⁷ ENTREVISTA con José Julián Botero. Clarinetista. 29 de Noviembre de 2006
Análisis fotográfico y asistencia a ensayo de la Orquesta Sinfónica de la Universidad EAFIT

Fagot:



Evaluación:

1. En el *clarinete*, el ángulo de giro para la columna es de 80° en extensión hacia atrás. Esto es posible sin tanto esfuerzo debido a que aunque las dimensiones del instrumento son semejantes a la gaita, la distribución de las llaves de los orificios están más cercanas a la boca y no al extremo del instrumento.
2. En el *saxofón*, la interpretación no es completamente erguida. En los movimientos de bajar y elevar, ya que el instrumento no es tan largo, se pueden flexionar un poco las piernas para distribuir mejor el peso y reducir el esfuerzo lumbar. Aparte de esto, la mano derecha no hace demasiada flexión como sí ocurre en la gaita, ya que el sistema de llaves laterales permite conservar la posición neutral del brazo.
3. El *fagot* es un instrumento muy largo y además de esto grueso, por lo cual tiene un sentido especial su diseño. El diseño de sus orificios para cada una de las 2 manos están distanciados, y así sujetarlo con más firmeza. Para mejorar los puntos de apoyo y soportar el peso del tubo sonoro, se inclina unos grados hacia el coxis e igualmente de lado, apoyándolo sobre el muslo.

Anexo O.

Posibles riesgos de salud en la interpretación de la gaita

Lesiones en miembros superiores¹⁸:

La aparición de un desorden de trauma acumulativo a nivel de dedos, mano y antebrazo, con tendinitis, tenosinovitis, síndrome de túnel del carpo, etc. Adicionalmente, como la muñeca debe conservar una posición que permita sostener los dedos hacia las llaves u orificios (movimiento de aducción), se hace una flexión en ella que puede conllevar a esfuerzo inadecuado y que puede acarrear un síndrome de túnel del carpo. Se puede producir estrés significativo en las articulaciones y en sus tejidos blandos adyacentes.

Fatiga muscular:

Es una manifestación localizada como consecuencia de esfuerzos físicos, causado por contracciones prolongadas de grupos musculares (trabajos estáticos), como la postura de pie del intérprete, los movimientos de sus miembros superiores y el sostenimiento prolongado del instrumento sin más apoyos. Puede disminuir la respuesta, fuerza y velocidad de los movimientos.

Disnea (Falta de oxígeno):¹⁹

Una persona respira entre 10 y 15 veces por minuto. Este ritmo normal de respiración proporciona al cuerpo el oxígeno necesario. La sensación de falta de aire se debe al esfuerzo producido para soplar por la boquilla los registros altos. En este tiempo, se hacen menos periódicos los intercambios de aire.

¹⁸ READER'S DIGEST. El gran libro de la salud. Enciclopedia Médica. 1971

¹⁹ Tu Salud <www.tusalud.com.mx/121705.htm>

En casos extremos, puede causar: Asma, problemas sanguíneos o cardíacos o efisema pulmonar (pérdida de elasticidad dificultando la entrada de aire nuevo), al alterar la continuidad del ritmo respiratorio y aumentar el cardíaco.

Tabla de Trabajo en función respiratoria y cardíaca:²⁰

Oxígeno necesario	
Tipo de trabajo	Litros/Minuto
Trabajo ligero	Hasta 0,5
Trabajo moderado	Entre 0,5 y 1
Trabajo pesado	Entre 1 y 1,5
Trabajo muy pesado	Entre 1,5 y 2
Trabajo extremado	Más de 2
Frecuencia cardíaca	
Tipo de trabajo	Latidos/Minuto
Trabajo ligero	Hasta 90
Trabajo moderado	Entre 90-110
Trabajo pesado	Entre 110-130
Trabajo muy pesado	Entre 130-150
Trabajo extremado	Entre 150-170

Como señalamos en la tabla, la gaita se encuentra en el más alto nivel de necesidad de oxígeno, por lo que es necesario prestar especial interés a los efectos producidos al alcanzar registros altos. La frecuencia cardíaca depende mucho, de la exigencia de la melodía y de las características individuales del intérprete: edad, forma física y cuadro cardíaco. Un promedio entre los registros bajos y los altos, sería aproximadamente entre 110-150 latidos/minuto.

²⁰ MAPFRE. 20 preguntas básicas para aplicar la ergonomía en la empresa: Diseño de herramientas. Instituto de Ergonomía MAPFRE. Universidad de Zaragoza. 2001. Pag.66-68

Ruido²¹:

Es la variación molesta del sonido. La escala de presión sonora va de 0 dB (umbral de audición) hasta unos 120-140 dB (umbral de dolor), igualmente el oído percibe entre 20 y 20.000 Hz. La gaita produce sonidos agudos que según el ruido de fondo y la cercanía al instrumento, pueden resultar irritables. La música debe superar el nivel de ruido de fondo para poderse oír y estar mínimo a 10dB de diferencia por encima de este, que no debe superar 70-80dB, límite de nivel de presión sonora a partir de la cual causa fatiga auditiva. El problema se presenta no sólo al alcanzar este nivel, sino al agregarle el tiempo de exposición a este y la distancia a la que la persona se encuentre de la fuente sonora.

Según la OSHA²², se indican los siguientes tiempos máximos a los que se puede escuchar un nivel determinado de presión acústica:

Tabla de SPL (Sound pressure level SPL) y tiempos.

SPL (Db)	Horas
90	8
95	4
100	2
105	1
110	1/2
115	1/4
120	Daño inmediato

Otras posibles consecuencias:

El esfuerzo físico requerido para lograr el sonido adecuado, puede llegar a ocasionar fuertes dolores de cabeza. Se comenta en el medio, que en algunos casos ya muy extremos y poco frecuentes, generar lesiones inguinales y hasta probables disfunciones sexuales.

²¹ Ibid. Pag.330-340

²² Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los EEUU

Anexo P.

Criterios de evaluación para el Método Harris²³

Precio

- +2 Llega al precio esperado
- + 1 Cerca del promedio
- 1 Excede un poco lo esperado
- 2 Lejos del precio

Nivel innovación

- +2 Buenos excitantes
- + 1 Sólo diferenciadores
- 1 Presenta insatisfactorios
- 2 Más aspectos enfurecedores

Obtención de Materias primas

- +2 Recursos accequibles en el país
- + 1 Recursos del exterior
- 1 Recursos escasos o exclusivos
- 2 Recursos de impactos ambientales en su explotación

Costos de partes y componentes

- +2 Componentes comerciales
- + 1 Desarrollo de componentes
- 1 Componentes especiales
- 2 Componentes altamente exclusivos

²³ PUGH, Stuart. Adaptación del método de selección del concepto, desarrollado en 1990.

