



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE GUITARRA ELÉCTRICA

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T A

JAVIER HERNÁNDEZ MONTESINOS

TUTOR:

Dr. ADRIÁN ESPINOSA BAUTISTA



MÉXICO, D.F.

ABRIL, 2013

Agradecimientos.

A mi madre, por su infinito amor, apoyo y comprensión; su carácter y disciplina han hecho de mí, el profesional que soy ahora.

A mi padre, tu apoyo hizo posible este proyecto, tu influencia como ser humano; me ha permitido apreciar estilos musicales que muy pocos valoran.

Índice.

| | |
|--|----|
| Introducción | I |
| Objetivo general..... | II |
| <u>Capítulo 1.0 ANTECEDENTES</u> | 1 |
| <u>Capítulo 2.0 ELEMENTOS DE UNA GUITARRA ELÉCTRICA</u> | |
| 2.1 El cuerpo..... | 7 |
| 2.2 El clavijero..... | 9 |
| 2.3 El mástil..... | 9 |
| 2.4 El diapasón..... | 10 |
| 2.5 Controles de volumen y tono..... | 10 |
| 2.6 El puente..... | 11 |
| 2.7 Pastillas..... | 12 |
| <u>Capítulo 3.0 PROCESO DEL DISEÑO CONCEPTUAL</u> | |
| 3.1 Especificaciones técnicas para la elaboración de guitarras eléctricas..... | 16 |
| <u>Capítulo 4.0 DISEÑOS PRELIMINARES</u> | |
| 4.1 Diseño del cuerpo..... | 18 |
| 4.2 Selección de propuesta final para el cuerpo de guitarra..... | 25 |
| 4.3 Diseño del clavijero..... | 28 |
| <u>Capítulo 5.0 DISEÑOS DE CONFIGURACIÓN</u> | |
| 5.1 Diseño del cuerpo y clavijero en 3D..... | 33 |
| 5.2 Modelo del instrumento en 3D..... | 39 |
| 5.5 Innovación del instrumento..... | 40 |

Capítulo 6.0 SELECCIÓN DE MATERIALES Y COMPONENTES

| | |
|----------------------------------|----|
| 6.1 Cuerpo de la guitarra..... | 44 |
| 6.2 Mástil de la guitarra..... | 47 |
| 6.3 Diapasón de la guitarra..... | 52 |
| 6.4 Radio del diapasón..... | 58 |
| 6.5 Selección del puente..... | 59 |
| 6.6 Selección de pastillas..... | 61 |
| 6.7 Escala..... | 64 |

Capítulo 7.0 MANUFACTURA DEL PROYECTO

| | |
|---|----|
| 7.1 Simulación en sistemas CAD/CAM..... | 68 |
| 7.2 Fabricación del proyecto..... | 70 |
| 7.3 Barrenos de guitarra..... | 71 |
| 7.4 Cavidades en la guitarra..... | 72 |
| 7.5 Acabado..... | 74 |

Capítulo 8.0 EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....

| | |
|-------------------|----|
| Conclusiones..... | 84 |
| Referencias..... | 86 |

ANEXOS

| | |
|---|----|
| A) Ficha técnica..... | 87 |
| B) Planos de diseño..... | 89 |
| C) Planos de partes mecánicas de la guitarra eléctrica..... | 99 |

Introducción.

A lo largo de la historia el ser humano ha tenido la necesidad de expresarse a través de emociones, sueños e ideas. Con el paso del tiempo estas expresiones se han transformado en disciplinas con estructuras bien definidas y estudiadas, una de estas disciplinas es la música. La música se entiende como el arte de combinar sonidos sucesiva y simultáneamente para transmitir o evocar sentimientos; es un arte libre donde los sentimientos se representan con sonidos bajo diferentes sistemas de composición, cada sistema de composición va a determinar un estilo diferente dentro de la música. Entre los instrumentos musicales usados para interpretar música podemos mencionar a los cordófonos, es decir, aquellos instrumentos que producen sonido a través de la vibración de una o más cuerdas que a su vez están sujetas a tensión en dos puntos fijos. Dependiendo de la vibración de la cuerda; estos instrumentos pueden ser punteados con la mano (guitarra), percutidos (es decir las cuerdas se golpean como en el caso del piano) o frotados con un arco (violines, contrabajos, etc.).

Uno de los instrumentos de este tipo es la guitarra, su origen deriva de otros instrumentos como la cítara griega y romana. Después de la edad media, este instrumento comenzó a tener aún más presencia en la escena musical como un instrumento popular entre las clases bajas. No es hasta el siglo XVIII que este instrumento es tomado en cuenta para la composición de obras clásicas y es gracias a grandes compositores como Fernando Sor, Francisco Tarrega, Andrés Segovia, entre otros, que este instrumento es tomado en cuenta como un instrumento de la música clásica, y a lo largo de los años ha sufrido grandes cambios, uno de los más significativos es la aparición de la guitarra eléctrica, uno de los instrumentos de más presencia en la música del siglo XX.

La guitarra eléctrica ofrece una gran gama de opciones expresivas que se obtienen al combinar un tipo de amplificador, un tipo de pastilla o un calibre de cuerdas; en estas opciones también influye la dureza de la plumilla, la fuerza del punteo, la posición de la plumilla, entre otros.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el objetivo de esta tesis es conjuntar los varios de los conocimientos adquiridos en la carrera; para llevar a cabo un proyecto que tenga como resultado un nuevo diseño geométrico para una guitarra eléctrica, tanto la metodología de diseño como de los componentes que constituirán la guitarra; tienen un análisis desde el punto de vista de la ingeniería, esto con el objetivo de justificar la selección de cada uno de los materiales a usar. El primer capítulo tiene como fin conocer los antecedentes históricos de la evolución de la guitarra hasta el periodo actual para identificar tendencias en cuanto a los modelos de guitarra eléctrica, en el segundo capítulo se describe más de cerca los materiales en que están hechas generalmente las guitarras eléctricas para entender su funcionamiento. En el tercer capítulo se comienza a abordar el proceso de diseño conceptual, con el cual se podrán observar las opciones de diferentes diseños. En el capítulo cuatro se analizan las primeras ideas y bocetos pensados para este proyecto, y a partir de diferentes modelos se escogió uno para su posterior fabricación. En el capítulo cinco el diseño plasmado en papel se traslada a un software CAD/CAM para tener una mejor perspectiva de cómo resultará el producto final y además, con este tipo de software realizaremos análisis de elemento finito con el objetivo de conocer el comportamiento mecánico que tendrá el instrumento, para el sexto capítulo se definen los materiales y componentes que se usarán en el proyecto, la selección de estos materiales influirán de manera absoluta en la calidad del instrumento. En el séptimo capítulo se observa como es la el proceso de fabricación del proyecto, para observar los cuidados y técnicas correspondientes que se aplican a este tipo de instrumentos. En el capítulo ocho se evaluará el proyecto a través de pequeñas pruebas de desempeño.

Objetivo general.

Obtener un modelo nuevo de guitarra eléctrica, cuya forma geométrica será la principal innovación de la tesis. Conocimientos tanto en diseño asistido por computadora como en selección de materiales, ayudarán a que el instrumento cumpla con los estándares mínimos de funcionalidad y estética. Estos aspectos se verán reflejados a la hora de interpretar música en el instrumento.

Capítulo 1.0 Antecedentes.

Poco antes de comenzar el siglo de XX, varios avances en el campo de la electricidad y el magnetismo permitieron el desarrollo de nuevas y novedosas tecnologías las cuales, cambiaron sustancialmente la forma de vida de los seres humanos, estos descubrimientos no fueron desatendidos por los inventores que trataban de usar estos conocimientos para lograr hacer a los instrumentos musicales más sonoros.

A partir de los años 20 varios géneros musicales se daban a conocer en las escenas musicales de occidente, los festivales y bailes públicos exigían que todos los que estaban presentes escucharan la música que se tocaba, aun con una gran cantidad de instrumentos musicales; estos no podían ser escuchados de manera óptima. Nuevos estilos de tocar guitarra comenzaban a aparecer en géneros como el country y el blues los cuales usaban banjos y guitarras con cuerdas de acero o níquel para hacer sonar aún más sus instrumentos, sin embargo esto no era suficiente para que una gran audiencia pudiera escuchar tales instrumentos.

Así mismo dos músicos de los Ángeles, California, George Beauchamp y John Dopyera enfocaban sus esfuerzos en desarrollar una guitarra que proporcionara un mayor volumen sonoro, tras varios fracasos, obtuvieron un prototipo que usaba discos de aluminio para que el sonido resonara más que una guitarra acústica; este instrumento era aproximadamente tres veces más sonora que una guitarra normal, esto fue un hincapié para que Beauchamp y Doypera fundaran la National String Instrument Co.

Poco después del éxito de la guitarra de Beauchamp y Doypera tuvieron problemas y en 1930 se separaron, posteriormente, George Beauchamp comenzó a buscar nuevas formas de aumentar el volumen de las guitarras. En esa época se sabía que si un alambre era repetidamente acercado a un campo magnético este campo induciría una corriente eléctrica en el alambre. Sabiendo esto, Beauchamp estuvo experimentando con el objetivo de encontrar un dispositivo que pudiera recoger las vibraciones de las guitarras con cuerdas de acero y convertirlas en señales eléctricas, y así amplificar estas señales con los amplificadores a base de bulbos de esa época. En breve se creó una primitiva pastilla tomando como base una pieza herradura y seis imanes, de esta manera cada cuerda tendría un campo magnético, rápidamente Beauchamp encargó a Harry Wilson, encargado de planta de National String Instrument, que tallara el mástil y el cuerpo de la guitarra eléctrica, este prototipo fue llamado “The Frying Pan (Fig. 1.1)” (la freidora). Al terminar el primer prototipo, Beauchamp se puso en contacto con Adolph Rickenbacker, el cual había sido participe en National String Instrument fabricando cuerpos metálicos para las guitarras resonadoras, poco después Beauchamp y Rickenbacker se asociaron para fabricar y comercializar la freidora llegando ser muy popular como guitarra hawaiana.



Fig. 1.1 The frying pan (la freidora)¹

¹ First electric guitar, http://www.rickenbacker.com/gallery_image.asp?archive_id=417&gallery_year=1950, 6/03/2013

Los avances de Rickenbacker no fueron desapercibidos por los fabricantes de guitarras de aquella época, anteriormente Lloyd Loar, ingeniero acústico de Gibson (compañía que comercializaba con instrumentos musicales desde 1920), y gran contribuyente al diseño y desarrollo de la mandolina, había estado experimentando con el objetivo de lograr más volumen en las guitarras españolas. Y así se creó Vivi-tone, una subdivisión de Gibson encargada con la única tarea de producir guitarras eléctricas españolas, sin embargo sus creaciones no eran de lo más convenientes para sus usuarios; ya que el instrumento estaba pegado al amplificador, el cual poseía un peso superior a los cincuenta kilogramos, esto provocó que la compañía cerrara poco tiempo después.

Aunque Vivi-tone fracasó, sus esfuerzos fueron tomados en cuenta por Gibson; y en 1935 encargaron a Alvino Rey (un guitarrista de la época) a colaborar en el desarrollo de un nuevo prototipo de pastillas para guitarra, este proyecto fue llevado a cabo conjuntamente con ingenieros provenientes de la compañía Lyon & Healy.

La nueva pastilla fue montada sobre una guitarra de tapa arqueada con orificios en f (encontrados principalmente en violines) y se le dio el nombre de ES-150 (Fig.1.2), cuyo significado era Electric Spanish 150 (esto por el precio en dólares), y fue así como la guitarra eléctrica moderna surgió. Este modelo fue rápidamente aceptado por músicos de todo Estados Unidos, este instrumento también fue usado en géneros como el jazz, lo que permitió que músicos como Charlie Christian aprovecharan el volumen alcanzado de la misma manera en que se escuchaba una trompeta o un saxofón, las presentaciones con la Benny Goodman Orchestra cambiaron la forma de ver a la guitarra como instrumento, sin embargo, el modelo presentaba fallas considerables, las vibraciones que se originaban en la caja de resonancia de la guitarra provocaban vibraciones por simpatía (es decir una cuerda comenzaba a vibrar a causa de la vibración de otra cuerda), armónicos no deseados, etc. Fue entonces que un guitarrista de jazz llamado Lester William Polsfuss (Les Paul) dio solución a estos problemas.



Fig. 1.2 la ES-150² de Gibson

La solución que Les Paul propuso para eliminar los problemas que presentaba la ES-150, fue la de sustituir un cuerpo de guitarra hueco por un cuerpo de madera sólida, este proyecto fue mejor conocido como “The log (Fig.1.3)” (el leño). Esta creación consistía en dos pastillas simples montadas sobre un pedazo de madera de pino al cual; se le había encolado un mástil de guitarra, y como toque final; se pegaron dos mitades de cuerpo de guitarra acústica al pedazo de madera de pino para darle apariencia de guitarra. Como resultado, se tenía una guitarra de jazz sin problemas de resonancia por simpatía y sin armónicos no deseados. Hacia 1946 les Paul llevo su invención a Gibson.

² Legendary Rigs: Classic Jazz and the Charlie Christian Tone,
<http://www2.gibson.com/news-lifestyle/features/en-us/legendaryrigsclassicjazz.aspx>, 6/03/2013



Fig. 1.3 “The log³” de Les Paul

La creciente construcción de guitarras eléctricas atrajo la atención de un técnico en radios llamado Clarence Leónidas Fender (Leo Fender). Leo Fender ya había construido un prototipo de guitarra eléctrica que rentaba a los guitarrista de la zona, esto con el objetivo de tener opiniones acerca de su diseño y tras varias modificaciones, en 1949 Leo Fender saco al mercado la primera guitarra eléctrica de cuerpo solido producida industrialmente; este primer modelo se llamó “Esquire”. Posteriormente se le cambio el nombre a “Broadcaster” pero debido a problemas con la compañía Grestch, se volvió a cambiar el nombre ahora a “Telecaster” (Fig. 1.4).

³ 2013 the year of les paul, <http://www2.gibson.com/lespaul2013/#>, 06/03/2013



Fig. 1.4 La guitarra Telecaster⁴

Ahora con la inclusión de la “Telecaster” al mercado, Gibson tenía un rival comercial que podía competir a la par de la “Les Paul”, aun así; Leo Fender nunca alcanzó a cautivar a los guitarristas de jazz que preferían voluminosos cuerpos de guitarra para tocar. Géneros como el blues y el Rock & Roll fueron los que impulsaron los modelos de Leo Fender, y posteriormente los avances en la amplificación y procesamiento de las señales permitieron que los músicos encontraran nuevos sonidos a partir de distorsionar dichas señales.

Al poco tiempo de que Gibson produjera guitarras eléctricas de cuerpo sólido, este fabricante se dio cuenta de que las pastillas simples tenían ciertas deficiencias, estas consistían básicamente en ruidos se producían debido a la interferencia de otras señales electromagnéticas presentes en el ambiente, la solución que ideó Gibson fue la de conectar dos pastillas simples en serie, con esto una de las bobinas estaba enrollada en sentido inverso a la otra; y así las señales del medio ambiente eran anuladas. Actualmente para la fabricación de guitarras eléctricas, la ingeniería interviene de manera importante en procesos de diseño asistido por computadora y de manufactura de precisión, así como de otros conocimientos en ciencia de materiales y electrónica.

⁴ American special telecaster, <http://www.fender.com/guitars/telecaster/american-special-telecaster>, 6/03/2013

Capítulo 2.0 Elementos de una Guitarra eléctrica.

La parte en la que más se diferencian las guitarras eléctricas y las guitarras acústicas es sin duda el cuerpo, que es el lugar donde se sitúan las pastillas y demás circuitos que sustituyen a la caja resonante de las guitarras españolas y acústicas (Fig.2.1).



Fig. 2.1 Guitarra eléctrica y acústica

2.1 El cuerpo

El cuerpo de la guitarra eléctrica es importante desde varios puntos de vista, del sonido, el estético y del mecánico. Hay que tener en cuenta que contiene a todas las partes que se necesitan para enviar una señal eléctrica proveniente del movimiento de las cuerdas, estas señales son producidas por unos dispositivos llamados pastillas, y llegan hasta el jack de salida. Por esto juegan un papel decisivo en los matices que pueda tener el sonido. Normalmente el cuerpo está formado por un bloque de madera sólida, donde se han realizado los cortes necesarios para colocar las distintas partes de la guitarra, como las pastillas. Aunque también existen otras técnicas de fabricación que utilizan dos piezas de madera distintas pero son mucho menos utilizadas.

Una característica muy importante viene del hecho que el cuerpo posee uno o dos relieves superior e inferior (Fig. 2.2). El inferior ayuda al acceso a los trastes más altos mientras que el superior no tiene otro uso que el puramente estético. La diferencia fundamental con una guitarra española o acústica es simple, estas últimas necesitan tener una caja de resonancia que aumenta el sonido que produce la cuerda; es decir, para una guitarra acústica su cuerpo actúa como un altavoz incrementando el volumen del sonido. En una guitarra eléctrica, no es necesaria la caja de resonancia ya que en este instrumento actúa un circuito eléctrico para poder transformar las vibraciones de las cuerdas en señales eléctricas y así aumentar el volumen del sonido con ayuda de un amplificador. Además, los cuerpos de guitarra acústica permiten que la caja de resonancia amortigüe las vibraciones de la cuerda haciendo que esta pierda su fuerza mucho más rápido que una cuerda de la guitarra eléctrica. En cambio, al tener madera sólida y anclajes metálicos, estos no absorben tan fácilmente estas vibraciones y permite que la cuerda vibre durante más tiempo. A la duración del sonido de una cuerda se le llama normalmente "sustain" y para los guitarristas suele ser muy importante.

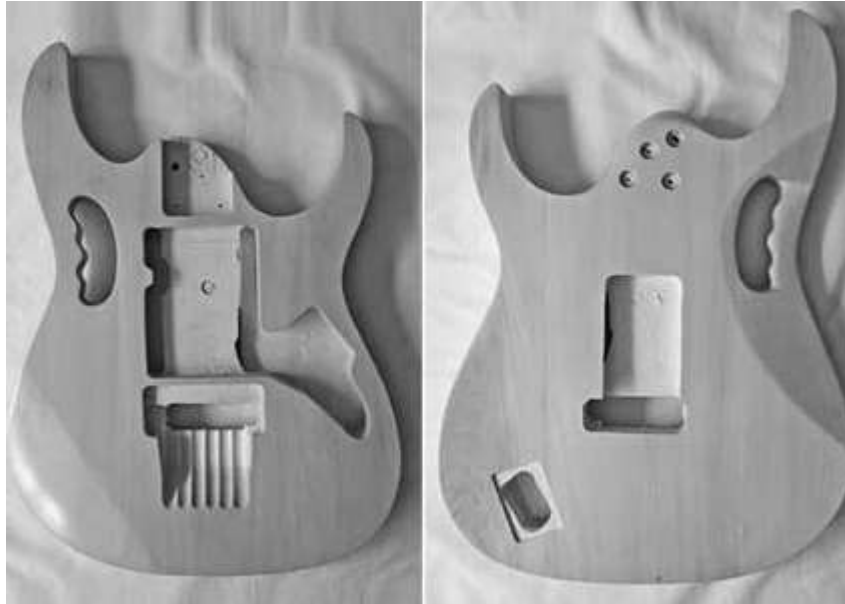


Fig. 2.2 Cuerpo de guitarra eléctrica

2.2 El clavijero

2.2 El clavijero

El clavijero, como en la guitarra española, es el segundo punto de enganche de las cuerdas. Cada una de estas se enrosca en unos tornos llamados clavijas que regulan la tensión de las cuerdas según las necesidades para afinar el instrumento. Normalmente en el clavijero viene la marca de la guitarra y el corte es característico de cada una. Además, comúnmente las clavijas pueden colocarse las seis en un lado; o tres a cada lado como en las guitarras clásicas (Fig. 2.3).



Fig. 2.3 Clavijero de guitarra acústica y guitarra eléctrica

2.3 El mástil

El mástil es la pieza que sobresale del cuerpo y donde se coloca el diapasón. Es una pieza muy importante ya que soporta toda la tensión de las cuerdas, y si no es de buena calidad puede llegar a combarse dejando la guitarra inservible.



Fig. 2.4 Vista general del mástil de una guitarra eléctrica

2.4 El diapasón

El diapasón se sitúa en la parte superior del mástil y es donde se colocan los trastes. Es la zona donde se pulsan las cuerdas para que suenen las distintas notas. Las maderas que se suelen utilizar palisandro, arce, o ébano, u otros tipos de maderas duras. Los trastes son unos salientes metálicos que se insertan en el diapasón para permitir tensar la cuerda con exactitud. Esto es completamente diferente a otros instrumentos de cuerda como el violín que al no estar trasteados requieren de una gran precisión para colocar el dedo y que suene la nota correcta. La distancia entre los trastes va decreciendo según nos acercamos al cuerpo de la guitarra.