Costos de manufactura

- +2 Procesos comerciales disponibles simples
- + 1 Procesos comerciales más especializados
- 1 Adquirir maquinaria especializada
- 2 Maquinaria escasa, difícil de adquirir

Costos de mano de obra

- +2 Obreros no necesitan capacitación
- + 1 Obreros necesitan capacitación
- 1 Necesita m.o. más especializada
- 2 Necesita m.o. Demasiado exclusiva

Desarrollo de tecnología

- +2 Investigación para nueva tecnología
- + 1 Rediseño de un producto existente
- 1 Poco desarrollo de tecnología
- 2 No hay ningún tipo de innovación

Confiabilidad

- +2 Cumple función mejor que sus productos referentes
- + Cumple función al menos igual que sus productos referentes
- 1 No alcanza a cumplir igual función
- 2 No cumple bien su función

Ergonomía

- +2 Cómodo de utilizar
- + 1 Sensación tolerable
- 1 Genera un esfuerzo al usar

-2 Definitivamente incómodo de usar

Seguridad

+2 Ningún tipo de riesgo para el usuario

+ 1 Áreas peligrosas NO al alcance

- 1 Áreas peligrosas al alcance deben ser advertidas

-2 Zonas altamente peligrosas

Demanda del público objetivo

+2 El 100% desearía el producto

+ 1 Más del 20% desearía el producto

- 1 Menos del 20% desearía el producto

-2 1-10% desearía el producto

Competencia

+2 No tiene. La situación es nueva.

+ 1 Valor diferenciador frente a otros

- 1 Existen soluciones semejantes para el mismo problema

-2 Igual a lo que ya se ofrece.

Mantenimiento

+2 No necesita

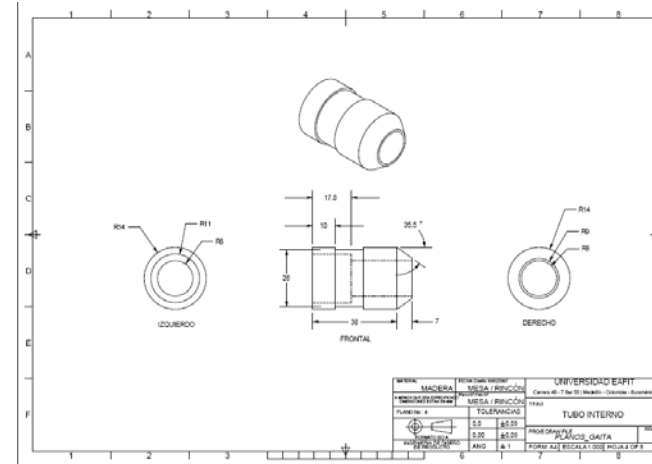
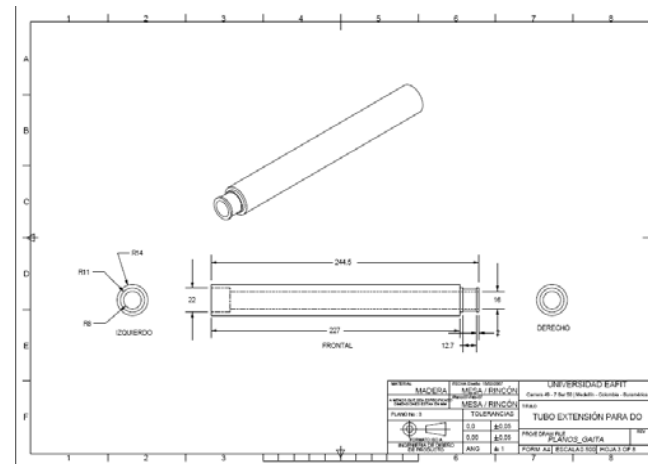
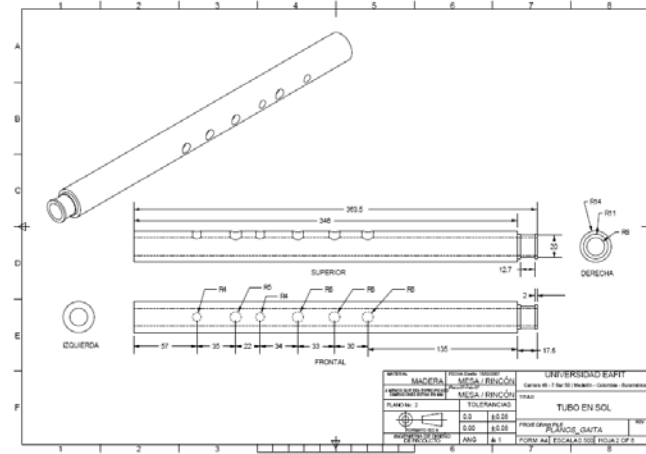
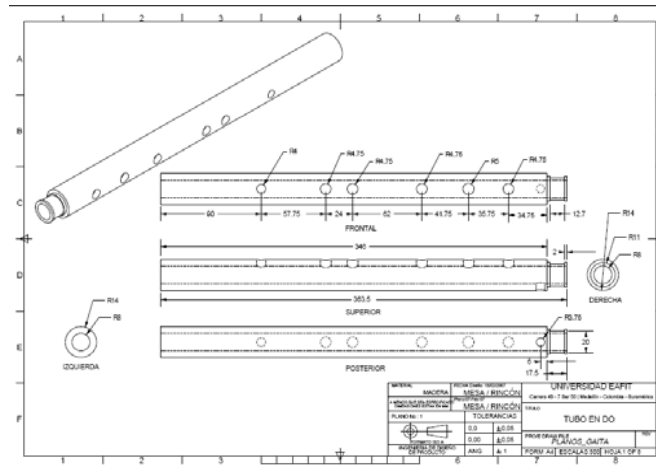
+ 1 Cada año