2.5 Controles de volumen y tono

Existe un pequeño circuito que hay entre las pastillas el sonido de las cuerdas y la clavija (jack) de salida, que está formado simplemente por los controles de volumen y tono. La ruleta de volumen tiene la capacidad de modificar el valor de la señal de salida, esto se consigue con una resistencia variable conectada a la ruleta situada en el instrumento. El control de tono combina un condensador y una resistencia. Este sistema actúa como un filtro donde se regulan las frecuencias, variando el control se decide que frecuencias se quiere filtrar, cuando se coloca el tono al máximo se deja pasar todas las señales mientras que al mínimo se filtran gran parte de las frecuencias.

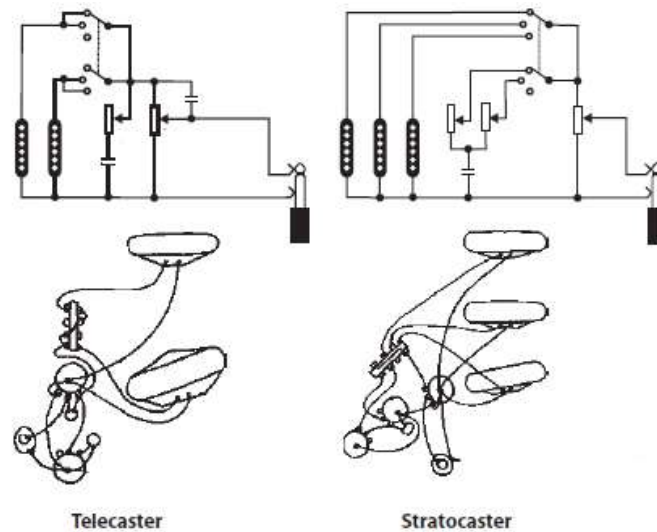


Fig. 2.5 Componentes eléctricos que permiten captar las vibraciones de las cuerdas⁵

2.6 El Puente

El puente está situado en el cuerpo de la guitarra y su misión es sujetar las cuerdas. El puente simplemente sujeta las cuerdas a una altura correcta y evita que las cuerdas rocen con las pastillas o con los trastes. En los orígenes de la guitarra eléctrica los puentes fueron similares a los del resto de las guitarras pero poco a poco se fueron descubriendo posibilidades nuevas a dichos puentes lo que provocó la creación de diferentes tipos de puentes con nuevas prestaciones (afinación más precisa y más estabilidad mecánica).

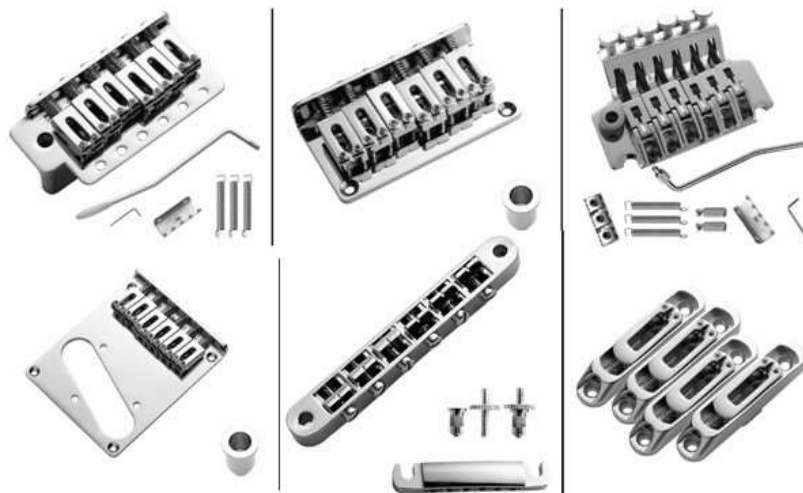


Fig. 2.6 Ejemplos de los puentes de guitarra existentes

⁵ Classic circuits, Korch Martin, Building Electric Guitars , Published by Martin Koch, Gleisdorf, Austria, 2001

2.7 Pastillas

La pastilla es la parte de la guitarra encargada de transmitir las oscilaciones de las cuerdas en variaciones de voltaje. Está formada básicamente por una bobina y un núcleo magnético. El imán crea un campo magnético que es modificado por la vibración de la cuerda colocada sobre ella, ya que está hecha de un material ferromagnético. Esto provoca una variación del flujo magnético que atraviesa la bobina. En la bobina, esta variación del flujo provoca una inducción de corriente eléctrica que es llevada hacia un amplificador el cual se encarga de amplificar (aumentar el voltaje) o distorsionar (cambiar la forma) la señal. Por mucho tiempo, se utilizó al hierro como material para fabricar los imanes de las pastillas de la guitarra, sin embargo otros tipos de imanes como los cerámicos (hechos de ferrita de bario o de estroncio) y los imanes Alnico (fabricados a partir de hierro, aluminio, níquel y cobalto), han sustituido a los antiguos imanes de hierro.

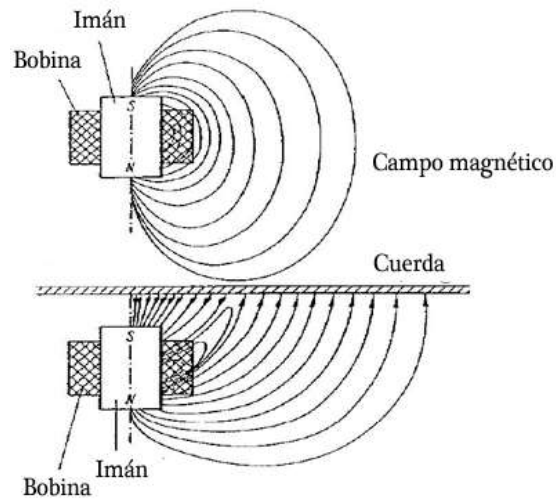


Fig. 2.7 Diagrama de una pastilla de guitarra

Capítulo 3.0 Diseño conceptual.

Los principales fabricantes de guitarras eléctricas reconocen la necesidad de estética y buen desempeño de sus instrumentos, por ello continuamente mejoran y cambian sus modelos. Esto a la par de las mejoras de materiales, piezas y mecanismos que están involucrados en el funcionamiento de sus guitarras. La competencia entre modelos de guitarra ha derivado en una amplia gama de modelos para atraer la atención de los músicos.



Fig. 3.1 Modelos de la marca Gibson



Fig. 3.2 Modelos de la marca B.C. Rich

Los cambios más significativos en los modelos de guitarras eléctricas están asociados a los componentes eléctricos tanto de la guitarra como en la amplificación de señal de la misma. Además con el paso de los años los fabricantes cambian algunas características en el cuerpo de la guitarra de modo que sean agradables a los ojos del músico.



Fig. 3.3 Modelos de la marca Dean

La evolución en los diseños se ha ido enfocando en el cambio de patrones geométricos en el cuerpo de la guitarra y el clavijero. Los patrones más comunes son: el típico diseño de dos cuernos (Fender), el diseño en v (Gibson), el diseño les Paul (Gibson), el diseño Explorer (Fender), el diseño “cola de tiburón” (Fig. 3.4), etc.



Fig. 3.4 Evolución en los modelos de guitarras eléctricas.

Los cambios en las geometrías han dado paso a que las guitarras eléctricas sean consideradas más que un instrumento musical sino que también su imagen juega parte importante de la guitarra, y parte importante en el diseño actual de estos instrumentos, la gama de colores, trazos y dibujos pintados en el acabado final de la guitarra; aportan mayores opciones de compra a los consumidores (Fig.3.5).



Fig. 3.5 Diseños y colores de la marca ESP que van desde lo simple hasta lo extravagante.

El proyecto a desarrollar en esta tesis está dirigido a proponer un nuevo modelo de guitarra eléctrica (diseño del cuerpo y clavijero) a partir de las formas geométricas de otros modelos de guitarra, los elementos que componen a la guitarra eléctrica (puente afinadores, pastillas, controles, etc.) y algunas especificaciones presentes en otros modelos de guitarra no serán cambiados, ya que el músico puede no recibir con agrado alguna propuesta distinta a lo que él o ella comúnmente conoce, sin embargo los cambios de geometría en el cuerpo y en el clavijero representarán una opción más a escoger dentro de la amplia gama de guitarras eléctricas, dentro de estos cambios también está implícita una selección de materiales adecuados para la construcción del instrumento.

3.1 Especificaciones técnicas para la elaboración de guitarras eléctricas

Todo el conjunto de partes y componentes de la guitarra eléctrica deben cumplir un mínimo de requerimientos para que esta pueda ser tomada en cuenta como un instrumento musical, estas son:

- a) **Dimensiones:** la guitarra eléctrica debe tener un mínimo de largo igual o mayor a la distancia que existe entre el puente y la cejilla del mástil esta distancia es mejor conocida como “escala”, esta magnitud varía según el fabricante; sus dimensiones van desde las 24 pulgadas hasta las 26 pulgadas (en guitarras de 7 u 8 cuerdas puede llegar hasta las 27 pulgadas⁶), es decir, esta distancia es la que permite la tensión entre dos puntos de las cuerdas de la guitarra. Para el ancho de la guitarra la dimensión máxima deberá ser la que permita que la mano derecha pueda alcanzar a tocar las cuerdas de la guitarra y que el brazo izquierdo pueda sostener con firmeza el mástil del instrumento (cabe mencionar que estas dimensiones cambian dependiendo de la tamaño y edad de cada persona, es por ello la necesidad de instrumentos para niños y adultos.
- b) **Resistencia de los materiales:** los materiales para la construcción de guitarras eléctricas deben cumplir con un mínimo resistencia a la compresión principalmente para la parte del mástil; para que pueda soportar la tensión (alrededor de 40-50 Kg dependiendo del tipo de cuerdas que se usen)⁷ de las seis cuerdas de acero de la guitarra. Además, los materiales a seleccionar deberán poder manufacturarse de tal manera, que sea sencillo montar todas las partes necesarias para la construcción del instrumento.

⁶ TAM100, Tosin Abasi Ibanez Model,
http://www.ibanez.co.jp/products/ug_page13.php?data_id=302&color=CL01&year=2013&cat_id=1&series_id=176,
10/01/2013

⁷ EXL110 Nickel Wound, Regular Light, 10-46
http://www.daddario.com/DADProductDetail.Page?ActiveID=3769&productid=13&productname=EXL110_Nickel_Wound_Regular_Light_10_46, 15/12/2012

- c) **Funcionalidad:** para una guitarra eléctrica, el sonido que se produce y se transmite hacia un amplificador debe ser claro (sin interferencias de señales provenientes del medio ambiente), y al ejecutar música en el instrumento no se deben escuchar zumbidos producidos por el rozamiento entre cuerdas y trastes, tampoco se deben escuchar interferencias en el sonido que salga del amplificador estos sonidos se denotan cuando los circuitos de la guitarra están mal realizados. Otro de los aspectos a tomar en cuenta en la funcionalidad del instrumento, es concerniente a los ajustes y mantenimientos de la guitarra eléctrica, estos no deben ser complicados de realizar ya si las partes de la guitarra eléctrica son difíciles de ajustar, modificar o cambiar, el instrumento a la larga será inutilizable. De no llevarse a cabo en el diseño y manufactura las mediciones y ajustes precisos, el instrumento aun teniendo una buena apariencia, puede presentar deficiencias cuando se haga uso de la guitarra; que van desde distorsiones no deseadas, pérdida de frecuencias y constantes desafinaciones.
- d) **Durabilidad:** la vida útil una guitarra eléctrica debe ser la que indique la garantía del fabricante, (esto también dependerá del mantenimiento y condiciones ambientales en las que el instrumento este expuesto) los golpes, caídas y el uso frecuente (que se traduce en aplanamiento de trastes) propician que la guitarra pierda su utilidad como instrumento, los indicadores que invariablemente se presentan a pesar de que el instrumento este o no en uso son el deterioro de la pintura, la oxidación de partes metálicas y pandeos en el mástil.

Capítulo 4.0 Diseños preliminares.

Los cambios en la geometría de la guitarra eléctrica son la principal meta de esta tesis, dado que no existe información acerca los parámetros y especificaciones a seguir para el diseño de guitarras eléctricas (excepto las antes mencionadas), de modo que se procederá a generar diseños para poder seleccionar un diseño a manufacturar. Es necesario bosquejar en papel propuestas e ideas que ayuden a tener un mejor panorama del diseño final que tendrá el proyecto. A continuación se presentaran distintos tipos de propuestas para el proyecto, donde se enunciaran sus ventajas y desventajas y así poder tomar una decisión lo más objetiva y enfocada posible.

4.1 Diseño del cuerpo

El diseño del cuerpo es una de las partes esenciales del proyecto, ya que en su rediseño son importantes la parte estética y la parte funcional, esto se debe a que esta parte del instrumento es la que más se puede apreciar a simple vista y también es la parte que sostiene y soporta buena parte de la maquinaria del instrumento.

Las dimensiones de una guitarra eléctrica determinarán las posturas de hombros, brazos, manos, etc., estas posturas dependen de la antropometría de cada persona por lo que es complicado determinar una dimensión ideal o recomendada para una guitarra eléctrica, ya que las variables antropométricas asociadas (edad, género, localización geográfica) no permiten determinar dimensiones “ideales” para un individuo que toque guitarra eléctrica, sin embargo anteriormente se mencionó; que independientemente del tamaño de la guitarra, la longitud (“escala”) que existe entre el puente y la cejilla es siempre la misma (de 24 a 26 pulgadas), de modo que podemos tomar como parámetro a la “escala” para dimensionar el cuerpo de la guitarra.

Para resolver el problema de las dimensiones que tendrá nuestra guitarra eléctrica, tomaremos como referencia las dimensiones de modelos ya existentes en el mercado (Fender, Gibson, Jackson, Ibanez, B.C. Rich, entre otras.) para acoplar las dimensiones de estos modelos con el modelo que obtendremos al final, ya que con estas medidas podremos llevar a cabo la manufactura del proyecto. Dado que los diseños preliminares son bocetos hechos en papel, los juicios acerca de la comodidad y la factibilidad en la manufactura; estarán basadas en la teoría asociada a cada aspecto antes mencionado.

Para el diseño del cuerpo de la guitarra se pensó en tener un estilo un poco alejado de las clásicas formas de una guitarra eléctrica, esto sin caer en algo que fuera excesivamente extravagante. Entonces se esbozaron varias propuestas para que posteriormente se seleccionara un modelo final.

Primera opción



Fig. 4.1 Diseño en boceto del proyecto

Se observa que la forma tipo Flying V⁸ es una buena opción para empezar a diseñar el cuerpo final que tendrá el proyecto ya que con esta configuración se pueden quitar o poner elementos con el objetivo de obtener algo menos parecido al patrón de guitarra original. Un análisis de las características del modelo anterior permitirá enunciar los pros y contras de esta propuesta.

Ventajas:

- Diseño llamativo, similar a un modelo Flying V (Fig.4.2).
- Amplia libertad de movimientos para brazos y manos, esto tomando en cuenta la media de un mástil estándar (56-58 mm), es decir los brazos no tendrán que flexionarse de una manera excesiva (Fig.4.3).

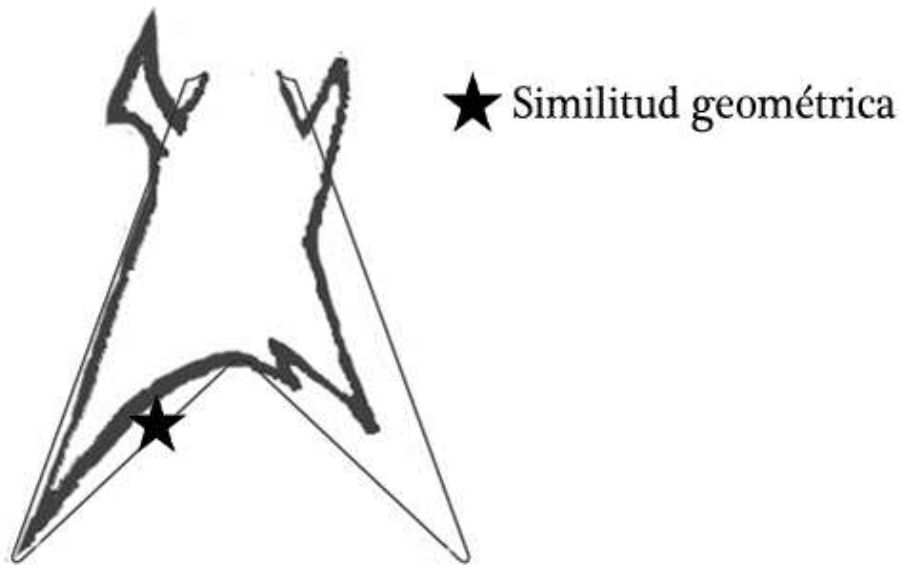


Fig. 4.2 Comparación gráfica del modelo propuesto y el modelo King V de Jackson

⁸ PDX Demmelition King V™, <http://www.jacksonguitars.com/en-MX/products/search.php?partno=2913061541>, 3/02/2013



Fig. 4.3 Comparación de posturas entre un modelo Flying V (con menor área de contacto entre el cuerpo y el músico) y una guitarra acústica

Desventajas:

- Picos y curvas en regiones críticas (orificio de sujeción para la correa) de ambos lados de la guitarra, que causarían una fractura ante un golpe en la parte de sujeción de la correa.
- Manufactura difícil de llevar a cabo debido a la silueta del cuerpo de la guitarra ya estas curvas (número de curvas cóncavas: 6) causarían que la herramientas a usar (brocas, cortadores, entre otras) se intersecten con material ya trabajado, por lo que la pieza quedaría inservible (Fig.4.4).
- Excesivo peso del cuerpo, debido a la prolongación de puntas en el cuerpo, lo que provocaría desequilibrio y dificultad a la hora de tocar.



Fig. 4.4 Manufactura de pieza con curvas y formas irregulares; el número y tamaño de curvas cóncavas tendrá repercusión en la factibilidad de la manufactura, la adecuada selección de herramientas; evitará errores y acabados no deseados en la manufactura de este tipo de piezas

Opción 2



Fig. 4.5 Diseño más estilizado en cuanto a su forma⁹

⁹ Gibson explorer, <http://www2.gibson.com/Products/Electric-Guitars/Explorer/Gibson-USA/Explorer.aspx>, 5/02/2013

En el anterior boceto se cambia la geometría, hacia una combinación de elementos de las guitarras convencionales (cuernos en ambos lados), para dar como resultado un diseño alternativo de un modelo Explorer de Gibson.

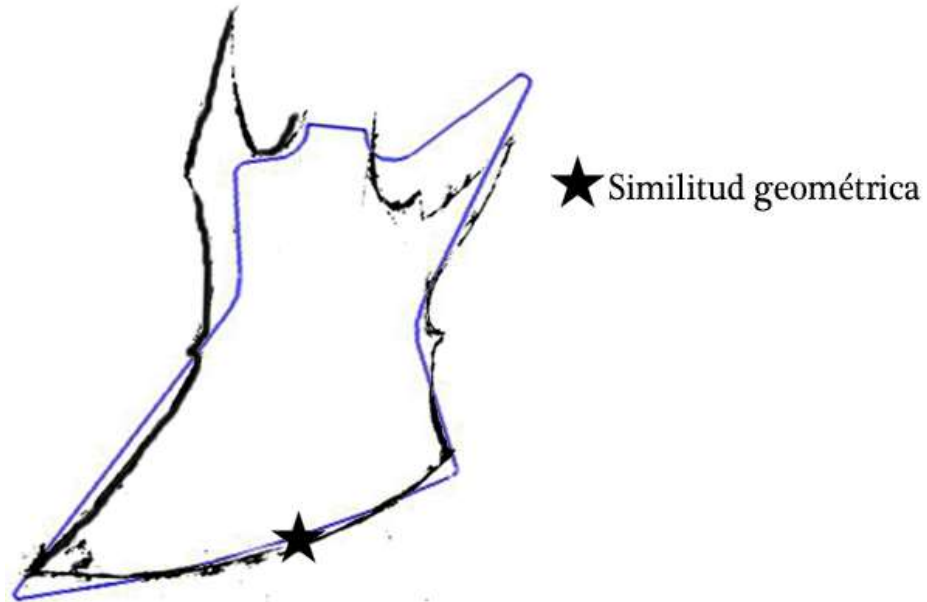


Fig.4.6 Comparación entre modelo propuesto y modelo Explorer de Gibson

La propuesta tiene varios aciertos y fallos que podemos mencionar.

Ventajas:

- Diseño llamativo y singular (a criterio del observador).
- La geometría del cuerpo permite que el brazo derecho pueda apoyarse de mejor manera cuando se está tocando en comparación con el boceto anterior.
- Debido a que se tiene más área de contacto, las perillas de tono y volumen así como el selector de pastillas son más susceptibles a ser manipulados de mejor manera.