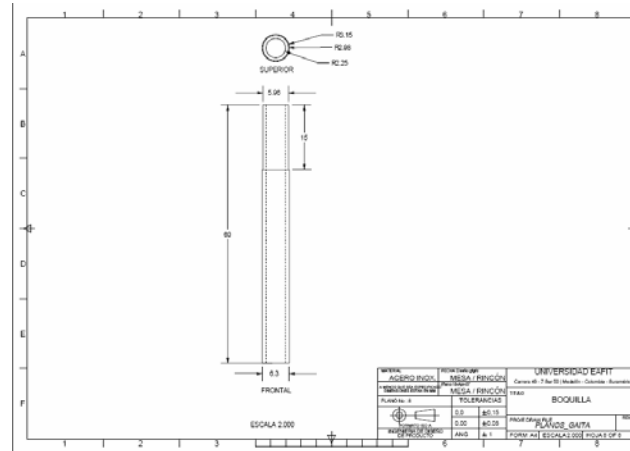
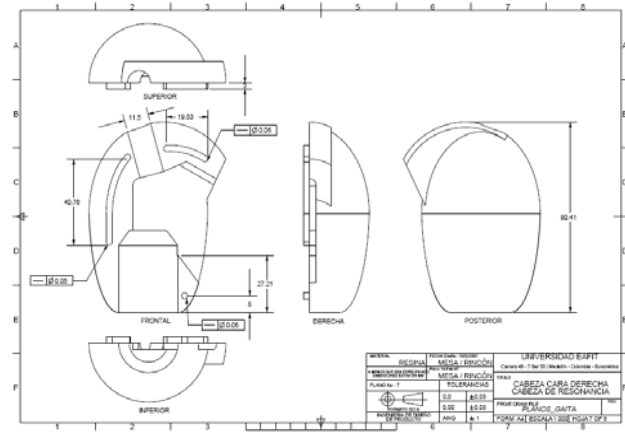
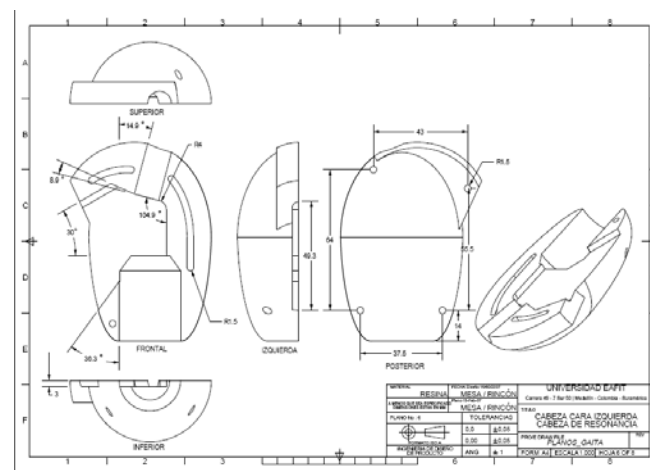
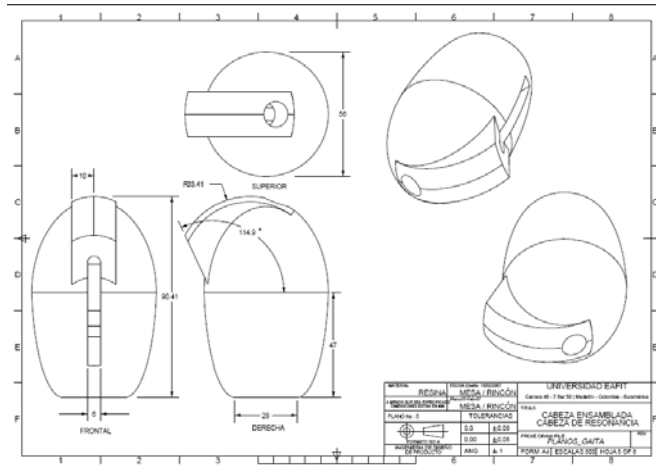
- 1 Cada 6 meses

-2 Cada 2-3 meses

Anexo Q.

Planos para la fabricación





Anexo R.

Proceso de Fabricación Artesanal

Primer Proceso: Fabricación del tubo sonoro

Duración: 45 minutos aproximadamente

Materiales: *Cactus "Selenicereus Grandiflorus"*



Fuente: MAUSETH, James D. Section of Integrative Biology, The University of Texas, Austin, TX 78712 < www.sbs.utexas.edu/mausetth/ResearchOnCacti/index.htm >

Etapas:

1. La longitud ideal del tubo de madera²⁴, debe ser aproximadamente la distancia que hay desde el hombro hasta la muñeca del intérprete.
2. El tronco debe ser lo más recto posible. Se quitan las espinas y se extrae la médula con una varilla de construcción.
3. La ubicación de los orificios varía de artesano en artesano. En este caso, para el quinto orificio se cuentan 5-6-7 dedos desde el borde y se abre con un cautín (5 dedos = sonido más bajo, 7 = más agudo).
4. Los 4 orificios siguientes se hacen equidistantes, contando 4 dedos (aproximadamente 6.5cm). Se da acabado superficial con barniz.

24

<http://www.sbs.utexas.edu/mausetth/ResearchOnCacti/large%20photo%20Pereskia%20guamacho%20w%20bark.htm>

Segundo Proceso: Fabricación de la cabeza y la boquilla

Duración: De 45 minutos a 1 hora aproximadamente

Materiales:



Fuente: El autor

Etapas:

1. Cortar trozos pequeños de cera y derretirlos en un fogón a fuego lento. Rallar el carbón con la lija gruesa.



"La función del carbón al mezclarlo con la cera, es evitar ataques de insectos, ya que la cera es perfumada, darle color al material y ayudar a soportar las altas temperaturas".

2. Revolver hasta obtener una mezcla homogénea. Esperar que esté tibia para moldear. Hacer cilindros de 9cm de alto por 5cm de diámetro .



“Otra función del carbón, es que ayuda al proceso de moldeo para que no se pegue la cera en las manos. Adquiere propiedades muy semejantes a la plastilina”.

3. Para fabricar la boquilla, cortar el fondo de la tapa de jeringa. Envolverla en hilo para que no resbale la posicionar en la cabeza. Igualmente envolver el extremo del tubo donde se va a fijar la cabeza, pelando un poco el borde, para que el filo desvíe la corriente de aire.



“Las tapas de jeringa reemplazan el material original: la pluma de pato, la cual tiene el defecto de partirse cuando el intérprete se exalta e involuntariamente la muerde”.

4. Con un cuchillo caliente, abrir el cilindro por la mitad hasta un poco más del centro, en forma de “V”, alisando las paredes. Abrir en círculo para introducir la madera aproximadamente 3cm dentro del cilindro.



5. Se cierra en la parte inferior quedando. Alineado con los orificios del tubo. Para insertar la boquilla, se asegura que quede diagonalmente alineada con el borde de madera, con la ayuda de una punta.



“En esta parte del proceso es clave la experiencia del fabricante, quien comienza a tocar el instrumento para irle dando el sonido y la afinación intuitivamente”

6. Mirando dentro de la boquilla, se debe ver por la mitad el borde del tubo de madera. Cortar un chaflán para pegar la tapa de la cabeza, terminar de tapar con cera el borde de la boquilla para asegurar que no se mueva y evitar escape del sonido. Aquí finaliza el proceso.²⁵

















²⁵ Información y fotografías recopiladas por los autores del curso de gaita hembra dirigido por el gaitero Alexis Cárcamo. Universidad Eafit 2006

Anexo S.

Estudio comparativo entre diferentes Maderas

Muestra	Tipo	Peso	Ventajas para el proyecto	Desventajas para el proyecto	Apta
	ABETO <i>(Abies alba)</i>	0,46 g/cm ³	cajas de resonancia, pianos, órganos, tapas de violines se trabaja bien para instrumentos musicales	no se consigue en Colombia poco resistentes a ataque de insectos, quebradiza	1
	ACHAPO <i>(Cedrelinga catenaeformis)</i>	0,37 g/cm ³	Se halla en la Amazonía, Nariño y Putumayo		4
	ACEBO <i>(Ilex aquifolium)</i>		artículos torneados, para grabados sirve como imitación del ébano	declarada especie protegida pesada, muy dura, difícil de trabajar	3
	AFRORMOSIA <i>(Pericopsis elata)</i>	0,45 a 0,58 g/cm ³	sirve como imitación de la teca: durable y muy decorativa resistente a ataque de insectos	exclusiva de zonas lluviosas y bosques tropicales húmedos	3
	ALAMO <i>(Populus alba)</i>	0,44 g/cm ³	es dura, no se agrieta fácil ni se astilla se trabaja bien para instrumentos musicales	no se obtienen buenos acabados	2
	ALERCE <i>(Fitzroya cupresoides)</i>	0,38 a 0,58 g/cm ³	es muy fuerte y compacta se trabaja bien para instrumentos musicales	no se consigue en Colombia	1
	ALGARROBO - JATOBA <i>(Hymenaea courbaril)</i>	0,77 g/cm ³	en Atlántico, Bolívar Córdoba, Guajira, M/lena, Antioquia buena calidad, contracciones muy leves alto pulimiento para piezas para pianos	difícil de trabajar, madera dura baja retención de tornillos, tendencia a rajarse	5
	ALMENDRO - CHOIBA <i>(Dipteryx panamensis)</i>	0,83 a 1,09 g/cm ³	en Urabá y Amazonía el tronco es recto y cilíndrico alta resistencia mecánica	pesada con raíces tabulares pequeñas en la base necesita sierras de acero con alto carbono necesita sierras con punta de diamante	2
	ANDIROVA <i>(Carapa guianensis)</i>	0,55 a 0,59 g/cm ³	contracción tangencial a radial alta encogimiento radial no uniforme (diferentes diámetros)	tiende a rajarse y torcerse en sentido cóncavo se endurece superficialmente	2
	ARCE O SICOMORO <i>(Acer nuguda)</i>	0,64 g/cm ³	estable y resistente a la abrasión de grano compacto en construcción de violines	no se consigue en Colombia	1
	AVELLANO <i>(Corylus avellana)</i>		fina, firme y liviana, posee gran elasticidad se trabaja bien para instrumentos musicales	poco resistente a acción atmosférica	2
	BALSA <i>(Ochroma pyramidale)</i>	0,15 g/cm ³	la madera más ligera, es muy fácil de trabajar absorción de sonido (aislamientos acústicos)	no es resistente ni a esfuerzos ni a la humedad susceptible al ataque de insectos	1



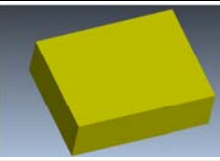

Muestra	Tipo	Peso	Ventajas para el proyecto	Desventajas para el proyecto	Apta
	BOJ <i>(Buxus sempervirens)</i>	0,96 g/cm ³	pianos, cajas de resonancia, violines una de las maderas comerciales de textura más fina	escasas existencias de esta madera	3
	BOSSÉ <i>(Guarea thompsonii)</i>	0,50 a 0,65g/cm ³	resistente y homogénea teniendo en cuenta su peso se utiliza en ebanistería fina e instrumentos musicales	a veces bastante grasa	2
	CAMAJÓN <i>(Sterculia apetala)</i>	0,43 g/cm ³	se trabaja bien para instrumentos musicales, resonancia		4
	CAOBA - PALO SANTO <i>(Swietenia spp)</i>	0,61 g/cm ³	en M/dalena, Zona de Gaira en el Tayrona, Chocó, Urabá fácil aserrar, pulir y barnizar. duradera y resiste humedad estabilidad dimensional para instrumentos musicales	un poco escasa en la actualidad	5
	CARACOLÍ <i>(Anacardium excelsum)</i>	0,34 g/cm ³	se trabaja bien para instrumentos musicales, resonancia		5
	CASTAÑO <i>(Castanea sp)</i>	0,59 g/cm ³	parecido al roble pero más liviano, suave y más débil más fácil de trabajar y más estable que el roble	puede llegar a corroer el hierro tiende a quebrarse, poco resistente a ataques	3
	CEDAR <i>(Thuya plicata)</i>	0,59 g/cm ³	la forma del árbol es cónica estrechándose el tronco se ensancha en la base y acaba en punta ligera, sin resina, duradera y resistente a insectos	no se consigue en Colombia	1
	CEDRO <i>(Cedrela Odorata)</i>	0,5 g/cm ³	en Antioquia, Valle del Cauca, Urabá suave, liviana, resiste humedad, intemperie, insectos estabilidad dimensional, no se tuerce, se raja ni se encoge se trabaja bien para instrumentos musicales	densidad muy baja para buena acústica	4
	CEIBA <i>(Ceiba pentandra)</i>	0,16 a 0,40 g/cm ³	costa Atlántica y medio y bajo M/dalena blanda, suave, liviana, excelentes superficies excelentes propiedades acústicas, sustituye al cedro se trabaja bien para instrumentos musicales	densidad muy baja para buena acústica susceptible al ataque de insectos, permeable al tratamiento, opaco difícil de lijar, se retuerce, tendencia a rasgarse	3
	CEREZO <i>(Prunus cerasus)</i>	0,60 g/cm ³	en Antioquia, C/marca, Boyacá, caldas, Risaralda fácil de trabajar y da un buen acabado se trabaja bien para instrumentos musicales	tiende a torcerse y a agrietarse, no es rpigida	3
	CHAKTE KOK <i>(Sickingia salvadoriensis)</i>	0,70 a 0,75 g/cm ³	acabados lisos, pulidos, firmeza y durabilidad se trabaja bien para instrumentos musicales	no se consigue en Colombia	1
	CHANUL <i>(Humiriastrum procerum)</i>	0,69 g/cm ³	se trabaja bien para instrumentos musicales, resonancia		5
	CHINGALÉ-ESCOBILLO <i>(Jacaranda copaia)</i>	0,35 g/cm ³	en Urabá, M/dalena medio, Chocó Muy fácil trabajar para instrumentos musicales	requiere mucho lijado	4
	CIPRÉS <i>(Cupressus lusitanica)</i>	0,50 g/cm ³	en Antioquia, C/marca, Valle del Cauca ligera, resistente, duradera, fácil de trabajar, acabado se trabaja bien para instrumentos musicales		4

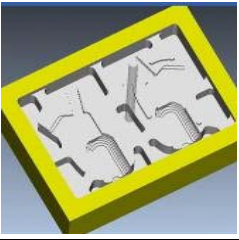
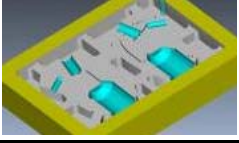
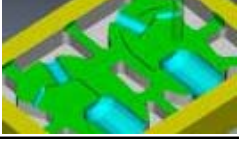
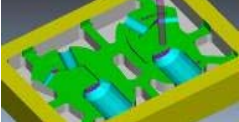