Desventajas:

- Cuerno izquierdo demasiado alto, de no tenerse cuidado con el instrumento, esta parte de la guitarra se fracturaría.
- Manufactura susceptible a acabados no deseados, debido a su forma geométrica (número de curvas cóncavas: 5).

Opción 3



Fig. 4.7 Diseño con un estilo Telecaster de Fender

En este boceto, el diseño se parece más a lo que comúnmente existe en el mercado, los cambios e innovaciones que saltan a la vista son que tanto el “cuerno” derecho como el izquierdo están modificados de tal forma que el “cuerno” izquierdo es casi inexistente y el derecho tiene un diseño con más curvas de las habituales. Para este diseño podemos mencionar sus aciertos y sus errores correspondientes.

Ventajas:

- Diseño de estilo más convencional, parecido al modelo Telecaster (Fig.4.8).
- Sin tener un cuerno izquierdo se reduce el peso del instrumento.

Desventajas:

- Cuerno derecho con curvas pronunciadas, de no tenerse cuidado se podría sufrir una fractura de esta parte.
- Al tener muchas curvas (número de curvas cóncavas: 5) en el cuerno derecho, la manufactura a gran escala sería complicada de llevar a cabo.

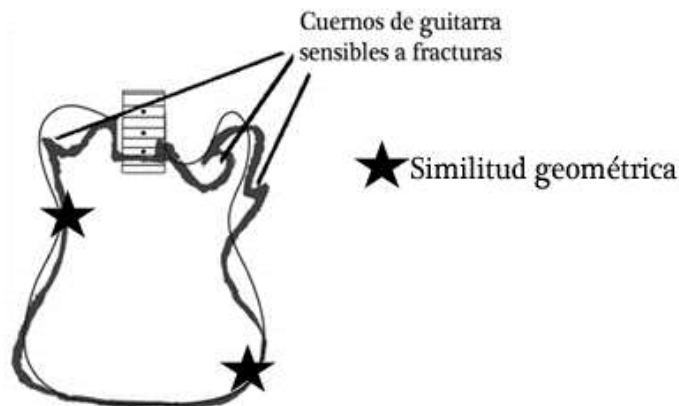


Fig. 4.8 Comparación gráfica del modelo propuesto y las zonas propensas a fracturarse

4.2 Selección de propuesta final para el cuerpo de guitarra.

Cada uno de los bocetos anteriores fueron tomados en cuenta para llevarse a cabo en el proyecto, ya que estos diseños podían cumplir tanto en estética como en funcionalidad. Para poder decidir el mejor modelo, fue necesario realizar una matriz de decisiones que nos ayudará a seleccionar el diseño definitivo con el cual se trabajará durante todo el proyecto. Debido a que es difícil y costoso llevar a cabo prototipos (ya sea a escala o en tamaño real) y los recursos tanto económicos como humanos; solo se permitirá la manufactura de la mejor opción. El criterio de selección, estará basado en las ventajas y desventajas de las opciones que se presentaron, y se calificarán por:

- Comodidad, valorando el rango de movilidad de manos dependiendo de que si estos; pueden apoyarse completamente o no en la guitarra.
- Manufactura, calificando a partir del número de curvas cóncavas.
- Estilo, evaluando desde lo semejante al “X” modelo, calificando el número de similitudes geométricas entre los modelos.

Matriz de decisiones para cuerpo de guitarra eléctrica

| Factores Propuestas | Comodidad | Manufactura | Estilo |
|------------------------|-----------|-------------|--------|
| Opción 1 | NO | 6.0 | 1.0 |
| Opción 2 | SÍ | 5.0 | 1.0 |
| Opción 3 | SÍ | 5.0 | 2.0 |

Fig. 4.9 Matriz de decisiones de las propuestas presentadas

De acuerdo a la matriz de decisión, las opciones que menos se asemejan al modelo existente, es la primera y la segunda, sin embargo la factibilidad en la manufactura y la comodidad al apoyarse en la guitarra favorecen al segundo y tercer modelo presentados. Al final, se escogió la segunda opción la cual contiene una versión modificada de los cuernos de una guitarra eléctrica (con un diseño en forma de punta en ambos lados), esto se debe a que; a pesar de que la segunda y tercera opción obtuvieron las mismas calificaciones en manufactura y comodidad, la similitudes de la segunda opción son menores que las del tercer modelo, este hecho fue lo que motivo la decisión de seleccionar la segunda opción el diseño final del cuerpo de la guitarra (Fig. 19).



Fig. 4.10 Diseño final del cuerpo para proyecto

Ventajas:

- Geometría modificada (objetivo del diseño).
- Dimensiones adecuadas (similares a otros modelos de guitarra¹⁰) para el movimiento de brazos y manos.
- Posibilidad de manufacturarse de forma relativamente fácil (dependiendo de la herramientas o sistemas de manufactura a usar).
- Al poseer curvas menos pronunciadas, el rango del tamaño de herramienta puede ser mayor, ya que si se escoge una herramienta de tamaño reducido, el tiempo de manufactura se extiende; y si por el contrario se usa una herramienta de gran dimensión, el material puede no tener el acabado deseado.

¹⁰ Gibson explorer, <http://www2.gibson.com/Products/Electric-Guitars/Explorer/Gibson-USA/Explorer.aspx>, 12/02/2013
Limited Edition KEXTMG Kelly™, <http://www.jacksonguitars.com/en-MX/products/search.php?partno=2916021568>,
12/02/2013

Desventajas:

- Cuernos derecho e izquierdo con mucha altura.
- Susceptibilidad a una fractura si el instrumento es sometido a golpes y caídas.

4.3 Diseño de clavijero

En cuanto al diseño del clavijero de la guitarra, existen dos principales variantes: las formas que agrupan en una sola hilera las cuerdas y las formas que agrupan en grupos de tres cuerdas (esto en el caso de guitarras de seis cuerdas). Estos clavijeros pueden ser angulados o rectos, con la configuración de seis cuerdas en hilera (para el caso de guitarras Fender), o con tres cuerdas en cada lado. Cada tipo de clavijero posee características particulares que se deben de considerar para la selección de una configuración. Los clavijeros rectos están contruidos a partir de la misma pieza que usa para construir el mástil, al producir el mástil y el clavijero de una misma pieza; se reduce el tiempo y costo fabricación; este tipo de construcción puede ser vista con la configuración de cuerdas en línea (visto en guitarras Fender). Para el caso de clavijeros angulados, pueden ser contruidos de una sola pieza (lo que representa un mayor desperdicio y costo de material) o pueden estar fabricados en dos piezas (Fig.4.11), las configuraciones en línea y en grupos de tres cuerdas son usadas para este tipo de clavijero.

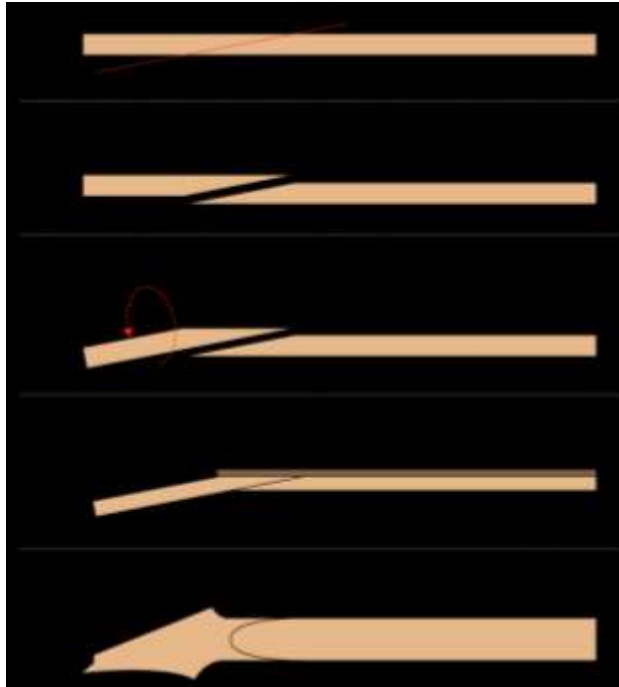


Fig. 4.11 Proceso para fabricar un clavijero angulado

Para el proyecto se contempla diseñar el clavijero con configuración de seis cuerdas en línea, esto se debe a que esta configuración (con terminación en punta) se acopla al diseño en con curvas y puntas que anteriormente se seleccionó para el cuerpo de la guitarra, para iniciar con el diseño se escogió un clavijero tipo Jackson (de configuración en línea) para comenzar a bosquejar un modelo (Fig.4.12) para nuestro proyecto

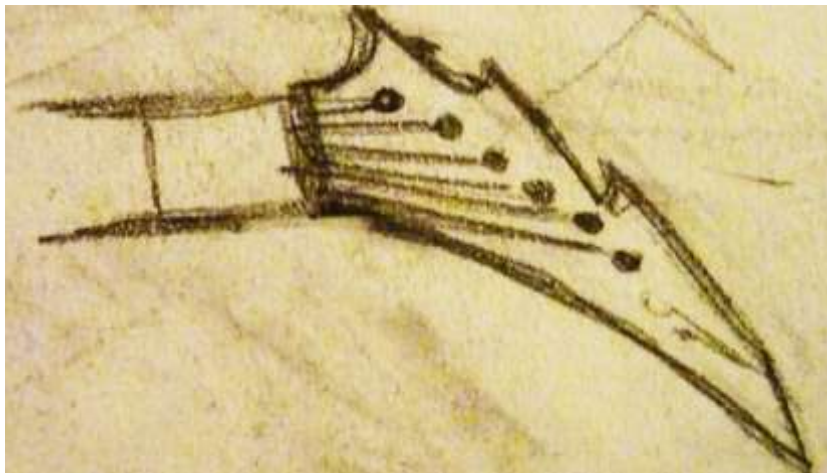


Fig. 4.12 Propuesta de diseño para el clavijero.

Terminado el boceto del clavijero, el siguiente paso a seguir es compararlo con el modelo existente para determinar los cambios que se generaron en su geometría, esto con el propósito de determinar si en realidad hubo o no un cambio significativo en lo que anteriormente se dibujó y decidir si el boceto cumple un modelo nuevo de clavijero.

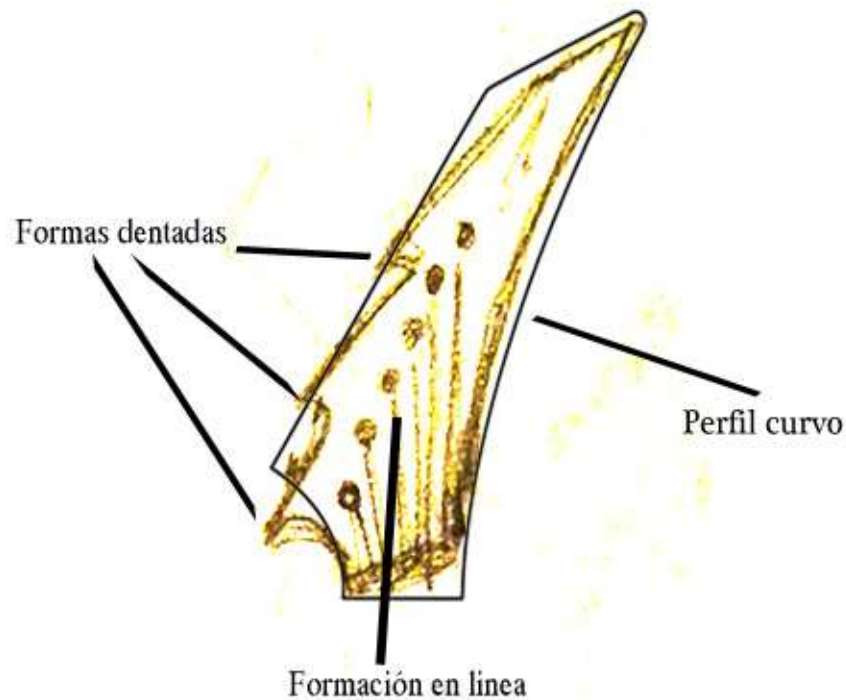


Fig. 4.13 Comparación y cambios entre el modelo existente y la propuesta.

De la comparación grafica anterior (Fig.4.13); podemos destacar dos aspectos importantes de la propuesta de diseño, uno de ellos es la forma geométrica, la cual posee un mayor ángulo con respecto al anterior y por último, el cambio más sobresaliente de lo propuesto en el diseño, es la modificación a la parte izquierda del clavijero; que consistió en colocar figuras dentadas a lo largo de todo el perfil izquierdo en vez de solo dibujar solo una línea recta. Este pequeño; pero significativo cambio, modifica de manera importante el modelo del clavijero de referencia y lo convierte en un nuevo modelo para clavijero.

Los cambios presentados en el modelo del clavijero dan la impresión de no ser relevantes, sin embargo si analizamos los modelos de clavijero existentes, podemos comparar en que cambios de geometrías (por simples que parezcan) los fabricantes protegen sus creaciones (geometrías de cuerpos, clavijeros, etc.). Al consultar los modelos de varias marcas de guitarras, notamos que muchos modelos poseen formas similares en su geometría (Fig.4.14) y que rara vez un modelo se destaca de otro.

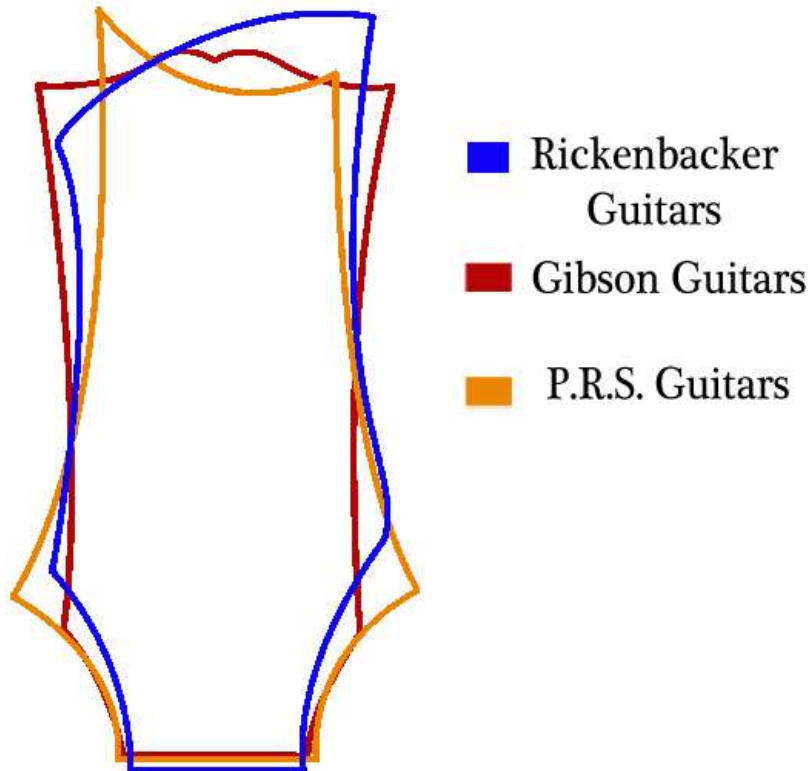


Fig. 4.14 Comparación entre modelos de clavijero.

Para el caso de la propuesta presentada, podemos inferir una comparación similar a la anterior, ya que varios fabricantes de guitarras eléctricas comparten modelos de clavijeros similares en configuración de seis cuerdas, lo que significa que un modelo de clavijero puede ser considerado como “nuevo” por el simple hecho de modificar alguna característica geométrica (Fig.4.15) como puntas, relieves, contornos, curvas, etc., por tanto; podemos considerar a nuestro modelo de clavijero como un modelo nuevo.

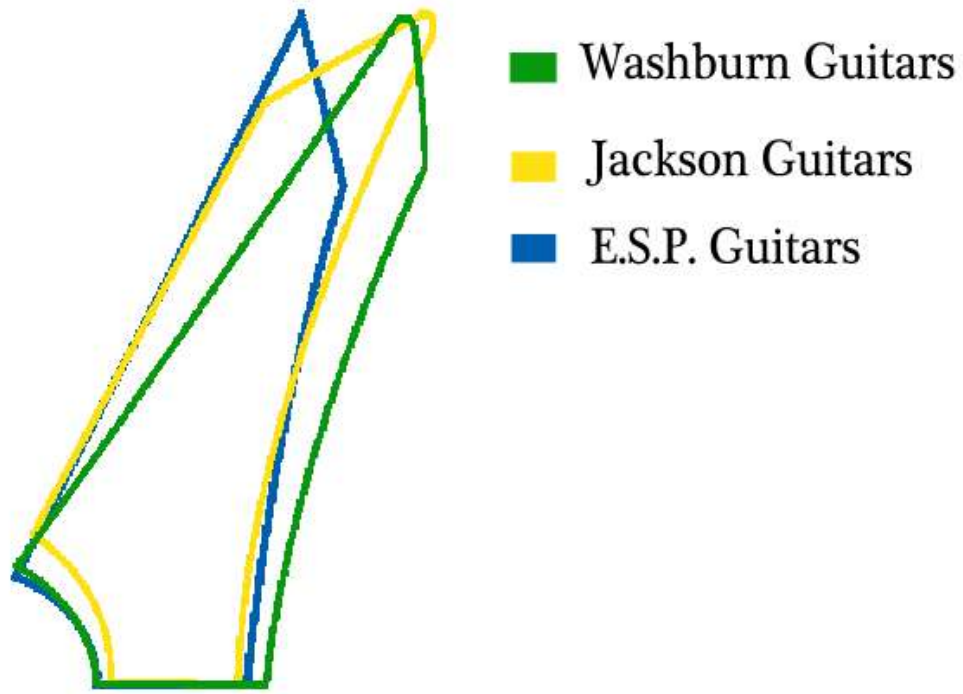


Fig. 4.15 Comparación de clavijero de seis cuerdas en línea.



Fig. 4.16 Diseño final del mástil

Capítulo 5.0 Diseño de configuración.

5.1 Diseño del cuerpo y clavijero en 3D

Al terminar los bocetos, y habiendo escogido una opción para el proyecto lo siguiente es pasar esas ideas y dibujos a un formato digital con ayuda del software de Catia, esto se logró gracias a que se midió el boceto de manera que cada trazo formara una línea recta con su respectivo ángulo asociado, posteriormente al llegar a curvas, estas se subdividían en varias líneas rectas respetando el patrón de la curva, todo esto fue para importar estas líneas al software CAD/CAM y que posteriormente las herramientas del programa modificaran líneas rectas en curvas.

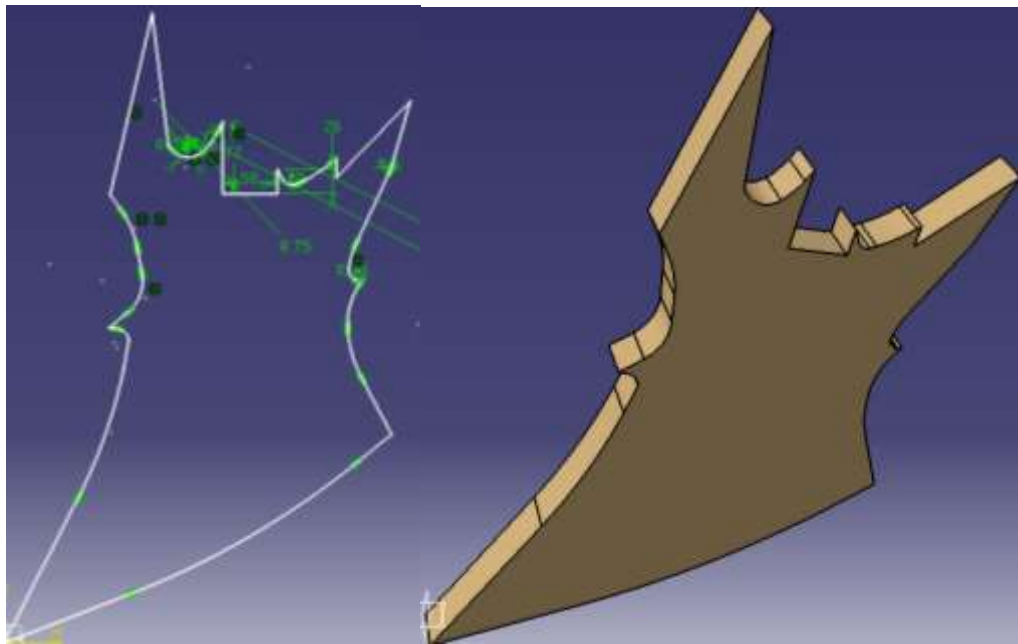


Fig. 5.1 Segundo modelo del cuerpo de la guitarra.

Por último, se llevó a cabo un análisis de elemento finito para simular los esfuerzos a los que el cuerpo de la guitarra estará sometido, las condiciones de trabajo de esta pieza se centran principalmente en las perforaciones que permiten colocar los sujetadores (Fig.5.2) de la correa para que el usuario pueda colgarse el instrumento.

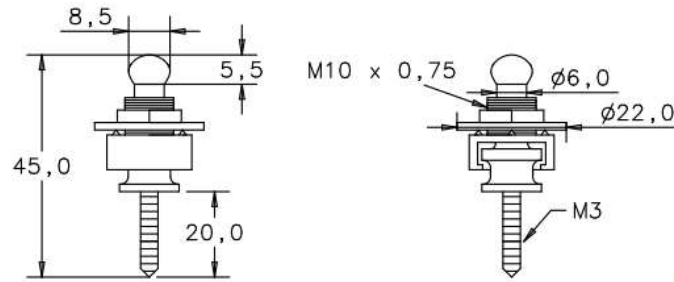


Fig. 5.2 Esquema de los sujetadores¹¹ de correa para guitarra en mm

Para llevar a cabo el análisis de elemento finito las condiciones de trabajo fueron:

- a) Dado que el instrumento va colgado a través de una correa, la única fuerza que actúa sobre el cuerpo es la fuerza de gravedad (9.81 m/s en dirección -Z).
- b) Las perforaciones para los sujetadores de la correa actuarán de apoyos (empotramientos) para soportar el peso del cuerpo de la guitarra.
- c) Angulo del cuerpo de la guitarra: 45°.
- d) El material asignado será caoba, esto por su gran “sustain”¹² (aunque los fabricantes también usan tilo, aliso, etc.).

Por último la simulación se llevará a cabo con el cuerpo a 45° de inclinación, esto se debe a que usualmente los guitarristas al tocar sentados o parados; posicionan con cierto ángulo el instrumento de manera que les sea fácil y cómodo de tocar, este aspecto generalmente queda a consideración de cada músico. Al correr la simulación para el caso del cuerpo de la guitarra a 45° se presentaron los siguientes resultados.

¹¹ Schaller Security lock, <http://schaller-electronic.com/hp122162/Security-Lock.htm>, 5/02/2013

¹² Solid body guitar tonal differences, <http://www.fender.com/support/articles/solid-body-guitar-tonal-differences/>, Gibson Tone Tips: It All Starts with the Wood, http://www.gibson.com/en-us/Lifestyle/Lessons/InstrumentLessons/Gibson%20Tone%20Tips_%20It%20All%20Start/, 10/03/2013

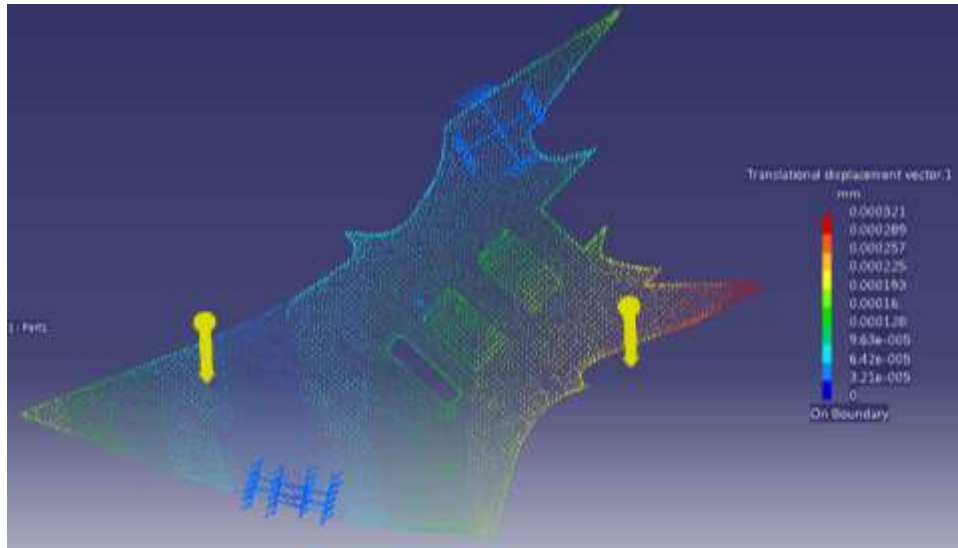


Fig. 5.3 Vector de desplazamientos del cuerpo de la guitarra.

Se puede observar en la figura anterior que los desplazamientos más críticos se llevan a cabo el cuerno derecho del cuerpo de la guitarra, sin embargo si observamos el rango de valores que la simulación arrojó; podemos notar que el máximo valor de desplazamiento es muy cercano al cero, por lo tanto la deformación en el cuerpo de la guitarra es mínima. Sin embargo, la simulación también arrojó resultados con respecto a los esfuerzos que se presentarán en el cuerpo de la guitarra.

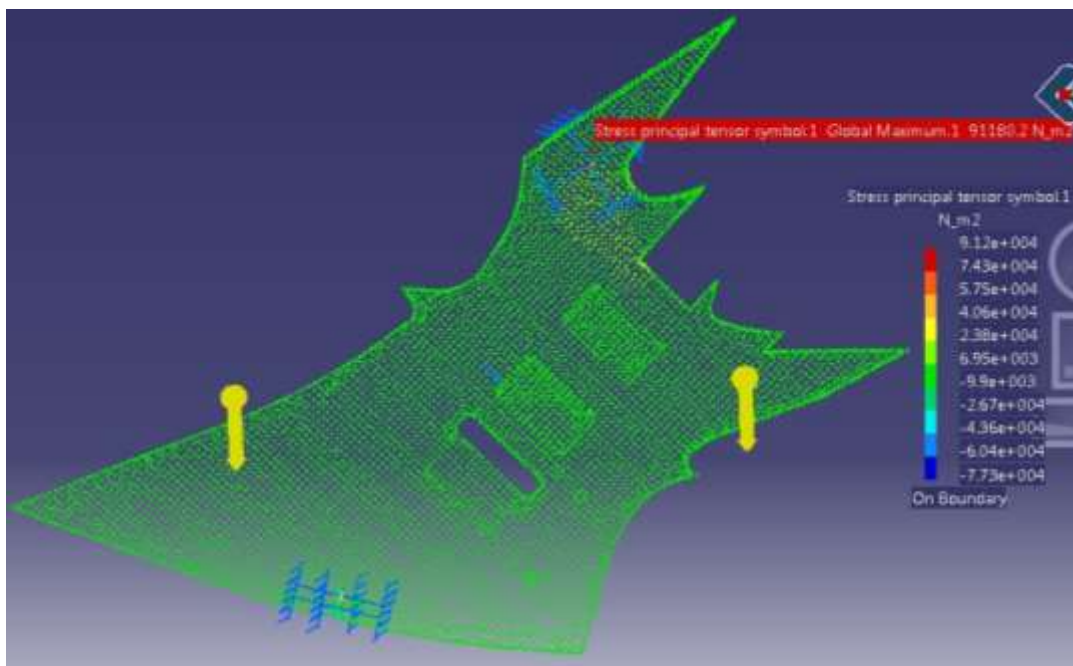


Fig. 5.4 Esfuerzos principales del cuerpo de la guitarra.

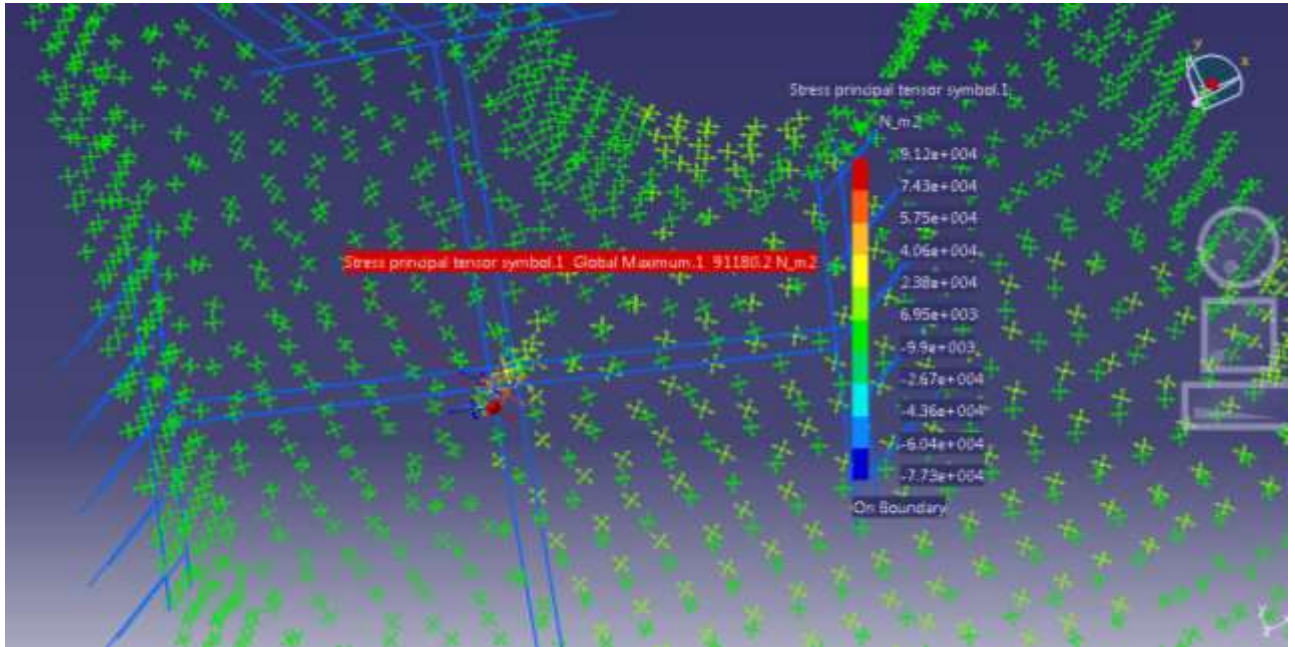


Fig. 5.5 Detalle de los esfuerzos máximos en el sujetador empotrado en el cuerno de la guitarra

Al observar los valores del tensor de esfuerzos, es posible notar que los valores máximos son casi nulos en todo el cuerpo de la guitarra, sin embargo; es necesario comparar los valores máximos obtenidos de la simulación y los valores pertenecientes a tablas de propiedades para determinar si el cuerpo de la guitarra sufrirá ruptura. Dado que los sujetadores para correa son los que sirven como apoyos del cuerpo de la guitarra y la fuerza de gravedad actúa como única fuerza, podemos inferir que los esfuerzos presentes son cortantes (Fig.5.6). Para determinar si existirá o no falla en el material se verificará el valor del cortante máximo (de tablas)¹³ y se calculará el factor de seguridad que poseerá el cuerpo de la guitarra.

¹³ Table 4–5a. Mechanical properties of some woods imported into the United States other than Canadian Imports, Wood Handbook-Wood as an Engineering Material, David E. Kretschmann, U.S. Department of Agriculture, 1999



Fig. 5.6 Esfuerzo cortante presente en los sujetadores del cuerpo de la guitarra.

Al calcular se obtiene:

$$F_s = \frac{\sigma_{\text{cortante ultimo}}}{\sigma_{\text{simulación}}}$$

$$\sigma_{\text{cortante ultimo}} = 8.5 \text{ (kPa)} ; \quad \sigma_{\text{simulación}} = 9.1 \text{ (kPa)}$$

$$F_s = \frac{8.5 \text{ (kPa)}}{9.1 \text{ (kPa)}} = 0.93$$

Con un resultado de factor de seguridad por debajo de uno, podemos concluir que el cuerpo de la guitarra debe ser tratado con cuidado al hacer uso del instrumento, ya que factores como caídas, golpes, etc. pueden provocar una fractura en el cuerno izquierdo de la guitarra (área de mayor concentración de esfuerzos). Una simulación al mástil de guitarra resulta innecesaria; ya que el mástil posee dentro de sí un elemento mecánico llamado alma que regula la tensión del mástil y ayuda a que las cuerdas no golpeen los trastes o el diapason de la guitarra, permitiendo que la cuerda pueda vibrar libremente, el alma (Fig.5.7) esta generalmente fabricada en acero (por lo que puede soportar fácilmente los 40-50 Kg de fuerza que ejercen las cuerdas de la guitarra), y se puede ajustar su curvatura con ayuda de una llave Allen.

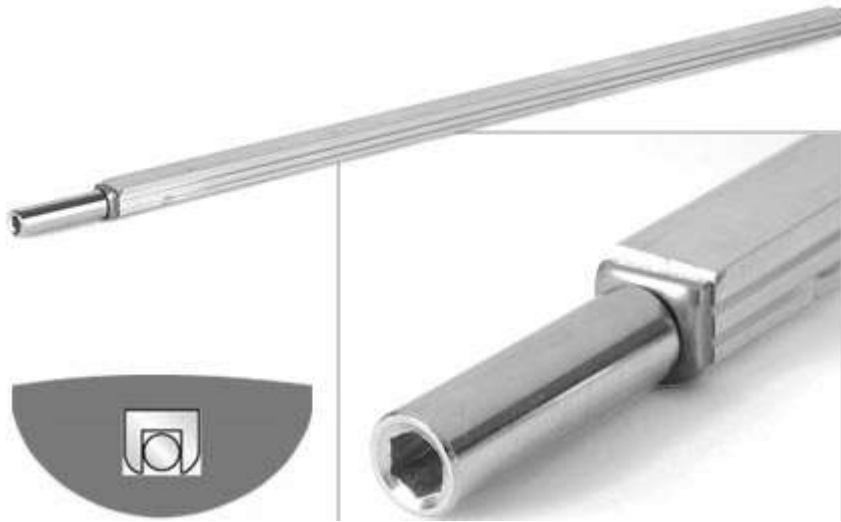


Fig. 5.7 Detalle del alma en la guitarra.

Al llevar el boceto al software de Catia se incluyó el diseño del mástil para que se ensamblara con el cuerpo de la guitarra y así tener una idea de cómo sería el prototipo final.

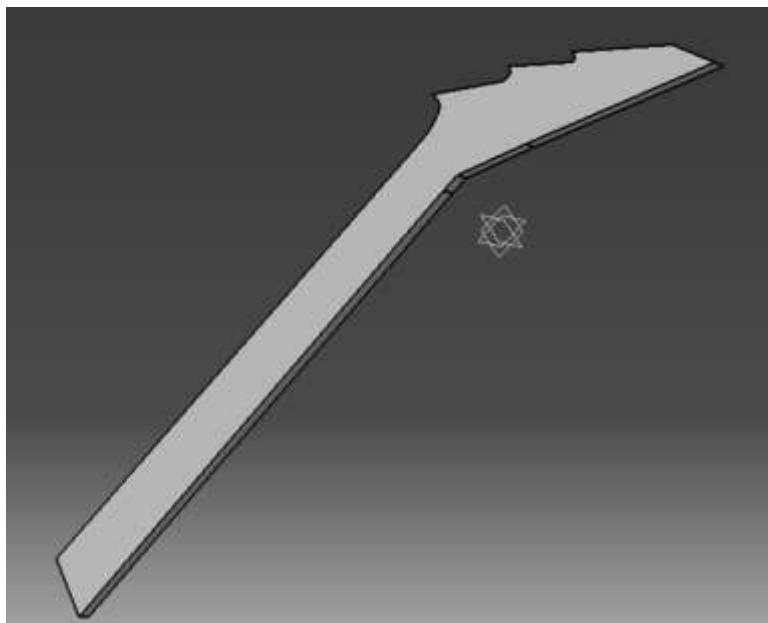


Fig. 5.8 Mástil y clavijero en Catia

5.2 Modelo del instrumento en 3D

Al terminar el diseño de las dos partes medulares se pasó a hacer un ensamble para tener una mejor perspectiva de cómo quedaría el instrumento. Esto con el objetivo de observar más detenidamente los aspectos a mejorar y los aciertos al realizar los modelos en 3D.



Fig. 5.9 Modelo 3D del instrumento terminado

Al terminar este ensamble entre el cuerpo y el mástil de la guitarra (Fig.5.9), obtenemos un diseño que cambia considerablemente su geometría con respecto a los modelos conocidos de guitarras eléctricas. La innovación en el diseño obtenido puede ser evaluado de acuerdo a factores subjetivos como la estética, la comodidad, la originalidad, etc., cada uno de estos atributos están ligados a factores psicológicos que determinarán la aceptación o rechazo del diseño de esta guitarra eléctrica.

5.3 Innovación del instrumento

Las características que engloban la originalidad y estética del proyecto están asociadas a su forma geométrica, sus líneas y contornos estilizados atraerán a los individuos que tengan contacto visual con el instrumento, y reaccionarán de acuerdo a una serie de impulsos psicológicos; que provocarán en ellos, la motivación de adquirir el instrumento. Esto se debe a que los individuos, al adquirir un producto o servicio están implícitamente influenciados por distintos factores mentales preestablecidos; que moldean la decisión de adquirir un bien o servicio. Estos factores se pueden englobar de la siguiente manera:

- a) El cultural, este es un factor que debe analizarse dependiendo del lugar a donde pertenece el individuo, su forma de pensar dentro de un grupo social específico, tradiciones, cultura y nivel socioeconómico.
- b) El status, este factor es uno de los influyentes más fuertes dentro de la psicología de los consumidores, ya que mediante los medios de comunicación se deja una imagen mental de lo que el individuo debe buscar como modelo de vida a seguir, por tanto, provoca que los diferentes estratos socioeconómicos aspiren a esa forma de vida causando el consumismo.
- c) La necesidad, este factor se basa en el consumo de un producto para la vida cotidiana, dentro de él existe una variante que es: el producto de necesidad creado, en el cual se busca formar la exigencia de un producto; aunque en realidad éste no sea de primera necesidad, haciendo mención de las características, tecnología, servicio, apariencia, utilidad, costo, innovación, etc.
- d) El de estandarización, este factor se posiciona en la mente del consumidor, haciéndole notar que el producto que se oferta es adquirido o usado por un grupo o por una masa de gente; esperando que el consumidor tome la decisión de obtener el producto o servicio.

- e) El de innovación o tecnológico, en éste factor se busca hacer alarde de la tecnología para el mejoramiento en la calidad de vida o servicio, provocando que el consumidor busque tomar la decisión de adquirir la comodidad, la eficiencia y la simplificación del trabajo; siendo suficiente causal para que el consumidor tome la decisión de adquirirlo.

- f) El de pertenencia, en un factor psicológico que ataca el ego personal del consumidor potencial, haciéndole notar que para lograr una posición afectiva, un status o lograr la pertenencia de un grupo específico, debe obtener el producto o servicio ofertado para ser reconocido o aceptado; además esto implica el factor “querer ser como”, lo cual orilla al consumidor a tomar la decisión de compra. En este aspecto de posicionamiento psicológico el consumidor es orillado a necesitar de un producto para, aparentemente, lograr un cambio que le llevará, ya sea, al éxito personal, interpersonal, de posición monetaria, de aceptación y de seguridad.¹⁴

Los recursos visuales (Fig.5.10) son una gran herramienta que actualmente usan las compañías de guitarras para llamar la atención de los consumidores, exposiciones, demostraciones, campañas en recintos relacionados con la música; son espacios que se usan para despertar el interés de posibles compradores. El público al cual está dirigido este diseño de guitarra es a músicos que interpreten cualquier género musical, ya que si se restringe el modelo obtenido a un solo de grupo de estilos musicales; se restringiría el número de posibles consumidores interesados en el diseño de esta guitarra.

¹⁴ Comportamiento del consumidor, Leslie Lazar Kanuk, Leon G Schiffman, Ed. Pearson, 2005



Fig. 5.10 La imagen de guitarristas destacados como herramienta de marketing¹⁵

Habiendo finalizado la parte esencial del diseño del cuerpo y clavijero de la guitarra, lo siguiente es definir cuáles serán las partes tanto mecánicas como eléctricas que darán sonido y calidad al instrumento. La selección de materiales y partes (mecánicas y eléctricas) serán propios de un instrumento de alta calidad, esto con el propósito de entregar un producto de alto valor agregado que compita con las grandes compañías que fabrican guitarras eléctricas (Fender, Gibson, Ibanez, B.C. Rich, Dean, Jackson, E.S.P. etc.).

¹⁵ FRM - PAUL GILBERT, <http://www.ibanez.com/ElectricGuitars/Series-frm>, 15/01/2013

Capítulo 6.0 Selección de materiales y componentes.

Los materiales a usar en el proyecto forman parte vital del mismo, ya que de esta selección dependerá el sonido que obtengamos al tocar una guitarra. Para el proyecto usaremos la madera como material habitual en la construcción de este tipo de instrumentos. La madera es un material proveniente del tronco de los árboles que se forma a partir del crecimiento de éstos; los vestigios de las células del árbol dan lugar a la lignificación, esto tiene como consecuencia que la madera se transforme y se endurezca considerablemente. La madera como material, puede ser descrito con una estructura de fibras y poros regulares e irregulares y dependiendo de la especie de madera estas fibras y poros están en mayor o menor medida. Si la madera se usa para un instrumento musical, lo ideal es usar una madera que propicie la propagación del sonido.