Muestra	Tipo	Peso	Ventajas para el proyecto	Desventajas para el proyecto	Apta
	CORAL <i>(Pterocarpus soyauxii)</i>	0,75 g/cm ³	brillante, elástica y resistente, mínimas contracciones buena durabilidad resistencia a la humedad e insectos se trabaja bien para instrumentos musicales	ciertas dificultades cuando la fibra es entrecruzada	3
	CUANGARE <i>(Diyanthera gracilipes)</i>		se trabaja bien para instrumentos musicales		
	ÉBANO <i>(Diospyros sp)</i>	1,04 g/cm ³	instrumentos musicales (piezas del violín) castañuelas y teclas negras de teclados)	muy escasa en la actualidad muy duro y difícil de trabajar, quebradizo	3
	EMBERO <i>(Lovoa Brownii)</i>	0,60 g/cm ³	estable, fácil de tallar y duradera a la intemperie sustituye al nogal	se oscurece con el paso del tiempo	3
	GRANADILLO <i>(Dalbergia retusa)</i>	0,89 a 1,35 g/cm ³	elasticidad, resistencia al choque, durable y estable se trabaja bien para instrumentos musicales	muy pesado	5
	GUADARIPO <i>(Nectandra guararipo)</i>	g/cm ³	se trabaja bien para instrumentos musicales		4
	GUADUA CARRIZO <i>(Chusqueam phyllips)</i>		se trabaja bien para instrumentos musicales		5
	GUAYACÁN TREBOL <i>(Ptymiscium pinnatum)</i>	0,78 g/cm ³	Costa Atlántica, M/lena medio, Antioquia, Urabá potencial para instrumentos (marimbas, violines)	Difícil de tratar Difícil de trabajar, requiere metales duros	2
	GUINO - TANGARE <i>(Carapa Guianensis)</i>	0,49 g/cm ³	en Urabá, M/dalena medio, Chocó Muy fácil trabajar y lijar, para instrumentos musicales	más difícil de trabajar y cortar que la caoba	4
	IROKO <i>(Chlorophora excelsa)</i>	0,65 g/cm ³	parecida a teca, su textura es más gruesa y más ligera si dirección de fibra continua, más estable que teca muy económica	carece del efecto decorativo	2
	KOA <i>(Acacia koa)</i>	0,83 g/cm ³	dura porosa, características musicales excelentes se trabaja bien para instrumentos musicales	debido al uso excesivo ha llegado a ser muy escasa	2
	LAUREL NEGRO <i>(Cordia megalantha Blake)</i>	0,36 a 0,43 g/cm ³	tronco recto cilíndrico con base cónica copa cónica estrechamente triangular fácil de trabajar, acabado fino y estable		3
	MACHARE <i>(Symphonia globulifera)</i>	0,58 g/cm ³	se trabaja bien para instrumentos musicales		4
	MANGLE <i>(Rhizophora sp)</i>	0,70 g/cm ³	litoral de países tropicales (zonas costeras) es fuerte, el doble que la madera del roble	se agrieta en la superficie y se abre en los extremos tendencia a contraerse, difícil de aserrar y trabajar vedada	0
	MARAPOLAN <i>(Guarea grandifolia)</i>	0,46 g/cm ³	durabilidad, resistente, fácil de aserrar y de trabajar excelentes acabados, belleza natural, muy decorativa se trabaja bien para instrumentos musicales		4

Muestra	Tipo	Peso	Ventajas para el proyecto	Desventajas para el proyecto	Apta
	MESQUITE <i>(Prosopis glandulosa)</i>		es un árbol espinoso, se lija fácil, buenos acabados durabilidad, estabilidad y resistencia al envejecimiento	no espere que dos piezas de el sean semejantes	3
	MORADILLO <i>(Macherium spp)</i>	0,88 gr/cm3	acabados excelentes, altamente resistente a ataques se trabaja bien para instrumentos musicales	difícil trabajar en torneado, agujereado o lijado	2
	NAZARENO <i>(Peltoogyne porphyrocordia)</i>	0,89 gr/cm3	se trabaja bien para instrumentos musicales, resonancia excelentes acabados y pulimiento de superficie	requiere herramientas afiladas	5
	NOGAL CAFETERO - BOCOTE - VARA DE HUMO <i>(Cordia Alliodora)</i>	0,74 g/cm3	resistencia flexión comparable a la teca fuerza de compresión comparable a la caoba altamente resistente a los insectos	densidad un poco baja	4
	ÑAMBAR <i>(Platymiscium pleiostachyum)</i>	0,75 a 1,2 g/cm3	buena sonoridad, se usa en instrumentos musicales sobre todo de percusión (marimbas, xilófonos etc.)	poco exportada su uso se reduce casi únicamente a su lugar de procedencia (centroamérica)	2
	PALISANDRO <i>(Dalbergia sp)</i>	0,90 g/cm3	láminas de los xilófonos y de las marimbas, violines guitarras, castañuelas, mandolinas, cajas de pianos	muy dura y pesada, difícil de trabajar	2
	PANDALA <i>(Dugadodentrum striatifolia)</i>		se trabaja bien para instrumentos musicales, resonancia		4
	PAU FERRO <i>(Swartzia Madagascariensis)</i>	0,82 a 1,01 g/cm3	deformación mínima, durable, resistente a ataques se trabaja bien para instrumentos musicales	extremadamente dura, difícil de aserrar y trabajar resistente a tornillos (posibilidad de que se partan)	2
	ROBLE <i>(Quercus virginiana)</i>	0,72 g/cm3	permeabilidad, solidez y durabilidad, no se comba se trabaja bien para instrumentos musicales	densa, fuerte y dura, y es bastante difícil de trabajar vedada	0
	SANDE <i>(Brosimum utile)</i>	0,42 g/cm3	se trabaja bien para instrumentos musicales, resonancia		5
	SAPELLY <i>(Entandrophragma cylindricum)</i>	0,65 g/cm3	más densa, fina, duradera y resistente que la caoba se trabaja bien para instrumentos musicales	tiende a resquebrajarse	1
	SAJO <i>(Camposperma panamensis)</i>	0,37 g/cm3	se trabaja bien para instrumentos musicales		4
	SIPO <i>(Entandrophragma Utile)</i>	0,55 a 0,70 g/cm3	se trabaja bien para instrumentos musicales	corroe los metales leve tendencia a combarse	2
	SUCUPIRA <i>(Diploptropis purpúrea)</i>	g/cm3	se trabaja bien para instrumentos musicales		4
	TAMARINDO <i>(Bagassa guianensis)</i>	0,88 g/cm3	en Antioquia, Urabá, Bolívar, M/dalena medio Excelente acabado y pulimiento para instrumentos	Difícil de tratar y trabajar manualmente Necesita herramientas de metal duro	3
	TECA <i>(Tectona Grandis)</i>	0,61 a 0,69 g/cm3	en áreas tropicales de América latina y en Colombia fina, fácil de trabajar, estabilidad, no corrosiva insensible a la humedad e insectos, buen acabado		5
	TEJO <i>(Taxus baccata)</i>	0,69 g/cm3	casi tan dura como el roble y resistente a la rotura puede ser curvada al vapor	muy pesada	2




Anexo T.