El sonido es un fenómeno físico causado principalmente por perturbaciones periódicas en los cuerpos, para que estas perturbaciones se propaguen y puedan ser captadas; es necesario tener un medio elástico como el aire o el agua que actúe como transmisor de dichas perturbaciones, estas vibraciones viajan como oscilaciones periódicas cuyas frecuencias asociadas pueden ser distinguidas por el oído humano (del rango de los 20 a 20,000 Hz).

La madera; al ser un material poroso, con cavidades y aire en su estructura, también vibra al ser excitado por una fuente externa, en este caso, las cuerdas de la guitarra, a este fenómeno físico se le denomina resonancia. La resonancia es la capacidad que tienen los cuerpos de ponerse a vibrar, esta propiedad es la que obliga a los materiales como la madera; a vibrar cuando son excitados por otras vibraciones, para el caso de las guitarras acústicas, al hacer sonar las cuerdas; estas no producen el volumen suficiente para ser escuchadas, pero al estar en contacto con el cuerpo de la guitarra, la vibración de las cuerdas se transmite al interior de la caja de resonancia obligando al aire dentro de ella a vibrar; y así mover una mayor cantidad de aire; como consecuencia el volumen aumenta en gran medida.

Para el caso de las guitarras eléctricas, las pastillas se encargan de captar las vibraciones de las cuerdas y transformarlas en señales eléctricas, sin embargo la resonancia que existe dentro del cuerpo de la guitarra eléctrica complementa el sonido que se obtiene al tocar las cuerdas, ya que la madera de la guitarra posee cavidades con aire dentro, estas son susceptibles a la vibración de una fuente externa, en este caso; las cuerdas de la guitarra.

6.1 Cuerpo de la guitarra

Si observamos de cerca la estructura de trozo de madera perteneciente a un instrumento podremos observar que su estructura está compuesta principalmente por poros diminutos, que se extienden a lo largo de todas las delgadas fibras de la madera (Fig.6.2).

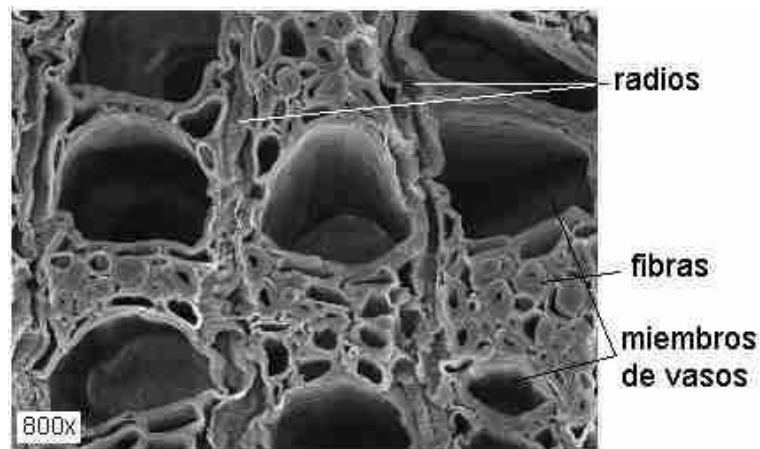


Fig.6.1 Estructura interna de un trozo de madera¹⁶

Para obtener un sonido agradable y de calidad usaremos una selección de maderas que en conjunto ofrecerán la mejor opción que se pueda tener en este proyecto. Para el cuerpo de la guitarra (área en donde resonará la mayoría del sonido), usaremos caoba como material de manufactura.

¹⁶ Estudio sobre maderas para guitarra, <http://www.guitarraprofesional.com/maderas/maderas.htm>, 15/02/2012

El árbol de caoba es una especie árbol perteneciente a la familia de las meliáceas, crece principalmente en zonas de Centroamérica y está catalogada como una madera fina por su gran resistencia a hongos y parásitos así como su facilidad para ser trabajada. Posee una densidad de 0.65 g/cm^3 , de duramen café castaño, porosidad difusa, los vasos de esta madera están generalmente en grupos radiales cortos de dos o tres vasos, estos vasos poseen un diámetro de entre 90 a 255 (μm)¹⁷. La finalidad de utilizar este tipo de madera es que debido a su estructura interna, que el sonido viaja de tal manera que no pierde su ni claridad ni su calidad a la hora de tocar piezas musicales.

La caoba ofrece una estructura ideal para el propósito de tocar un instrumento, esto se debe a que proviene de un clima tropical el cual, no varía de manera significativa durante todo el año, esto se traduce en que el crecimiento de las fibras del árbol es constante la mayor parte del año, en cambio las maderas que crecen cercanas a los polos de la tierra carecen de esta constancia de fibras y poros, debido precisamente a cambios bruscos en la temperatura y esto ocasiona un crecimiento irregular en las fibras y poros de la madera.



Fig.6.2 Esquema comparativo de los tonos de diferentes maderas para cuerpo de guitarra que van desde lo grave en rojo, hasta lo agudo en amarillo¹⁸

¹⁷ H. G. Richter and M. J. Dallwitz (2000 onwards). 'Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval, <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/wood/english/melswmac.htm>, 20/12/2012

¹⁸ The sound of electric guitar wood, http://www.frudua.com/sonido_madera_guitarra_electrica.htm, 08/03/2012

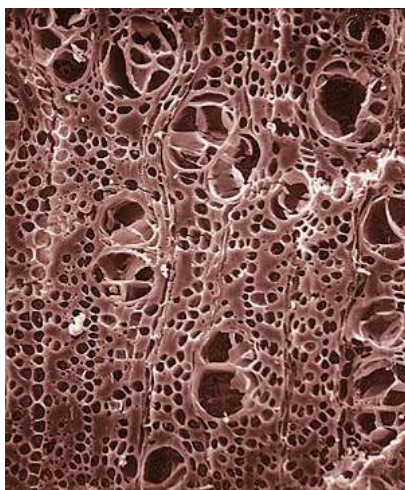


Fig. 6.3 Estructura interna de la madera de caoba¹⁹

| Nombre comun y cientifico de la especie | Contenido de humedad | Densidad relativa | Modulo de elasticidad (MPa) | Trabajo a carga maxima (kJm ⁻³) | Compresion paralela al grano (kPa) | Cortante paralelo al grano (kPa) | Dureza al costado (N) |
|---|----------------------|-------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Calabo (Pycnanthus angolensis) | 12% | 0.4 | 11.00 | - | 38.30 | 8.90 | 2.70 |
| Ipe (Tabebuia lapacho) | 12% | 0.92 | 21.6 | 152 | 89.70 | 14.2 | 16.4 |
| Caoba Africana (Khaya spp.) | 12% | 0.4 | 9.70 | 57 | 44.50 | 10.3 | 3.7 |
| Caoba (swietenia macrophylla) | 12% | 0.45 | 10.3 | 52 | 46.70 | 8.5 | 3.6 |

Fig. 6.4 Propiedades mecánicas de la caoba²⁰

Se puede observar que la caoba posee las suficientes propiedades mecánicas para soportar trabajos y montajes mecánicos sobre ella, sin embargo como anteriormente se mencionó (en el análisis de elemento finito); se debe tener cuidado al tocar con el instrumento que, ya que los golpes o caídas pueden ocasionar una fractura en dicho material. Lo siguiente en seleccionar es la madera del mástil, el material a escoger deberá acoplarse con la caoba para que se obtenga un sonido equilibrado; resultado de combinar distintos tipos de madera.

¹⁹ Maderas comerciales, <http://delta-intkey.com/wood/es/www/melswmac.htm>, 15/04/2012

²⁰ Wood as an Engineering Material, David E. Kretschmann, U.S. Department of Agriculture, 1999

6.2 Mástil de la guitarra

El mástil es el componente que recibe la mayoría de la tensión ejercen las cuerdas de guitarra, por lo tanto la madera debe poseer una resistencia adecuada para soportar el uso y desgaste normal del instrumento, y además el mástil, ha de ser capaz de curvarse o enderezarse con ayuda del “alma”. También es en el mástil en donde se posiciona la mano izquierda, es en esta mano donde el músico puede cambiar y variar las notas que interpreta al ritmo y velocidad que desee; con una mejor y más cómoda posición de la mano izquierda, se obtiene una mayor y más precisa fluidez a lo largo de todo el mástil lo que permite que se pueda tocar de forma más rápida.

Definir el perfil del mástil, tendrá repercusiones en la comodidad que el instrumento tendrá, este es un aspecto que depende bastante del criterio del músico ya que en muchas ocasiones lo que es cómodo para un guitarrista es incómodo para otro, de ahí la necesidad de definir un perfil apropiado para este proyecto. Los perfiles de mástil poseen una forma y grosor característicos que van desde formas en “U”, formas en “V” y otras formas intermedias entre las dos anteriores, esto es debido a que cada tipo de perfil debe adaptarse a gustos diferentes. Tradicionalmente los perfiles delgados están asociados a manos pequeñas y gran velocidad de ejecución, aunque este criterio cambia de persona a persona.

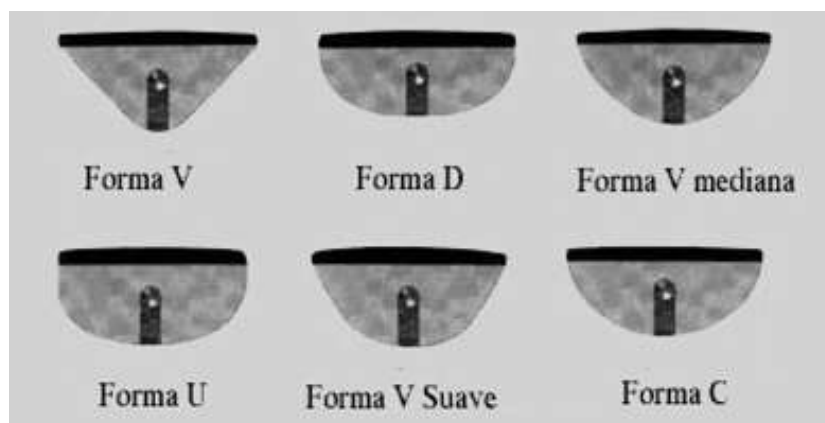


Fig. 6.5 Perfiles más usados en guitarras²¹

²¹ Necks, <http://www.rocketmusiconline.com/necks.html>, 14/03/2012

Como anteriormente se mencionó, seleccionar un tamaño ideal de manos o brazos es complicado de determinar debido al número de variables (edad, género, localización geográfica y tamaños de muestra) presentes en la antropometría humana, sin embargo podemos basar la selección del perfil conforme a las necesidades técnicas de un guitarrista de guitarra eléctrica. Para técnicas de la mano izquierda, no solo se necesita de coordinación (para llevar a cabo acordes, escalas, arpeggios, etc.) sino que también la velocidad juega un papel importante en la ejecución del guitarrista, para poder alcanzar altas velocidades (Fig.6.6) es necesario pulsar las cuerdas de tal manera que el esfuerzo de los dedos sea el mínimo; ya que al “economizar” el esfuerzo, el guitarrista puede dirigir su atención a incrementar la velocidad del ejercicio que realice y no en pulsar con fuerza la nota que se necesita.

| | | |
|-------------|-----------------------|-------------|
| Lento | Extremadamente lento | 50-60 bpm |
| Adagio | Lento y relajado | 60-72 bpm |
| Maestoso | Majestuoso | 72-84 bpm |
| Andante | Andante | 80-100 bpm |
| Moderato | Moderado | 100-120 bpm |
| Allegro | Bastante rápido | 120-160 bpm |
| Vivace | Animado y enérgico | 144-160 bpm |
| Presto | Muy rápido | 160-200 bpm |
| Prestissimo | Extremadamente rápido | 168-208 bpm |

Fig.6.6 Rango de velocidades representadas en beats por minuto.

Para mástiles de gran espesor, este tipo de velocidades pueden resultar difíciles de obtener, debido a que la mano tiene que recorrer una mayor distancia (que se traduce en superficie de agarre) entre el dedo pulgar y los dedos restantes, como consecuencia se disminuye la libertad de movimiento de los dedos, sin embargo al tener un mástil delgado, esta distancia disminuye y los dedos pueden tener mayor libertad de movimiento para alcanzar las notas necesarias a la velocidad requerida.

Sabiendo esto podemos escoger un perfil de mástil de contorno fino. Al tener un mástil un poco más delgado (parecido a los modelos JEM y Wizard de Ibanez)²², se incrementa la fluidez y control a la hora de interpretar música en el instrumento.

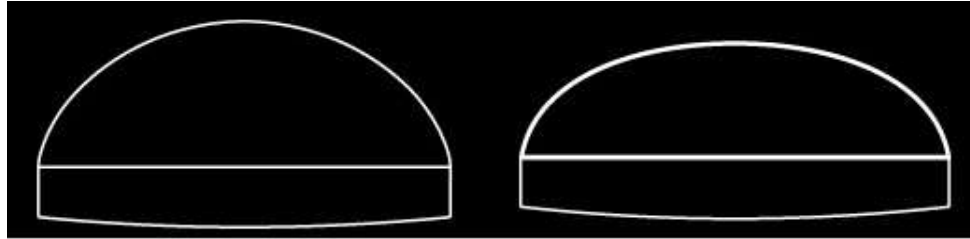


Fig.6.7 Comparación de un perfil estándar contra un perfil mucho más delgado

En resumen, lo conveniente es tener un perfil de mástil un poco delgado, ya así se podrá interpretar música a velocidades altas (esto a reserva de la técnica y habilidad del guitarrista). Este criterio no es estrictamente la opción para todos los usuarios, ya que si se observa desde el punto de vista de la ergonomía, un mástil adecuado sería aquel que es irregular en toda su extensión; pero el gusto de cada individuo; será el criterio que rija la selección de un perfil u otro (Fig.6.8).

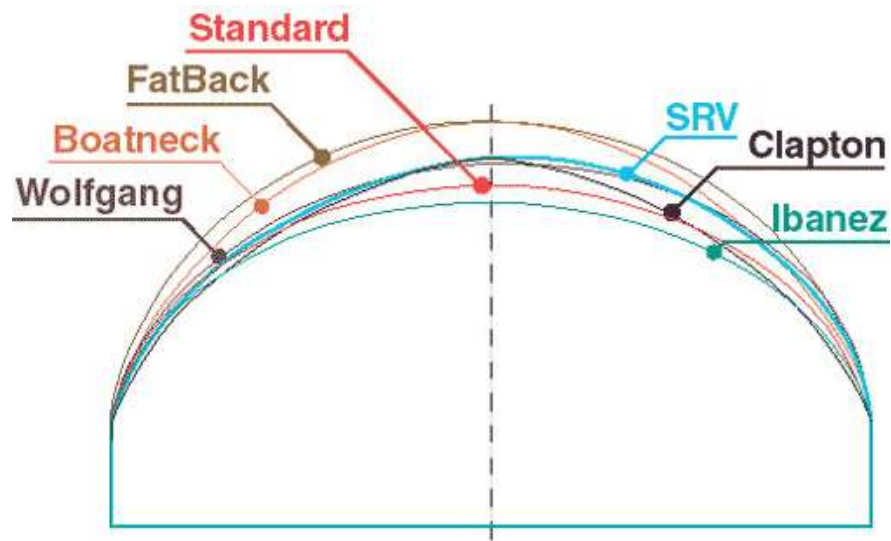


Fig.6.8 Diagrama que muestra los distintos perfiles de guitarra que existen²³

²² JEM/UV- Steve Vai, <http://www.ibanez.com/ElectricGuitars/model-JEM7V>, 10/12/2012

³ Guitar neck back contours, <http://www.warmoth.com/guitar/necks/backcontours.aspx>, 5/06/2012

Seleccionado el perfil del mástil, lo siguiente es seleccionar el material del cual estará hecho. La selección de materiales estará enfocada a una combinación del material que usamos para el cuerpo de la guitarra. En el cuerpo de la guitarra se seleccionó la caoba como material fundamental para el proyecto, sin embargo, una madera para cuerpo de guitarra no siempre resulta la mejor madera para otras partes de la guitarra, esto se debe que todas las maderas tienen una estructura interna única que responde a un rango determinado de frecuencias, la caoba resuena más fielmente en el rango de los medios-graves por lo que es ideal dentro una rítmica grupal. Al elegir un tipo de madera que pueda brindar un rango de medios-agudos al instrumento, podremos obtener un mejor sonido que complementará a las demás partes de la guitarra. Debido a que el mástil está unido con tornillos o encolado al cuerpo de la guitarra, escogeremos al arce como madera que complemente y ayude en general al sonido que obtendremos de la guitarra, ya que este tipo de madera ofrece cualidades mecánicas y sonoras apropiadas para el proyecto.

El arce es un árbol que pertenece a la familia de las sapindáceas, crecen en Norteamérica, Norte de Europa y Asia. Es una madera que tiene buen nivel de maquinación posee una densidad de 0.7 g/m^3 , duramen de color blanco amarillento y porosidad difusa, los vasos de esta madera están generalmente en grupos radiales cortos de dos o tres vasos, estos vasos poseen un diámetro de entre 44 a 80 (μm)²⁴.



Fig.6.9 Detalle y apariencia de la madera de arce²⁵

²⁴ Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. 2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval, <http://delta-intkey.com/wood/es/www/aceac-ma.htm>, 26/12/2012

²⁵ Acer spp. (Ahorn, maple), <http://delta-intkey.com/wood/es/www/aceac-ma.htm>, 7/05/2012

La selección de qué tipo de arce usaremos dependerá de la orientación de las fibras de la madera, ya que el mástil es el elemento que soporta gran cantidad de compresión que ejercen la cuerdas de guitarra. La orientación de las fibras de arce tiene dos distintos usos en la fabricación de guitarras eléctricas, en fabricación de cuerpos se usa madera de arce flameado esto por su gran belleza en acabados traslucidos; este tipo de arce es muy vistoso y posee formas onduladas en su orientación de fibras, lo que la hace que cada guitarra fabricada a partir de este tipo de arce sea único. La otra vertiente de orientación de fibras del arce es la perteneciente a las especies de arce duro y arce suave de las cuales están hechas gran parte de los mástiles y en la cual nos apoyaremos para el proyecto.



Fig.6.10 Ejemplos de acabados de arce acolchado y arce flameado²⁶

Se puede observar (fig. 6.10) que los cuerpos de guitarra hechos con arce acolchado y flameado tiene formas caprichosas. La madera de arce está dentro del rango de los medios tendiendo hacia los tonos agudos, lo cual complementa a la selección de caoba que se hizo anteriormente (medios-graves). Los tonos que hasta ahora se han obtenido al combinar dos distintos tipos de maderas, es dar como resultado que el instrumento entregue una amplia gama de sonidos que incrementarán la calidad del producto y que lo harán atractivo para músicos; que requieran no solo un instrumento con un diseño llamativo sino que también obtengan un sonido nítido al tocar dicho instrumento.

²⁶ Guitar Woods: Maple, http://www.frudua.com/guitar_woods_maple.htm, 5/02/2012



Fig.6.12 Diagrama comparativo en cual se observa que el arce tiene equilibrio entre los tonos medios y agudos²⁷

6.3 Diapasón de guitarra

En el proyecto, el diapasón juega un papel fundamental ya que este interactúa directamente con las cuerdas de la guitarra dándole el sonido a las pastillas y por lo tanto al instrumento en general. La madera deberá soportar la presión que ejerzan los dedos a lo largo y ancho de la madera, además; para dar un toque artístico al proyecto, se contempla también la propuesta de colocar incrustaciones a lo largo de todo el diapasón que ayudaran a identificar más fácilmente la posición de cada uno de los trastes lo que dará originalidad y mejor aspecto a todo el instrumento. Para la selección del material del mástil nos basaremos en la idea de equilibrar los materiales para que el instrumento produzca la mayor variedad de sonidos posibles. Recordemos que anteriormente se escogió a la caoba como madera para el cuerpo y arce como madera para el mástil, ambas maderas trabajan en el rango de los graves y medios; ideal si se requiere obtener un sonido que se mantenga el mayor tiempo posible. Las frecuencias asociadas a las “octavas arriba”, se caracterizan por tener un sonido que brilla y sobresale de manera importante, la calidad y volumen del sonido está determinado por la técnica que ejecute el guitarrista y del material que se usó para construir el diapasón de la guitarra. La madera para un diapasón debe tener la característica de tener un buen “sustain”.

²⁷ Wood tone diagram, http://www.frudua.com/wood_tone_diagram.htm, 12/02/2012

El “sustain” se puede entender como la cantidad de tiempo durante el cual; una cuerda de guitarra suena después de ser pulsada, entre más sea la cantidad de tiempo, más durará el sonido de una cuerda después de ser tocada. Esta característica está asociada a la estructura de la madera así como a su densidad y peso. Dependiendo del tipo de madera, se tendrá un timbre y sustain distinto, uno de los materiales más usados para la fabricación de diapasones están el arce, ébano, y finalmente el que se usará en este proyecto, el palo de rosa. El palo de rosa es una especie de árbol mediano perteneciente a la familia de las fabáceas, se distribuyen en países de América central, Sudamérica Asia y África. La madera que proviene de este árbol tiene una densidad de 0.88 g/m^3 , duramen de color café y porosidad difusa, los vasos de esta madera están generalmente en grupos radiales cortos de dos o tres vasos, estos vasos poseen un diámetro de entre 80 a 175 (μm)²⁸. El palo de rosa es una madera de naturaleza porosa y por tanto necesita mantenimiento preventivo para que no sea afectada por el medio ambiente y el desgaste.



Fig.6.13 Detalle de la madera palo de rosa la cual posee gran porosidad²⁹

²⁸ Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. 2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval, <http://delta-intkey.com/wood/es/www/papdalat.htm>, 2/01/2013

²⁹ Dalbergia latifolia Roxb. (Indian rosewood, sonokeling), <http://delta-intkey.com/wood/es/www/papdalat.htm>, 03/05/2012

El palo de rosa se caracteriza por su respuesta a los sonidos cálidos y no tan brillantes, sin embargo, al no producir sonidos tan brillantes el palo de rosa responde bien a al amplificador de guitarra, el cual no solo amplifica el sonido sino que también lo distorsiona (cambia de forma la señal eléctrica). Al conectar una guitarra con maderas brillantes a un amplificador, el resultado será un sonido saturado de sonidos ruidosos y demasiado agudos.

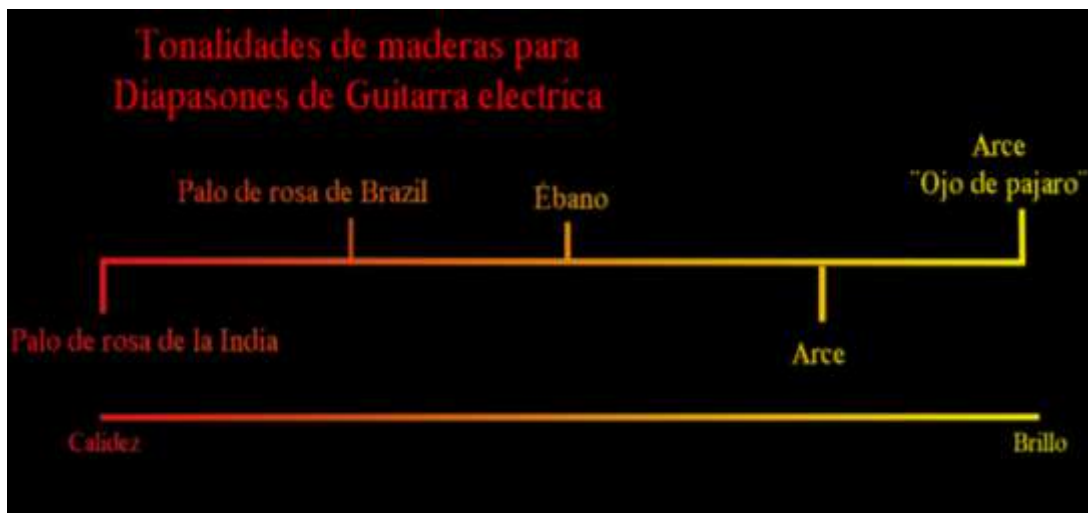


Fig.6.14 Diagrama que muestra a la madera que tiene menos brillo que una madera de arce pero posee más calidez tonal³⁰

El sonido que se obtiene de un diapason hecho de palo de rosa es más cálido que el que se obtiene con otros tipos de madera comúnmente usados para la construcción de dichos diapasones, además, la porosidad de esta madera es ideal para hacer trabajos superficiales como colocar los trastes de la guitarra, grabados e incrustaciones en la superficie de esta. Otro aspecto a resaltar en los diapasones de guitarra son las incrustaciones, estos se caracterizan por tener diseños personalizados que el artista solicita como un trabajo especial que se aplicará al instrumento, los materiales en estos diseños van desde polímeros, madera, hasta materiales como la madre perla y la concha de abulón. En el proyecto se llevará a cabo la incrustación de un diseño en el diapason de la guitarra con el objetivo de mejorar la apariencia del instrumento en general y también facilitará la ubicación de los trastes sobre todo el diapason.

³⁰ Wood tone diagram, http://www.frudua.com/wood_tone_diagram.htm, 07/02/2012



Fig. 6.15 Ejemplos de incrustaciones en guitarras³¹

Para el proyecto se proponen figuras (Fig.6.16) a lo largo de todo el diapasón y una figura distintiva colocada en el doceavo traste de la guitarra, los diseños seleccionados son a discreción del diseñador; ya que como anteriormente se mencionó, las incrustaciones son de carácter personal. El material a usar será un polimetilmetacrilato ya que es resistente a las ralladuras y soporta estar a la intemperie, además; tiene un menor costo en comparación con materiales más “vistosos” como la madreperla y la concha de abulón.

³¹ Fine custom inlays, <http://robinsoninlays.com/>, 21/03/2012

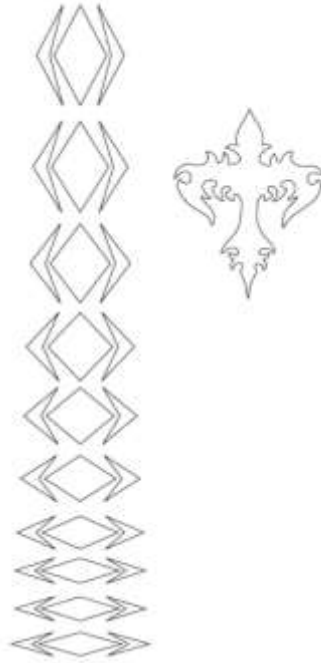


Fig. 6.16 Diseño de incrustaciones para el proyecto de tesis

La selección de trastes, también es determinante a la hora de definir el carácter de un mástil de guitarra. Seleccionar trastes de buena altura permite ejecutar más limpia y fácilmente debido a que existe un mejor contacto entre el dedo y el traste de la guitarra, entre mejor interacción se dé, al pisar la cuerda con un traste alto, mejor será la ejecución de recursos musicales como vibratos y bendings.



Fig. 6.17 Ejemplos de altura en trastes de guitarra³²

³² Frets, <http://www.lutherie.net/fret.chart.html>, 5/03/2012

La desventaja de tener trastes tan altos en el diapason de una guitarra eléctrica se observa a la hora de ejecutar acordes en cualquiera de sus variedades. En un acorde dos o más cuerdas son tocadas al mismo tiempo, dependiendo del acorde que se toque se pulsaran o no las cuerdas necesarias y las demás no se tocaran, en muchos casos los acordes están dispuestos de tal manera que los dedos se colocarán a diferentes trastes, cuerdas y espacios entre sí. Esto provoca que en determinados momentos, la disposición de la mano sea tal que no tenga más remedio que colocarse encima de las cuerdas, de modo que si la mano o las falanges tocan o estorban a una cuerda que no esté contemplada en el acorde que se quiera, el resultado será un acorde mal ejecutado. Teniendo en cuenta esto; la elección para el tamaño de traste del proyecto será un traste jumbo, el cual posee una buena altura que permitiría una buena ejecución del instrumento.




| Tamaño | Forma | No. | Material | W | H |
|-------------------|---|------|-----------|------|------|
| Grande o Jumbo | Extra High For Rock & Roll | 6100 | 18% N/S H | .110 | .055 |
| | | 6110 | H | .115 | .050 |
| |  | 6120 | H | .110 | .043 |
| | | 6130 | H | .106 | .044 |
| | | 6140 | 18% N/S H | .105 | .041 |
| | | 6150 | H | .102 | .042 |
| | | 6160 | S | .102 | .042 |
| | | 6170 | 12% N/S H | .098 | .046 |
| Mediano o Regular |  | 6180 | Brass | .085 | .038 |
| | | 6190 | 18% N/S H | .084 | .040 |
| | | 6200 | H | .084 | .038 |
| | | 6210 | 12% N/S S | .083 | .043 |
| | | 6220 | H | .082 | .041 |
| | | 6230 | H | .080 | .043 |
| | | 6240 | H | .080 | .040 |
| | | 6250 | 18% N/S H | .079 | .035 |
| | | 6260 | H | .079 | .040 |
| | | 6270 | H | .077 | .034 |
| | | 6280 | H | .076 | .044 |
| | | 6290 | H | .072 | .032 |
| Pequeño |  | 6300 | 12% N/S S | .065 | .026 |
| | | 6310 | H | .056 | .032 |
| | | 6320 | 18% N/S H | .047 | .023 |
| | | 6330 | H | .045 | .024 |

Fig. 6.18 Tabla comparativa de diferentes tipos de trastes³³

³³ Frets, <http://www.lutherie.net/fret.chart.html>, 5/03/2012

6.4 Radio del diapasón

El radio que tendrá el diapasón es un aspecto importante en cuanto a la comodidad del instrumento. Para poder interpretar acordes en una guitarra es necesario que cada dedo pulse con suficiente presión cada cuerda en el lugar correcto, ya que de no ser así; al tocar un acorde solo algunas notas se escucharán por efecto de las mismas falanges de los dedos. Debido a que las manos humanas no pueden estar totalmente rígidas cuando se está tocando la guitarra, es conveniente darle un pequeño perfil redondo al diapasón para que este tenga mejor versatilidad y sea más fácil tocar cualquier tipo de armonía o melodía. En muchos tipos de guitarra este radio que se le da a al diapasón varía según el gusto y estilo de música que se toque, lo conveniente es no tener un radio ni exagerada ni escasamente pronunciado; ya que esto provocaría que el instrumento sea imposible de tocar o que sea muy difícil hacerlo. Para el proyecto se usará un radio de 16" para que el perfil del diapasón sea cómodo tocar el instrumento esto debido a que existirá menor distancia entre los dedos índice, medio, anular y meñique (que son los que están en contacto con el diapasón) y el dedo pulgar, lo que permitirá una ejecución más rápida de los dedos y menor esfuerzo para llegar a cada uno de los trastes.

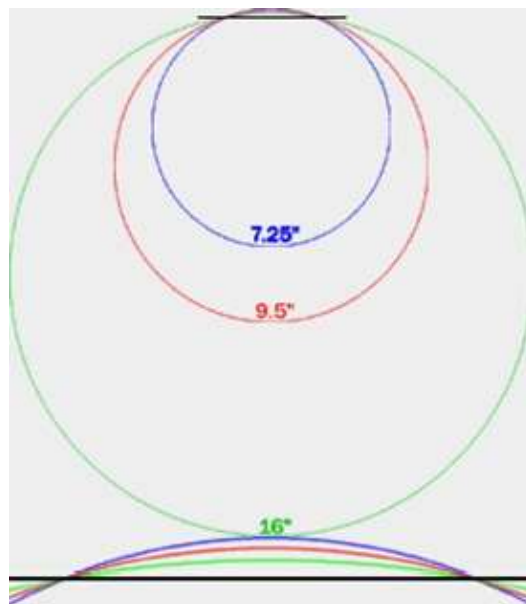


Fig. 6.19 Esquema de los diferentes tipos de radios en pulgadas, para guitarras, se puede observar que entre menor sea el radio más redondo es el perfil³⁴

³⁴Guitar Fretboard Radius, <http://www.ratcliffe.co.za/articles/radius.shtml>, 15/03/2012

6.5 Selección del puente

Elegir un puente de guitarra determinará las cualidades que dará a la guitarra eléctrica, la función más esencial del puente es el de anclar en él las cuerdas de guitarra. Existen en el mercado diferentes tipos de puentes y que se pueden separar en puentes fijos y puentes flotantes, los puentes fijos son aquellos que están sujetos al cuerpo de la guitarra y que son los que más comúnmente se usan por su sencillez y bajo precio, los puentes flotantes son aquellos que de alguna manera están soportados en la guitarra pero sin estar necesariamente atornillados al cuerpo, y que ofrecen una gama de funciones más amplia que los puentes fijos. En el proyecto se usará un puente flotante tipo Floyd Rose, este puente es esencialmente un dispositivo mecánico que permite tensionar y aflojar las cuerdas de la guitarra para poder elevar o disminuir el tono de una nota, esto es posible ya que el puente se balancea al aplicar fuerza a una palanca que el usuario puede mover hacia arriba y abajo (para poder ejercer tensión en las cuerdas), cuando se deja aplicar fuerza a la palanca, el puente regresa a su posición original la cual está determinada por la tensión de unos resortes colocados en la parte de atrás y de la tensión que ejercen las cuerdas en la cejilla.

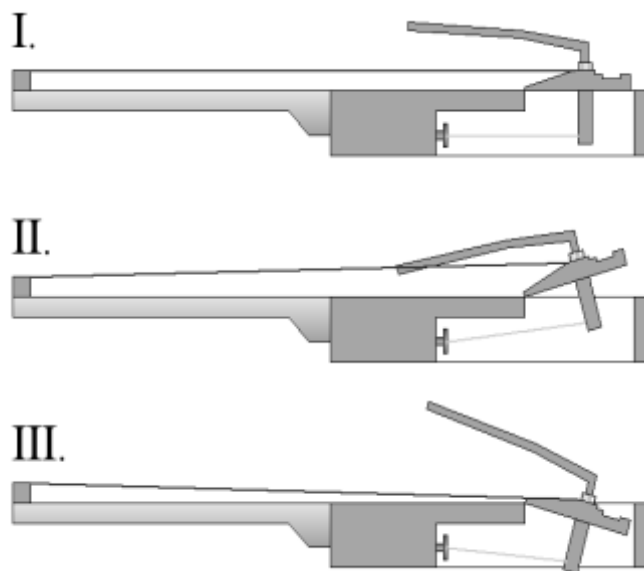


Fig. 6.20 Principio de funcionamiento y esquema de un puente tipo Floyd Rose³⁵

³⁵ Original Floyd Rose Tremolo Diagram,

http://www.warmoth.com/hardware/bridges/pdf/Original_Floyd_Rose_Diagram.pdf, 04/06/2012

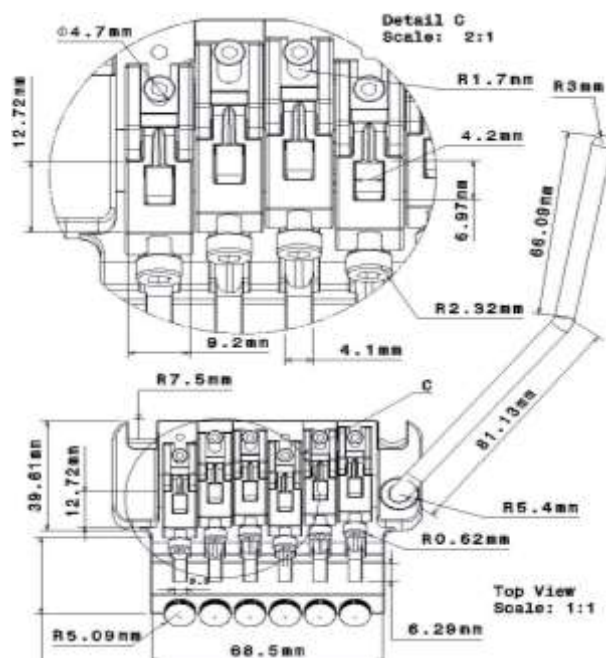


Fig. 6.21 Vista superior de un puente tipo Floyd Rose

La intención de usar un puente flotante para el proyecto es debido a que se tiene una mayor gama de efectos que se aplican al sonido de las cuerdas y consecuentemente dan una mayor versatilidad al instrumento. Un puente Floyd Rose permite, por ejemplo que una nota se pueda prolongar más tiempo vibrando al tensar y aflojar las cuerdas y así producir más fácilmente los llamados “vibratos” (técnica que consiste en aplicar flexiones cíclicas a la cuerda; con el objetivo de prolongar la duración de una nota) facilitando la ejecución de esta técnica.

Una ventaja importante en los puentes tipo Floyd Rose es que en la parte de la cejilla se encuentran colocados unos seguros (Fig.6.22) que restringen el movimiento de las cuerdas a través de las clavijas, ya que si estas clavijas se mueven, al tocar las cuerdas se perderá la afinación anterior y se tendrá que volver a afinar el instrumento desde el principio, esto permite que un instrumento con puente tipo Floyd Rose este afinado mucho más tiempo en comparación con un puente fijo.



Fig. 6.22 Seguros para la cejilla

6.6 Selección de pastillas

Para el proyecto se usarán un tipo de pastillas conocidas como pastillas activas, este tipo de pastillas se diferencian de las pastillas humbucker convencionales debido a que estos dispositivos traen dentro de ellas, un circuito eléctrico (alimentado con una batería), de ahí el término “activo”. En general las pastillas convencionales tienen un gran número de espiras en su bobinado para aumentar la cantidad de salida (voltaje) del instrumento; pero esto tiene un límite, ya que entre más vueltas tenga un bobina más resistencia eléctrica tendrá la señal para recorrer el delgado bobinado de la pastilla. Los fabricantes de pastillas han tratado de compensar este problema con un menor número de espiras e imanes con mejores propiedades inductivas. La propuesta para el proyecto son las pastillas fabricadas por la empresa Emg, aunque existen en el mercado otras opciones (Seymour Duncan, Dimarzio, etc.), estas pastillas poseen características que se deben destacar, las pastillas de Emg son pastillas con un menor número de vueltas en su bobinado que las pastillas convencionales, esto da como resultado sonidos más brillantes y cálidos, sobretodo en medios y agudos; la complicación de tener un menor número de espiras en la bobina de la pastilla, es que la señal que producen las cuerdas disminuye considerablemente con respecto a un bobinado con mayor número de espiras.

La solución que propuso Emg fue tener un circuito integrado conectado al bobinado para que pre amplifique una señal baja en una señal alta. En el proyecto se usará este tipo de pastillas debido a la gran calidad que posee su sonido³⁶, más concretamente usaremos los modelos 81 y 85.

Modelo 81

El modelo Emg-81 posee una estructura básica de humbucking que reemplaza los seis imanes (de una humbucker pasiva) individuales por barras de acero y un imán cerámico más pequeño de mayor potencia, esta pastilla está más orientada hacia los sonidos distorsionados debido a que proveen una mayor cantidad de corriente al amplificador permitiendo saturar sus componentes electrónicos, esto permite un ataque más rápido y además; al mismo tiempo se mantiene un tono limpio y agradable. Esta pastilla generalmente se coloca cerca del puente debido a que el sonido no decae entre la rítmica y el solo de guitarra.

Modelo 85

Este pickup utiliza dos imanes de Alnico (aleación de aluminio, níquel y cobalto). Esta aleación, en distintos grados; sustituyeron a los primitivos imanes de acero, por sus grandes propiedades inductivas, con este dispositivo es posible una gama muy amplia de sonidos desde limpios hasta saturados. Trabaja muy bien para los que gustan de una distorsión más natural tipo overdrive, además de que la disposición del imán permite que no haya irregularidades en comparación con los modelos de piezas polares (ya que al ejecutar estiramientos mejor conocidos como bendings, las cuerdas se salen de su posición original con el propósito de tocar una nota más aguda que la anterior sin dejar de pulsar el mismo traste).

³⁶ Tone samples, http://www.emgpickups.com/videos/emgtv_video/178, 10/02/2013

Tiene mejor definición en el rango de los medio-agudos debido a su sonido cálido y brillante comparado con el modelo 81. Es el recomendado para posicionarlo en el parte del mástil y combinarlo con un Emg-81 en el puente. Además cabe mencionar que los productos Emg poseen un sistema para conectar sus componentes sin necesidad de soldar ninguno de ellos, esto facilita su instalación y hay un riesgo menor de que se estropeen los componentes electrónicos.



Fig. 6.23 Pastillas modelo 81 y 85 con el sistema de no soldadura incluido

Un último aditamento que se planea instalar es la incorporación de un botón booster de pre amplificación para que pueda aumentar la señal de salida de las pastillas y así darle al instrumento aún más voltaje de salida poder tocar con gran volumen en canales con o sin distorsión. El dispositivo seleccionado es el booster PA2 de la marca Emg.