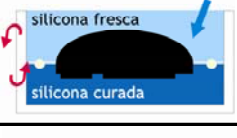

Carta de procesos de la cabeza de resonancia


CARTAS DE PROCESOS: GAITA						
HOJA DE PROCESOS N° 1						
PRESENTADO POR:		Daniel Mesa Ana María Rincón		NOMBRE DE LA PIEZA: Cabeza de resonancia		
REVISADO POR:		Luis Jaime Ángel		FECHA: 26 de Marzo de 2007	MATERIALES: Resina de poliéster 872 y 809, catalizador MEK, cobalto, yeso alfa, silicona dureza 28, resina epóxica Araldit-M, vitraseta	
PLANO ANEXO						
3						
Fase 1	N°	Sub-Fase	Descripción	Croquis / esquema	Hta.	Parámetros
Preparación del bloque de resina para el prototipo	1	Elaboración del bloque	Mezclar 40% de resina 872 con 60% de resina 809 con catalizador MEK y cobalto		Taladro con espátula	CRISTALÁN 809 (100 partes) MEK peróxido (1-2.5 partes). CRISTALÁN 818 (100) MEK peróxido (0.5-2)
	2	Planeado de caras	Planear el bloque a las dimensiones requeridas, asegurando que todas las caras queden paralelas		Fresadora First con fresa de pastillas de planear de diam. 2"	1200RPM, avance corte (0.55mm/rev), profundidad corte por pasada (0.5mm)
Fase 2	N°	Sub-Fase	Descripción	Croquis/Esquema	Hta.	Parámetros
Preparación de la máquina de CNC	3	Simulación	1. Ordenar las herramientas. 2. Revisar las secuencias de mecanizado con un simulador Mastercam. 3. Sujeción del bloque de resina en la máquina Milltronics		Software Mastercam y Máquina Milltronics	Tiempo de mecanizado aproximadamente 4 horas

Fase 2	Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis/Esquema	Hta.	Parámetros
Manufactura CNC del prototipo (cara inferior)	4	Desbaste	Remover el mayor material posible hasta la profundidad máxima de mecanizado, dejando un marco entre el bloque y la geometría interna		Fresa plana de 5/16" (7,937mm) HSS	Cut feed (1800), Step depth (1,5), Step over (5,5), Prof stock allow (0,5), Rough stock allow (0,5), Rough option (Rough only), Spindle speed (6000), Clear distance (5)
	5	Acabado	Alisar el escalonamiento en las superficies curvas (para el tubo, el corcho y pequeñas aristas)		Fresa redonda de 1/4" (6,35mm) HSS	Cut feed (1800), Step depth (0,25), Prof stock allow (0), Spindle speed (6000), Clear distance (5)
	6	Planeado	Todas las superficies planas se detallan asegurando su base plana		Fresa plana de 5/16" (7,937mm) HSS	Cut feed (1800), Step depth (0,25), Step over (0,25), Rough option (Faces only), Spindle speed (6000), Clear distance (5)
	7	Perfilado	Las superficies deben quedar perpendiculares al plano de retracción para un buen ensamble		Fresa plana de 1/4" (6,35mm) HSS	Cut feed (1800), Step over (0,25), Prof stock allow (0), Spindle speed (6000), Clear distance (5)
	8	Profundizado	La geometría hembra donde ensambla la cara superior, es elaborada al final con la fresa delgada		Fresa plana de 1/8" (3,175mm) HSS	Cut feed (1800), Step over (0,25), Prof stock allow (0), Spindle speed (6000), Clear distance (5)

Fase 3	Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis / esquema	Hta.	Parámetros
Manufactura CNC del prototipo (cara superior)	9	Preparación	1. Extraer la pieza. 2. Vaciar yeso sobre la parte maquinada 3. Dejar fraguar 4. Voltrear la cara en Y para maquinar la cara superior		Yeso alfa, agua	Tiempo de fraguado antes de continuar el proceso: 1 hora a temperatura promedio
	10	Desbaste	Remover el mayor material posible hasta la profundidad máxima de mecanizado, dejando un marco entre el bloque y la geometría interna		Fresa plana de 5/16" (7,937mm) HSS	Cut feed (1800), Step depth (1,5), Step over (5,5), Prof stock allow (0,5), Rough stock allow (0,5), Rough option (Rough only), Spindle speed (6000), Clear distance (5)
	11	Acabado	Alisar el escalonamiento en las superficies curvas (para el tubo, el corcho y pequeñas aristas)		Fresa redonda de 1/4" (6,35mm) HSS	Cut feed (1800), Step depth (0,25), Prof stock allow (0), Spindle speed (6000), Clear distance (5)


Fase 2	Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis/Esquema	Hta.	Parámetros
Manufactura CNC del prototipo (cara superior)	12	Perfilado	Las paredes verticales se asegura que queden perpendiculares para que tengan un buen ensamble		Fresa plana de 1/4" (6,35mm) HSS	Cut feed (1800), Step depth (0,25), Prof stock allow (0), Spindle speed (6000), Clear distance (5)
	13	Perforado	Se inician los orificios para los tornillos que serán luego maquinados en la pieza final		Fresa plana de 1/8" (3,175mm) HSS	Cut feed (1800), Step depth (0,25), Prof stock allow (0), Spindle speed (6000), Clear distance (5)
	14	Extracción y pulido	1. Extraer la pieza. 2. Extraer el yeso de la cara inferior. 3. Remover venas estructurales. 4. Lijado		Segueta, mototool lijas 180, 320 y 1000	


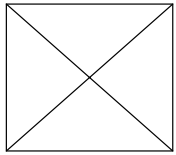

Fase 4	Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis / esquema	Hta.	Parámetros
Elaboración de moldes de silicona	15	Preparación y colocación	Sobre una caja, a 1 cm entre el original y los laterales, colocar el original y cubrir con arcilla hasta el cambio de geometría			Mínimo 1 cm de distancia entre la caja y el modelo original
	16	Elaboración de 1º cara	1. Ubicar 4 pins para alinear. 2. Vaciar la silicona hasta 1cm por encima del original. 3. Dejar curar			Dejar curar 24hs ambiente
	17	Desarmar y Elaboración de 2º cara	1. Desarmar la caja. 2. Invertir la caja y armarla de nuevo (aplicar desmoldante). 3. Vaciar silicona			Dejar curar 24hs ambiente
	18	Vaciado de pieza final	1. Hacer agujeros en la pared superior. 2. Vertir la resina través de uno de los agujeros (el aire saldrá a través de los demás)			Dejar curar 24hs ambiente











Fase 5	Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis / esquema	Hta.	Parámetros
Post-proceso de Maquinación	21	Perforado y roscado	1. Se perforan los agujeros iniciados en el CNC. 2. Se hace la rosca para el tornillo		Broca 1/8". Machuelo 1/8" x 1/2"	


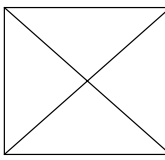




Anexo U.