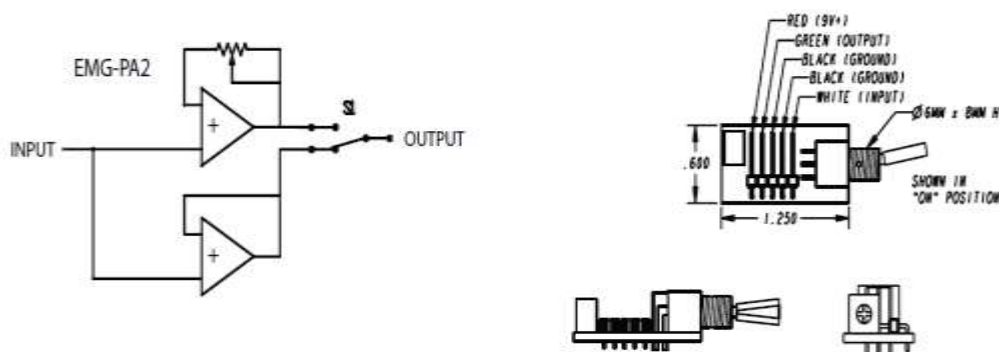


Fig. 6.24 Diagrama del circuito booster³⁷

³⁷ PA-2, <http://www.emgpickups.com/products/index/135>, 2/08/2012

6.7 Escala

La “escala” es la distancia que existe entre el puente y la cejilla del mástil esta distancia se caracteriza por tener dentro los trastes de la guitarra, dependiendo del valor que se le asigne la distancia entre trastes cambiará y por lo tanto la longitud del mástil se verá afectada. Calcular y colocar en su lugar los trastes de la guitarra, es una de las partes más delicadas cuando de armar el un diapasón se trata ya que si los trastes están colocados a una distancia incorrecta, el instrumento nunca dará las notas correctas y siempre sonará desafinado (echando a perder todo el mástil).

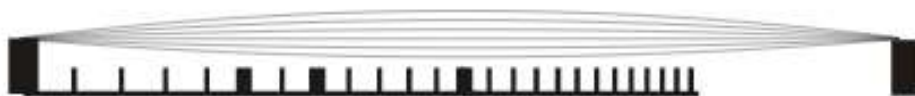


Fig. 6.25 Esquema que muestra la “escala” asociada; a la distribución de trastes en un instrumento

En general, las guitarras eléctricas están fabricadas con 22 o 24 trastes, estas dos opciones provocan una serie de diferencias que afectan al diseño del instrumento. Un diapasón con 22 trastes es lo más común cuando se adquiere una guitarra eléctrica, pero en el proyecto se usarán 24 trastes ya que así se podrán tocar más notas en el mismo instrumento. Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta al cambiar el número de trastes en la guitarra, es en cómo va a afectar a las demás partes del instrumento: como la posición de las pastillas y el puente. Si comparamos la posición hipotética que tendrían las componentes de una guitarra eléctrica de 22 trastes y una guitarra eléctrica de 24 trastes, resultaría que algunos componentes tendrían que cambiar de posición para que estos no se estorben entre sí.



Fig. 6.26 Comparación entre una guitarra de veintidós trastes y otra de veinticuatro

La solución a un conflicto de diseño como este es sencillo, debido a que la escala no cambia independientemente del número de trastes, lo conveniente es mover las pastillas más cerca del puente, además también es recomendable bajar el “cuerno” izquierdo del cuerpo de la guitarra para tener un mejor acceso a todos los trastes del diapasón sin que sea incómodo llegar hasta el último de ellos.



Fig. 6.27 Esquema que muestra los cambios que se deben hacer al tener una guitarra de 24 trastes³⁸

Habiendo resuelto el problema que se tiene con el número de trastes, lo siguiente es determinar la escala que se usará y también obtener la longitud que tendrá cada traste de la guitarra. Actualmente existen varios tipos de escala, algunos son para que se pueda acceder a los trastes más fácilmente, otros para que el guitarrista con manos ligeramente más grandes se sientan cómodos al tocar su instrumento, etc. De las escalas más usadas están las de 24.75 (in) hasta 26 (in), en el proyecto se usará la de 25.5 (in) comúnmente usada por Fender, debido a que es la más común de las escalas en guitarras eléctricas.

³⁸ http://www.frudua.com/22_frets_vs_24_frets.htm

Capítulo 7.0 Manufactura del proyecto.

Finalizado el proceso de diseño, validación y revisión del mismo, se llevará a cabo la fabricación del instrumento sin pasar por el proceso de hacer un prototipo de prueba. La intención de no fabricar un prototipo de prueba es debido a que los precios de materiales al menudeo tiene gran costo monetario, la ayuda de una simulación en software CAD/CAM nos será útil para observar como resultaría la manufactura en una maquina CNC, sin embargo, para realizar los trabajos de construcción se contratará a un luthier que se encargará de fabricar nuestro instrumento. Para poder comenzar con los trabajos de fabricación del proyecto, haremos una pequeña lista de los materiales y componentes; a partir de la selección que se realizó anteriormente.

Materiales:

- ❖ Cuerpo hecho de Caoba.
- ❖ Mástil hecho de arce, encolado al cuerpo (con el propósito de que las maderas estén en total contacto), con perfil ligeramente más delgado al normal.
- ❖ Diapasón hecho de palo de rosa con radio de 16", con incrustaciones de polimetilmetacrilato, con 24 trastes tamaño jumbo.

Componentes:

- ❖ Puente flotante tipo Floyd Rose con seguros de afinación en la cejilla.
- ❖ Pastillas activas Emg modelos 81-85, con el booster PA2.
- ❖ Perillas de volumen y tono.
- ❖ Selector de pastillas de 3 pasos.
- ❖ Conector Jack.

7.1 Simulación en sistemas CAD/CAM

Muchos de los fabricantes de guitarras eléctricas llevan a cabo la manufactura de sus instrumentos con máquinas de corte tales como cortadoras, routeadores, CNC, etc. de los diferentes tipos de máquinas utilizadas para la construcción de guitarras eléctricas podemos mencionar al uso de máquinas CNC. Estas máquinas pueden usarse principalmente para darle forma al cuerpo, mástil y clavijero de las guitarras y permiten una producción más industrial. La principal ventaja de usar este tipo de maquinaria; es que pueden manejar un buen volumen de producción en un tiempo menor en comparación con guitarras hechas a mano, aunque cabe mencionar que estas máquinas no eliminan la necesidad de un operario que de un buen acabado final a la madera, pasado el proceso de corte en CNC; es necesario que las piezas pasen por distintos tipos de herramientas y aparatos (lijadoras, routeadores, y cortadores)³⁹. Incluso varias empresas producen sus propios componentes tanto mecánicos como eléctricos (pastillas, clavijas de afinación, puentes, entre otros)⁴⁰, teniendo como propósito ofrecer un producto a menor costo; ya que de esta manera se suprime la necesidad de un proveedor de maquinaria y electrónica para guitarra.



Fig. 7.1 Sistemas CNC se encargan de cortar perfilar y desbastar la madera para guitarra⁴¹

³⁹ Special tools for Routing, http://www.stewmac.com/shop/Tools/Special_tools_for_Routing.html, 21/03/2013

⁴⁰ Dean magnetic technologies, http://www.deanguitars.com/dean_pickups.php, 21/03/2013

⁴¹ Principles of design guitar, <http://guitardesignreviews.com/2012/04/the-ten-principles-of-guitar-design-part-1-innovation/>, 25/05/2012

Con el propósito de que este proyecto se lleve a cabo (en un futuro) usando una maquina CNC, es preciso dibujar y realizar una pequeña simulación de la manufactura de nuestra guitarra eléctrica, esto ayudará; a no solo visualizar el corte del cuerpo de la guitarra, sino que también servirá como guía para la obtención de planos, referencias y tolerancias asociadas al proyecto.



Fig. 7.2 El uso de programas en 3D es ampliamente usado en la fabricación de instrumentos⁴²

Los perfiles y cavidades que generalmente se generan con un sistema CNC son principalmente el crear el cuerpo de la guitarra, barrenos para tornillería, cavidades para las pastillas y en menor medida dar acabados especiales como biselados, contornos, etc. para este proyecto se tiene contemplado dar un biselado al cuerpo de la guitarra, con el propósito de mejorar la apariencia del instrumento al aplicar pintura al biselado.

⁴² Ibanez Jem guitar, <http://grabcad.com/library/ibanez-jem-guitar>, 10/08/2012



Fig. 7.3 Simulación del maquinado en CNC del proyecto

7.2 Fabricación del proyecto

Adquiridos los materiales y componentes, el siguiente paso es comenzar a dar forma a los tablones de madera. La experiencia de un luthier (es decir, una persona que construye, repara y ajusta instrumentos musicales) es esencial para que el instrumento fuera bien construido, y la total fabricación de la guitarra fue encomendada a un luthier con el objetivo de que se entregara un producto sin defectos. Las herramientas usadas para este proyecto, tienen características distintas a las habituales herramientas que se usan para trabajar con metal, esto se debe a que la madera al ser un material no ferroso; se comporta diferente al ser trabajado con herramientas de corte y desbaste para metales, es por ello que las herramientas que se usarán son las que comúnmente se usan para trabajar madera.

7.3 Barrenos de guitarra

En general, las guitarras eléctricas poseen cierta cantidad de orificios de distintos tamaños para diferentes propósitos, uno de ellos es para atornillar el mástil, instalar las perillas de volumen y tono, etc. Usar la herramienta adecuada es fundamental para tener buenos acabados. La madera al ser trabajada; deja virutas, astillas, surcos, etc. por ello es necesario usar brocas que disminuyan en medida de lo posible este tipo de imperfecciones. Una herramienta que brinda una buena calidad al perforar una pieza de madera, es la broca de espuela. Este tipo de brocas se utilizan en todo tipo de maderas (duras, blandas, contrachapadas, aglomerados, etc.), suelen estar hechas de acero al cromo-vanadio, y pueden poseer distintos filos; aunque no hay gran diferencia en cuanto a su rendimiento. La cabeza de la broca posee tres puntas, la del centro, que tiene como propósito centrar perfectamente la broca, y las restantes; que son las que se encargan de cortar el material.

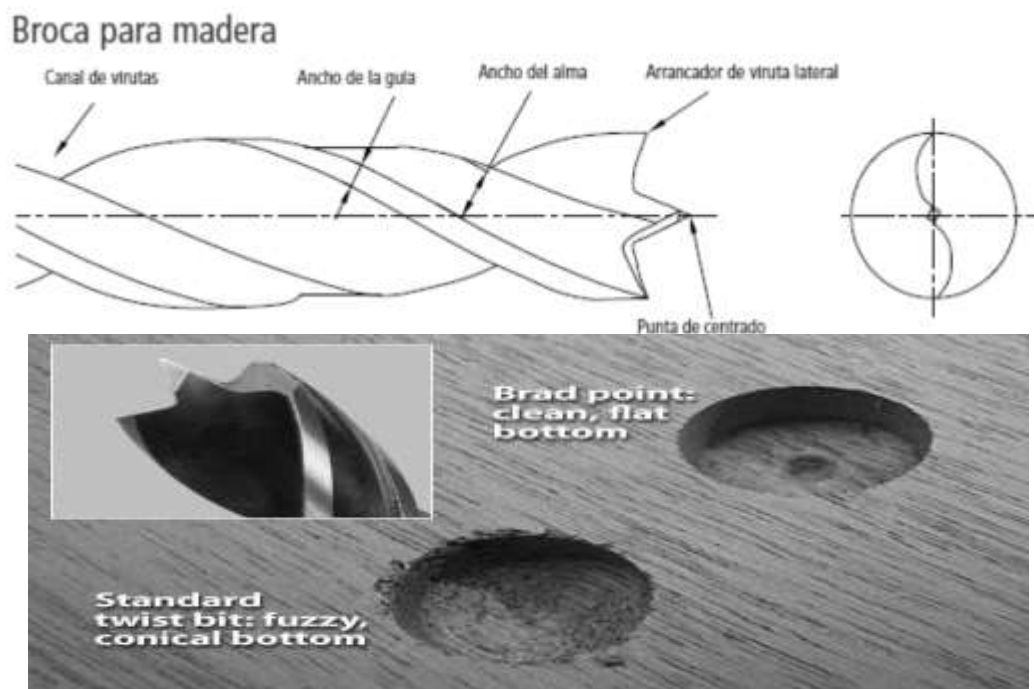


Fig. 7.4 Comparativa del acabado que se obtiene con una broca de espuela⁴³

⁴³Brad point drill bits , http://www.stewmac.com/shop/Tools/Drill_bits/Brad_Point_Drill_Bits.html?tab=Pictures, 12/06/2012

7.4 Cavidades en la guitarra

Las cavidades en una guitarra eléctrica tienen distintos propósitos que van desde el montaje de las pastillas en la guitarra, la instalación de los componentes electrónicos, la colocación del puente del instrumento y en este caso; también debe existir una cavidad para colocar la batería que alimentará las pastillas activas que se colocarán, las cavidades en las que hay que poner especial atención son las que involucran al puente y a las pastillas, ya que estas están a una distancia muy corta una con respecto de la otra. La fuerza aplicada a un puente flotante ocasiona que la madera se comprima en dirección a la cavidad de la guitarra, y esto a largo plazo puede llegar a fracturar parte de la cavidad de la pastilla, la solución a este problema es colocar refuerzos de materiales como el arce para que la cavidad pueda resistir la compresión que se le aplica.

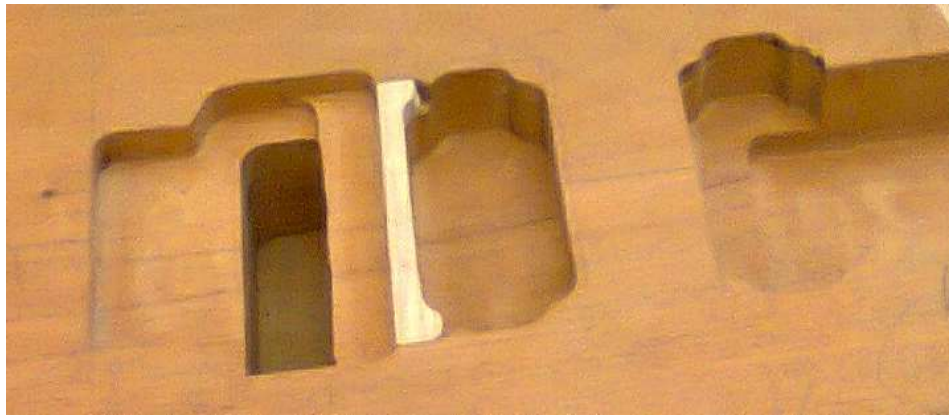


Fig. 7.5 Colocación de un refuerzo de arce en el área de la pastilla

Para llevar a cabo el biselado a todo el cuerpo de la guitarra fue necesario usar una broca denominada biselada o de chaflán las cuales producen un corte biselado a determinado ángulo, son generalmente usadas para “decorar” el borde de la madera y también son útiles para llevar a cabo uniones biseladas, se pueden encontrar en varios tamaños con o sin un rodamiento guía.



Fig. 7.6 Broca biselada y su respectivo acabado después de ser usada

Al terminar los trabajos en la madera (Fig.7.7), el siguiente paso del proyecto es proteger a la madera con un recubrimiento ofrezca mayor tiempo de vida y también servirá para mejorar la estética al adicionarle coloración a la guitarra.



Fig. 7.7 Cuerpo del proyecto terminado

7.5 Acabado

Para proteger la madera de la humedad y el medio ambiente en general, se aplica un recubrimiento que evitará que la madera se deteriore rápidamente, el uso de pinturas y resinas es muy común en este tipo de proyectos. El aplicar pintura como recubrimiento en la guitarra no solo sirve para la protección de la misma, sino que también ayudará a mejorar la estética del instrumento. Existen en el mercado distintos tipos de pinturas y resinas que se aplican a instrumentos de todo tipo, el acabo, duración y calidad de cada compuestos dependerá de varios factores que influirán en como reaccionara el instrumento ante las diferentes clases de pintura.

Las principales características que deben cumplir las pinturas son:

- Un endurecimiento uniforme en todo el espesor de la película para poder ser reparada y conservar las propiedades de protección y curación en un buen lapso de tiempo.
- También deben poseer una buena adherencia (parecida a los adhesivos), es preciso que el barniz "moje" el substrato, desplazando el aire y otros materiales presentes. La adhesión de un barniz al substrato depende del anclaje mecánico y de la afinidad y atracción químicas de la madera y el barniz.
- Dureza, a una mayor dureza supone, normalmente, una mayor fragilidad (para materiales como la cerámica). Las películas con baja flexibilidad no soportan esfuerzos mecánicos ni cambios climáticos durante largos periodos de tiempo, agrietándose cuando son sometidas a ellos. Para conferir flexibilidad en las películas entrecruzadas, se deben separar más los entrecruzamientos, mezclándolos con moléculas más pequeñas.

| Acabados | Ventajas | Inconvenientes |
|-----------------------|--|--|
| Nitrocelulósicos | Son acabados con buen tacto y un coste relativamente bajo | Por otro lado son frágiles (tendencia al agrietado) y son deteriorados por el calor y la luz solar. |
| Poliuretanos | Presentan mayores ventajas que los anteriores en cuanto a dureza, flexibilidad y adherencia, además de buena transparencia. Presentan la gama de productos más amplia, es decir, dentro de esta familia hay desde productos duros y algo rígidos, hasta elásticos y relativamente resistentes. | Por el contrario son algo más caros y presenta cierta tendencia al amarilleamiento. |
| Catalizables al ácido | Proporcionan acabados de buena calidad, alto poder cubriente y dureza. | Son sensibles al agua, presentan baja resistencia al impacto y no son recomendables para usos exteriores, por su facilidad de agrietamiento y tendencia al amarilleamiento. Emiten formaldehído. |
| Poliésteres | Muy duros y rígidos, resistentes a los disolventes y calor. Presentan buena transparencia | Problemas de adherencia. Película rígida con tendencia al agrietamiento. |
| Curado UV | Acabados de gran calidad con gran resistencia mecánica y química. No amarillean. Muy rápido curado. | Precio elevado. Pueden ser películas rígidas con tendencia al agrietamiento. |
| Hidrosolubles | No amarillean | Poca resistencia a los alcoholes y detergentes (productos de limpieza) |

Fig. 7.8 Tabla comparativa de acabados que se obtienen con distintos tipos de pintura⁴⁴

Para el proyecto se decidió usar pintura a base de poliuretanos los cuales dan un buen acabado y durabilidad al instrumento, este tipo de pinturas se obtienen de la reacción química de una resina conteniendo grupos hidroxilos (poliéster saturado, acrílica, poliéster, alquídica, etc.), con otra resina que contiene grupos reactivos llamados isocianatos. Al mezclar los dos componentes del poliuretano en la proporción adecuada, tiene lugar una reacción química, con la formación de un polímero de peso molecular elevado, que crea una película dura, transparente, de elevada resistencia química y mecánica y de excelentes condiciones de adherencia, el secado se realiza mediante reacción química, a temperatura ambiente o en túnel de secado de aire caliente. Los colores a seleccionar en este proyecto serán el color negro para el cuerpo de la guitarra y el color rojo para el acabado biselado del cuerpo y para el logo del proyecto (Fig.7.9).

⁴⁴ Análisis de materiales utilizados en la fabricación de mobiliario y tendencias, Asociación de Investigación y Desarrollo de la Industria de la Madera, Mueble; Embalajes y Afines, 2009



Fig. 7.9 Acabados del proyecto.

Ya ensambladas todas las partes mecánicas y eléctricas de la guitarra, solo resta poner a prueba el producto que hemos obtenido.



Fig. 7.10 Proyecto de tesis terminado.

Capítulo 8.0 Evaluación del proyecto.

Con el modelo ya manufacturado de nuestra guitarra, podremos entonces justificar la selección de materiales y componentes a través de sencillas pruebas, los resultados obtenidos de estas pruebas formarán parte importante en el rediseño o perfeccionamiento de un modelo de guitarra eléctrica a futuro. La primera evaluación consistirá evaluar el sonido que entregan las pastillas de la guitarra. Para esto, mediremos la salida de voltaje de nuestra guitarra eléctrica y compararla con otros modelos de guitarra, esto será de gran ayuda para determinar la calidad de las pastillas y justificar la selección de este componente. Con ayuda de un osciloscopio, mediremos la salida de tres diferentes modelos de guitarra, la primera será nuestro modelo de guitarra, el segundo será una guitarra Ibanez GRX22⁴⁵ y por último, una guitarra Jackson JS32 King V⁴⁶. El experimento (Fig.8.1) consistirá en medir el voltaje cuando una cuerda (la sexta en este caso) es tocada al aire y observar los niveles de voltaje que alcanza dicha cuerda, este sencillo experimento nos será de utilidad para comparar que modelo de guitarra brinda un mayor salida en Volts.