Carta de procesos de los tubos sonoros


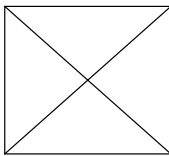



CARTAS DE PROCESOS:		GAITA		
HOJA DE PROCESOS N° 2				
PRESENTADO POR:	Daniel Mesa Ana María Rincón		NOMBRE DE LA PIEZA: Tubo en DO	
REVISADO POR:	Luis Jaime Angel		FECHA: 20 de Marzo de 2007	MATERIALES: Madera Nazareno y latón
PLANO ANEXO				








Fase	Número	Sub-Fase	Descripción	Croquis/Esquema	Herramienta	Parámetros
Fabricación del tubo extensor para DO	1	Corte del listón de madera	Cortar el listón de madera con la longitud total del tubo extensor para DO		Serrucho, segueta o sierra mecánica o manual	La madera debe estar seca. Entre un 8 y 12% de humedad máximo
	2	Ubicación del centro del listón	El listón debe ser perfectamente cuadrado en sus extremos (4x4). Trazar en cada extremo las diagonales desde las esquinas opuestas para hallar el centro (intersección entre ellas)		Lápiz y reglas	
	3	Cilindrado inicial	Montar el listón en el torno y desbastar con una gubia de 1 1/2" para formar el cilindro exterior (más grande que la medida total, esto después se terminará)		Gubia de 1 1/2" y torno	

Fabricación del tubo extensor para DO	4	Perforación longitudinal	Montar el cilindro en las mordazas autocentrantes y perforar con broca de 16mm		Broca de 16mm	
			Hacer perforación guía con broca de 1/4" hasta la mitad del cilindro aproximadamente		Broca de 1/4"	
			Hacer perforación con broca de 5/8" hasta la mitad del cilindro aproximadamente		Broca de 5/8"	
			Voltear el cilindro y repetir las operaciones anteriores			
Fabricación del tubo extensor para DO	5	Cilindrado final	Montar el mandril fijo, atornillarle un trozo de madera de unos 6cm de largo y hacer un cono a unos 60°. Esto servirá de punto de apoyo para el siguiente proceso.		Torno y mandril fijo	
			Ajustar la contrapunta y montar el cilindro sobre la perforación interna en el cono que se hizo.		Cono prefabricado y torno	
			Cilindrar con una gubia de 1 1/2" y/o formón de 1/4" hasta llegar al diámetro exterior del tubo dado en los planos.		Gubia de 1 1/2" y formón de 1/4"	Inst de medición: compás de patas exteriores
Fabricación del tubo extensor para DO	6	Hacer la espiga (hembra)	Hacer la espiga según las medidas con un formón separador.		Formón separador	Inst de medición: compás de patas exteriores
	7	Acabado superficial	Alisar la pieza con una herramienta de sesgo o formón angulado de 1"		Torno y Sesgo o formón angulado	
			Pulir la superficie con lijas 150 y 180. Se le pueden aplicar más según el acabado deseado		Lijas 15 y 180	





Fase	Número	Sub-Fase	Descripción	Croquis / esquema	Herramienta	Parámetros
Fabricación del tubo de DO con agujeros tonales	8	Corte del listón de madera	Cortar el listón de madera con la longitud total del tubo extensor para DO		Serrucho, segueta o sierra mecánica o manual	La madera debe estar seca. Entre un 8 y 12% de humedad máximo
	9	Ubicación del centro del listón	El listón debe ser perfectamente cuadrado en sus extremos (4x4). Trazar en cada extremo las diagonales desde las esquinas opuestas para hallar el centro (intersección entre ellas)		Lápiz y reglas	
	10	Elaboración de los orificios de afinación	Con el listón sin cilindrar, marcar en uno de sus lados los centros de las perforaciones.			
			Perforar con la broca indicada para cada orificio más o menos hasta el centro (tener cuidado de no hacer los orificios pasantes)		Brocas xxx	
		Repetición de pasos del 3 al 7	Repetir los pasos del 3 al 7 del tubo extensor de DO, según las medidas para este tubo.			
	11		Aplanar el tubo en los orificios que se tapan con zapatillas y ensamblar las llaves.		Taladro y destornilladores	


CARTAS DE PROCESOS:		GAITA		
HOJA DE PROCESOS N° 2				
PRESENTADO POR:	Daniel Mesa Ana María Rincón		NOMBRE DE LA PIEZA: Tubo en SOL	
REVISADO POR:	Luis Jaime Ángel		FECHA: 20 de Marzo de 2007	MATERIALES: Madera Nazareno y latón
PLANO ANEXO				


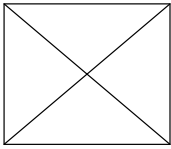








Fase	Número	Sub-Fase	Descripción	Croquis/Esquema	Herramienta	Parámetros
Fabricación del tubo en SOL	1	Corte del listón de madera	Cortar el listón de madera con la longitud total del tubo extensor para DO		Serrucho, segueta o sierra mecánica o manual	La madera debe estar seca. Entre un 8 y 12% de humedad máximo
	2	Ubicación del centro del listón	El listón debe ser perfectamente cuadrado en sus extremos (4x4). Trazar en cada extremo las diagonales desde las esquinas opuestas para hallar el centro (intersección entre ellas)		Lápiz y reglas	
	3	Elaboración de los orificios de afinación	Con el listón sin cilindrar, marcar en uno de sus lados los centros de las perforaciones.			
			Perforar con la broca indicada para cada orificio más o menos hasta el centro (tener cuidado de no hacer los orificios pasantes)		Brocas xxx	
4	Cilindrado inicial	Montar el listón en el torno y desbastar con una gubia de 1 1/2" para formar el cilindro exterior (más grande que la medida total, esto después se terminará)		Gubia de 1 1/2" y torno		

Fabricación del tubo en SOL	5	Perforación longitudinal	Montar el cilindro en las mordazas autocentrantes y perforar con broca de 16mm		Broca de 16mm	
			Hacer perforación guía con broca de 1/4" hasta la mitad del cilindro aproximadamente		Broca de 1/4"	
			Hacer perforación con broca de 5/8" hasta la mitad del cilindro aproximadamente		Broca de 5/8"	
			Voltear el cilindro y repetir las operaciones anteriores			
	6	Cilindrado final	Montar el mandril fijo, atornillarle un trozo de madera de unos 6cm de largo y hacer un cono a unos 60°. Esto servirá de punto de apoyo para el siguiente proceso.		Torno y mandril fijo	
			Ajustar la contrapunta y montar el cilindro sobre la perforación interna en el cono que se hizo.		Cono prefabricado y torno	
			Cilindrar con una gubia de 1 1/2" y/o formón de 1/4" hasta llegar al diámetro exterior del tubo dado en los planos.		Gubia de 1 1/2" y formón de 1/4"	Inst de medición: compás de patas exteriores

Sigue...

Fabricación del tubo en SOL	7	Hacer la espiga (hembra)	Hacer la espiga según las medidas con un formón separador.		Formón separador	Inst de medición: compás de patas exteriores
	8	Acabado superficial	Alisar la pieza con una herramienta de sesgo o formón angulado de 1"		Torno y Sesgo o formón angulado	
			Pulir la superficie con lijas 150 y 180. Se le pueden aplicar más según el acabado deseado		Lijas 15 y 180	
			Aplanar el tubo en los orificios que se tapan con zapatillas y ensamblar las llaves.		Taladro y destornilladores	




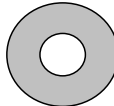
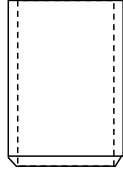

CARTAS DE PROCESOS:		GAITA			
HOJA DE PROCESOS N° 2					
PRESENTADO POR:	Daniel Mesa	Ana	NOMBRE DE LA PIEZA: Tubo interno de la cabeza		
	María Rincón				
REVISADO POR:	Luis Jaime Ángel		FECHA: 20 de Marzo de 2007	MATERIALES: Madera Nazareno y latón	
PLANO ANEXO					

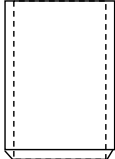



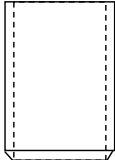
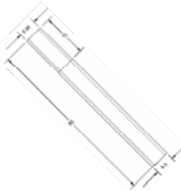



Fase	Número	Sub-Fase	Descripción	Croquis/Esquema	Herramienta	Parámetros
Fabricación del tubo extensor para DO	1	Corte del listón de madera	Cortar el listón de madera con la longitud total del tubo extensor para DO		Serrucho, segueta o sierra mecánica o manual	La madera debe estar seca. Entre un 8 y 12% de humedad máximo
	2	Ubicación del centro del listón	El listón debe ser perfectamente cuadrado en sus extremos (4x4). Trazar en cada extremo las diagonales desde las esquinas opuestas para hallar el centro (intersección entre ellas)		Lápiz y reglas	
	3	Cilindrado inicial	Montar el listón en el torno y desbastar con una gubia de 1 1/2" para formar el cilindro exterior (más grande que la medida total, esto después se terminará)		Gubia de 1 1/2" y torno	
	4	Perforación longitudinal	Montar el cilindro en las mordazas autocentrantes y perforar con broca de 16mm		Broca de 16mm	
			Hacer perforación guía con broca de 1/4" hasta la mitad del cilindro aproximadamente		Broca de 1/4"	
			Hacer perforación con broca de 5/8" hasta la mitad del cilindro aproximadamente		Broca de 5/8"	
			Voltear el cilindro y repetir las operaciones anteriores			
	5	Cilindrado final	Montar el mandril fijo, atornillarle un trozo de madera de unos 6cm de largo y hacer un cono a unos 60°. Esto servirá de punto de apoyo para el siguiente proceso.		Torno y mandril fijo	
			Ajustar la contrapunta y montar el cilindro sobre la perforación interna en el cono que se hizo.		Cono prefabricado y torno	
			Cilindrar con una gubia de 1 1/2" y/o formón de 1/4" hasta llegar al diámetro exterior del tubo dado en los planos.		Gubia de 1 1/2" y formón de 1/4"	Inst de medición: compás de patas exteriores

Fabricación del tubo extensor para DO	6	Chaflán	Elaborar del chaflán de uno de los extremos según los planos con un formón de 1/4"		Formón de 1/4"	Inst. de medición: transportador, goniómetro y compás de patas exteriores
	7	Hacer la espiga (hembra)	Hacer la espiga según las medidas con un formón separador.		Formón separador	Inst de medición: compás de patas exteriores
	8	Acabado superficial	Alisar la pieza con una herramienta de sesgo o formón angulado de 1"		Torno y Sesgo o formón angulado	
			Pulir la superficie con lijas 150 y 180. Se le pueden aplicar más según el acabado deseado		Lijas 15 y 180	

Anexo V.

Carta de procesos de la boquilla

CARTAS DE PROCESOS: GAITA						
HOJA DE PROCESOS N° 3						
PRESENTADO POR:		Daniel Mesa Ana María Rincón		NOMBRE DE LA PIEZA: Boquilla		
REVISADO POR:		Luis Jaime Ángel		FECHA: 26 de Marzo de 2007		MATERIALES: Acero Inoxidable y corcho
PLANO ANEXO						
						
Fase	N°	Sub-Fase	Descripción	Croquis / esquema	Hta.	Parámetros
Perforación del corcho	1	Montaje de la pieza en el torno	Montar el corcho en el torno con la mordaza autocentrante		Torno convencional	
	2	Perforación	Perforar el corcho en el torno lentamente hasta que el orificio quede pasante		Torno y broca M6"	
Fase	N°	Sub-Fase	Descripción	Croquis/Esquema	Hta.	Parámetros
Elaboración de la boquilla	3	Esmerilado	Hacer un chaflán en uno de los extremos de la varilla de acero inoxidable con ayuda de un esmeril, para quitarle el filo del borde.		Esmeril	
	4	Pulido de superficie externa	Montar la varilla en un taladro vertical fijo, lijarlo en toda su superficie mientras rota con lijas No 180, 360 y 1000 (en el orden dicho) hasta que quede brillante		Lijas 180, 360 y 1000	

Fase	Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis/Esquema	Hta.	Parámetros
Elaboración de la boquilla	3	Esmerilado	Hacer un chaflán en uno de los extremos de la varilla de acero inoxidable con ayuda de un esmeril, para quitarle el filo del borde.		Esmeril	
	4	Pulido de superficie externa	Montar la varilla en un taladro vertical fijo, lijarlo en toda su superficie mientras rota con lijas No 180, 360 y 1000 (en el orden dicho) hasta que quede brillante		Lijas 180, 360 y 1000	
Elaboración de la boquilla	5	Corte de la longitud total	Marcar desde el extremo chafinado, la longitud total de la varilla		Marcador indeleble / calibrador	
			Cortar con una segueta o sierra manual o mecánica la longitud marcada		Segueta o sierra	
	6	Esmerilado	Hacer un chaflán en uno de los extremos de la varilla de acero inoxidable con ayuda de un esmeril, para quitarle el filo del borde.		Esmeril	
		Rectificado	Rectificar una sección de la varilla para disminuir su diámetro (Según el plano)		Rectificadora	
	7	Limado	Con una lima metálica pulir los chaflanes elaborados con el esmeril		Lima metálica	
	8	Limpieza interior	Con un copito y alcohol limpiar la boquilla por dentro para liberarla de partículas metálicas.		Alcohol y algodón	
Fase	Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis / esquema	Hta.	Parámetros
Ensamble	9	Corcho - boquilla	La boquilla se introduce en el corcho		Manual	