Fig. 8.1 Experimento para medir la salida de voltaje de la guitarra

⁴⁵Ibanez GRX22,

http://www.ibanez.co.jp/products/eg_page12.php?area_id=2&data_id=225&color=CL01&year=2012&cat_id=1&series_id=7, 20/02/2013

⁴⁶Jackson JS32KV, <http://www.musiciansfriend.com/guitars/jackson-js32-king-v-electric-guitar>, 20/02/2013

Para el modelo diseñado (Fig.8.2):

$$V_{pp} = 5.28 \text{ (V)} ; \quad V_{RMS} = V_{pp} * \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 3.73 \text{ (V)}$$

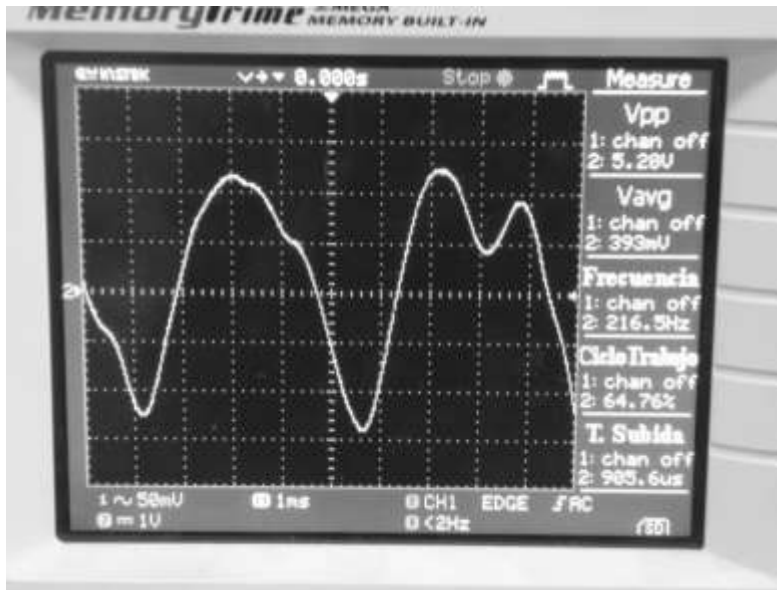


Fig.8.2 Resultados para el modelo de guitarra diseñado.

Para el modelo de Ibanez GRX22 (Fig.8.3):

$$V_{pp} = 42 \text{ (mV)} ; \quad V_{RMS} = V_{pp} * \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 29 \text{ (mV)}$$

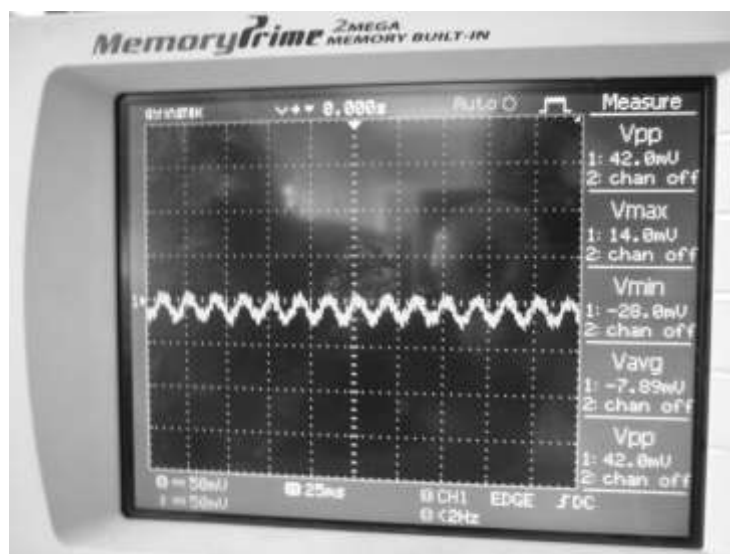


Fig.8.3 Experimento para el modelo GRX22 de Ibanez.

Para el modelo de guitarra Jackson JS32 King V (Fig.8.4):

$$V_{pp} = 128 \text{ (mV)}; \quad V_{RMS} = V_{pp} * \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 90 \text{ (mV)}$$

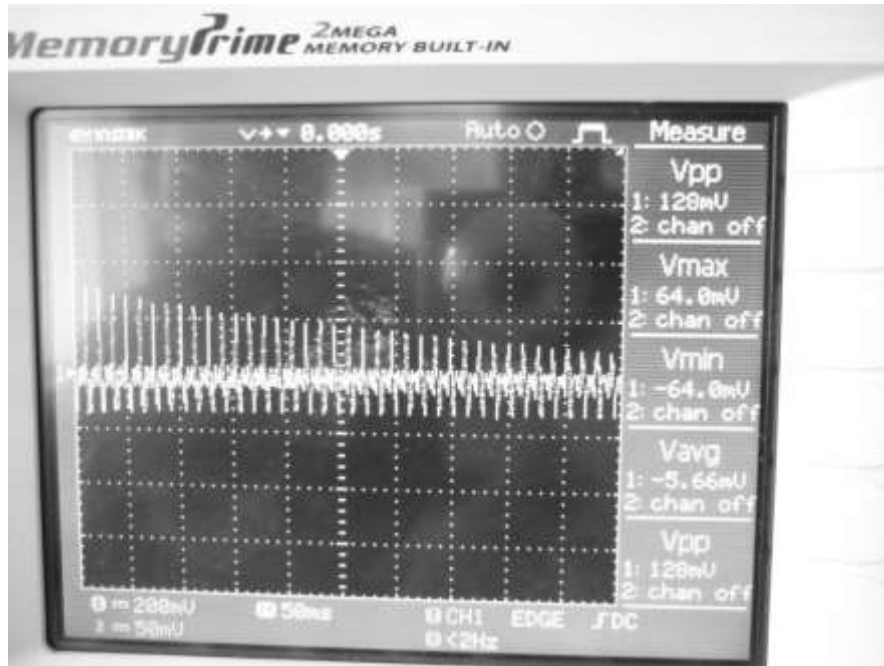


Fig.8.4 Experimento para el modelo JS32 King V de Jackson.

Observando las salidas de cada una de las guitarras, podemos confirmar que la selección de pastillas en nuestro modelo fue la adecuada en cuanto a nivel de voltaje de salida se refiere, para un análisis más exhaustivo y preciso de las frecuencias que pueden alcanzar estas pastillas; lo conveniente sería el uso de hardware (interfaces de audio) y software especializado para este tipo análisis, sin embargo los recursos para este proyecto no son los suficientes como para adquirir y usar este tipo de dispositivos.

La siguiente evaluación, consistirá en permitir que guitarristas (de principiantes a expertos) puedan tener interacción con nuestro modelo de guitarra; esto permitirá que aspectos como la comodidad, el sonido y la apariencia puedan ser valorados al mismo tiempo. El experimento consistió principalmente en dejar que varios guitarristas tocaran música en nuestro instrumento (Fig.8.5), al término de la evaluación se les aplico una pequeña encuesta con el propósito de recabar sus observaciones.



Fig.8.5 Interacción de guitarrista con el proyecto de tesis.

La encuesta fue aplicada a cinco guitarristas (máximo número que se pudo conseguir en dicha sesión), consistiendo en seis simples preguntas:

Nombre:

Edad:

1.- ¿Cómo te pareció la apariencia de la guitarra?

Muy agradable Agradable Nada especial Desagradable

2.- ¿Qué te parece el sonido que se produce en la guitarra?

Muy Bueno Bueno Regular Malo

3.- ¿Cómo sientes los brazos y manos al tocar?

Muy cómodos Cómodos Poco cómodos Incomodos

4.- ¿Qué te parece el grueso del mástil cuando tocas notas rápidamente?

Muy adecuado adecuado Poco adecuado Inadecuado

5.- ¿Qué te llamo más la atención de la guitarra (puedes seleccionar más de una opción)?

Su forma Sus componentes Su sonido

6.- ¿Compraría este modelo de guitarra?

Si No Tal vez

Los resultados de la encuesta aplicada se presentan en las siguientes graficas:

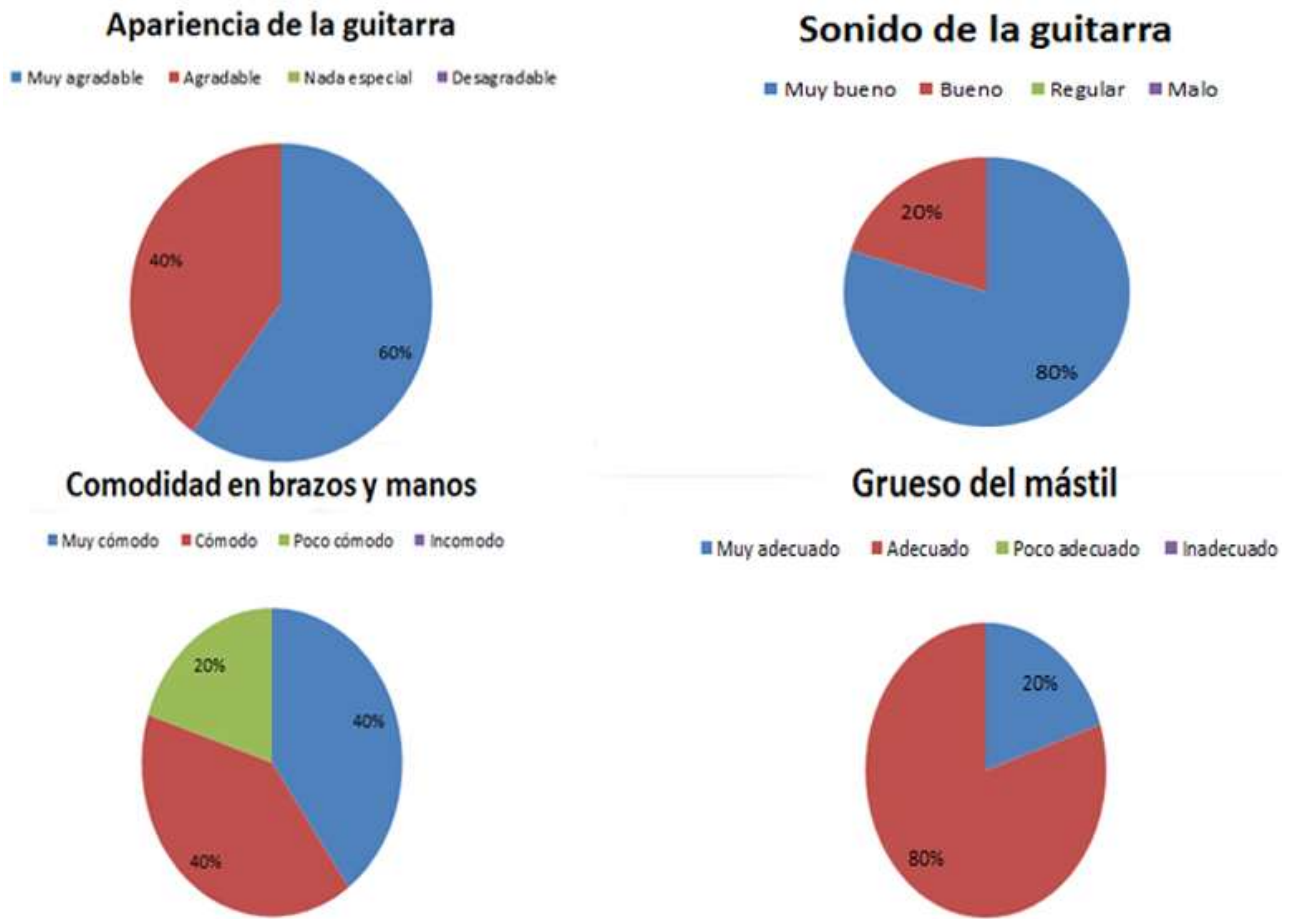
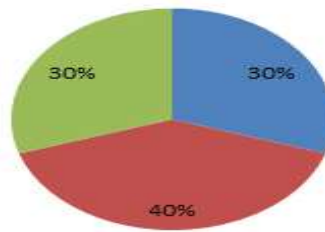


Fig. 8.6 Resultados de encuesta aplicada

Aspectos que destacan en la guitarra

■ Forma ■ Componentes ■ Sonido



¿Compraría este modelo de guitarra?

■ Sí ■ No ■ Tal vez

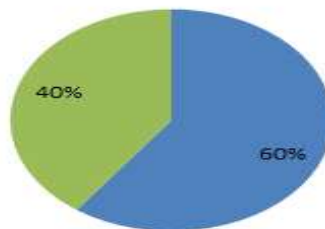


Fig.8.7 Resultados de las opiniones recabadas

De las gráficas anteriores; podemos observar que a la mayoría de los encuestados les complació el modelo de guitarra desarrollado en esta tesis, también podemos notar que las valoraciones negativas fueron mínimas en todas las preguntas, con estos datos podemos confirmar la calidad y buen funcionamiento de nuestro modelo de guitarra eléctrica. Con la certidumbre; de que el modelo diseñado tiene una buena aceptación de parte de los guitarristas, podemos al fin concluir los trabajos de este proyecto.

Conclusiones

El resultado que se obtuvo de esta tesis fue un diseño de guitarra eléctrica original y llamativa, en donde el criterio de selección de materiales y componentes hacen de este proyecto una opción de compra a futuro con un gran valor agregado. La principal ventaja del diseño de este instrumento recae en el efecto visual que provoca en el individuo, es decir, la guitarra pasa de ser un simple instrumento musical, a un producto cuyo diseño (de líneas y contornos estilizados) se le atribuyen rasgos humanos (personalidad, distinción, modernidad, etc.) que el consumidor le atribuye, y motiva para que adquiera dicho producto. Las principales dificultades que se encontraron en el transcurso de este proyecto fueron debido a la naturaleza del mismo, ya que este tema es muy poco documentado y en muchos casos carece de fundamentación científica que respalde o refute la información que se consulta, teniendo en cuenta este aspecto; lo que permitió tener información precisa fue analizar cada porción de información de forma que se pasara de un conocimiento subjetivo hacia un conocimiento científico, esto fue posible gracias a todos los conocimientos que se habían adquirido durante la carrera, los cuales permitieron abordar los temas desde el punto de vista de la ciencia y la ingeniería. Sin embargo, el diseñar un modelo nuevo de guitarra requiere no solo de la parte puramente objetiva o científica para su realización. Ya que sobre la parte concerniente al diseño del instrumento, lo que ayudo en buena medida a desarrollar el modelo final; fue la intuición y capacidad creativa del diseñador.

Los objetivos que se tenían planteados al principio de la tesis fueron cumplidos satisfactoriamente, el modelo geométrico es único tanto en forma como en estilo (siendo esto la innovación que se presenta en esta tesis). Otro objetivo que se cumplió en la realización de esta tesis; fue la de obtener un instrumento de gran calidad técnica en cuanto a su construcción y a los materiales usados (los datos y la retroalimentación de guitarristas que tuvieron la oportunidad de interactuar con el instrumento lo corroboraron). Los posibles proyectos derivados de este incluyen: diseños para una guitarra eléctrica que sea más “convencional” en su geometría, rediseñar partes mecánicas y electrónicas de la guitarra (puente, afinadores, pastillas, etc.), de acuerdo a la necesidad que se requiera, con el fin de obtener sus respectivas patentes.

El trabajo llevado cabo en esta tesis; es un antecedente para otras investigaciones de este tipo y también para posibles oportunidades de negocio, esto es gracias a que se conocen los materiales, herramientas, conocimientos técnicos y científicos necesarios para diseñar y construir una guitarra eléctrica, todo este conocimiento abre la posibilidad de comenzar una empresa diseñadora y manufactura de guitarras eléctricas. La factibilidad para desarrollar un producto como el que se presenta en esta tesis dependerá no solo del diseño y calidad en la construcción del instrumento, sino también de la manera en que se de conocer el producto ante el público consumidor. Las grandes campañas de promoción, las cuales; pueden consistir de acuerdos con músicos renombrados que promocionen y presenten modelos personalizados de sus instrumentos (esto con la intención de atraer al público con la idea de que la guitarra hace al músico) son de gran ayuda para presentar al mercado un instrumento musical, las exposiciones en eventos relacionados con la música también son de gran ayuda para que el público tenga más contacto con el instrumento que se promociona. La creación de una empresa de este tipo, así como las estrategias de mercado para atraer la atención del público; representan una inversión monetaria considerable para que una empresa pueda empezar a producir, promocionar y finalmente crecer dentro de la industria de los instrumentos musicales. La intención de hacer una tesis acerca de este tema no se debe solo al cariño que se le tiene a la música, sino también para demostrar que en México se pueden construir instrumentos que compitan tanto en personalidad como en calidad con las grandes industrias de guitarras eléctricas, la correlación que existe entre la ingeniería y la fabricación de guitarras eléctricas va desde el diseño geométrico, con software asistido por computadora, análisis de elemento finito, etc. hasta la manufactura de precisión, para realizar incrustaciones en la guitarra, partes mecánicas como puentes, afinadores, etc. También existe la estrecha relación entre la electrónica asociada al diseño y mejora de pastillas, controles, cables y por supuesto, el pos procesamiento (pedales de efecto, amplificación, etc.) de la señal eléctrica proveniente de la guitarra. Y por último la investigación de materiales alternativos para construir cuerpos y mástiles de guitarra (ya que los altos índices de deforestación que existen actualmente han orillado investigar posibles materiales que sustituyan a la madera).

Referencias

- 1.-Wright Howard, The acoustic and psychoacoustic of the guitar, Department of Physics and Astronomy, University of Wales, 1996
- 2.-Korch Martin, Building Electric Guitars, Published by Martin Koch, Gleisdorf, Austria, 2001
- 3.- Capuz Rizo Salvador, Introducción al proyecto de producción, Universidad Politécnica de Valencia, 2001
- 4.-E. Kretschmann David, Wood Handbook, Wood as an Engineering Material, U.S. Department of Agriculture, 1999
- 5.- Lazar Kanuk Leslie, G Schiffman Leon, Comportamiento del consumidor, Ed. Pearson, 2005
- 6.-Características de maquinado de 32 especies de madera, revista Madera y Bosques, 1996 Vol. 2 Instituto de Ecología A.C.
- 7.-Robinson Larry, The Art of Inlay: Design and Technique for Fine Woodworking, Book Series, 2005
- 8.-Brosnac Donald, Guitar Electronics for Musicians, Wise Publications, 1983

Referencias de sitios web:

1. <http://www.stewmac.com/FretCalculator/>
2. <http://www.astro.cardiff.ac.uk/research/inter/musicalacoustics/>
3. <http://www.ekips.org/tools/guitar/fretfind2d/>
4. <http://www.guitarbuild.com/>
5. <http://robinsoninlays.com/>
6. <http://www.lmii.com/carttwo/Secondproducthead.asp?CategoryName=Shell%2FInlay>
7. <http://www.fbbcustom.com/woodstar/woods.html>
8. <http://delta-intkey.com/wood/es/www/melswmac.htm>
9. http://www.xtec.cat/centres/a8019411/caixa/musica_es.htm#temperada
10. <http://www.lutherie.net/fret.chart.html>
11. <http://www.frudua.com/>
12. <http://www.stewmac.com/freeinfo/i-5200.html>
13. <http://www.cockrum.net/lutherie.html>

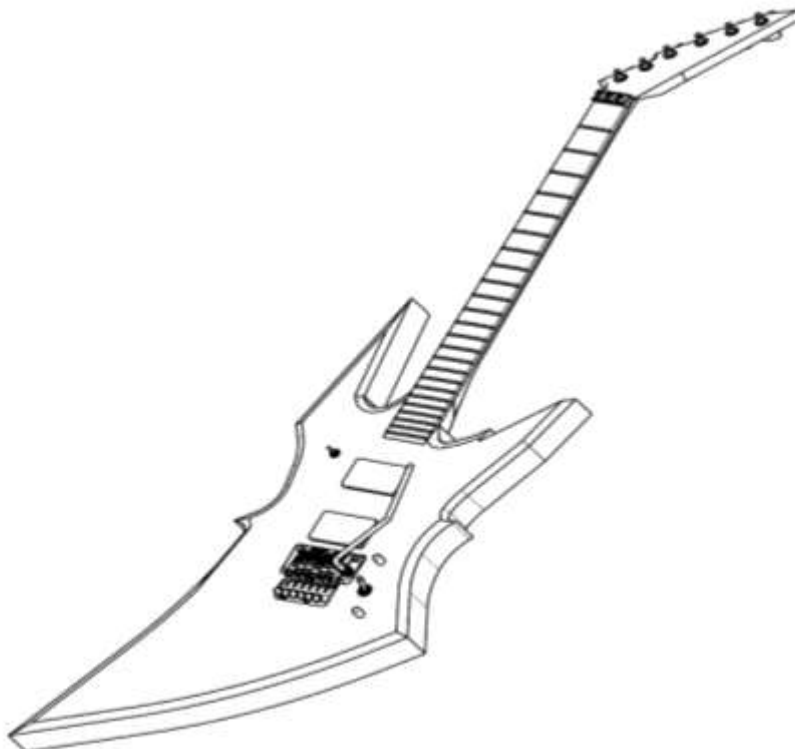
ANEXO A)

Ficha técnica

| | |
|-----------------------|--------------------|
| Nombre de la empresa: | Tyrant Guitars |
| Nombre del producto: | Guitarra eléctrica |

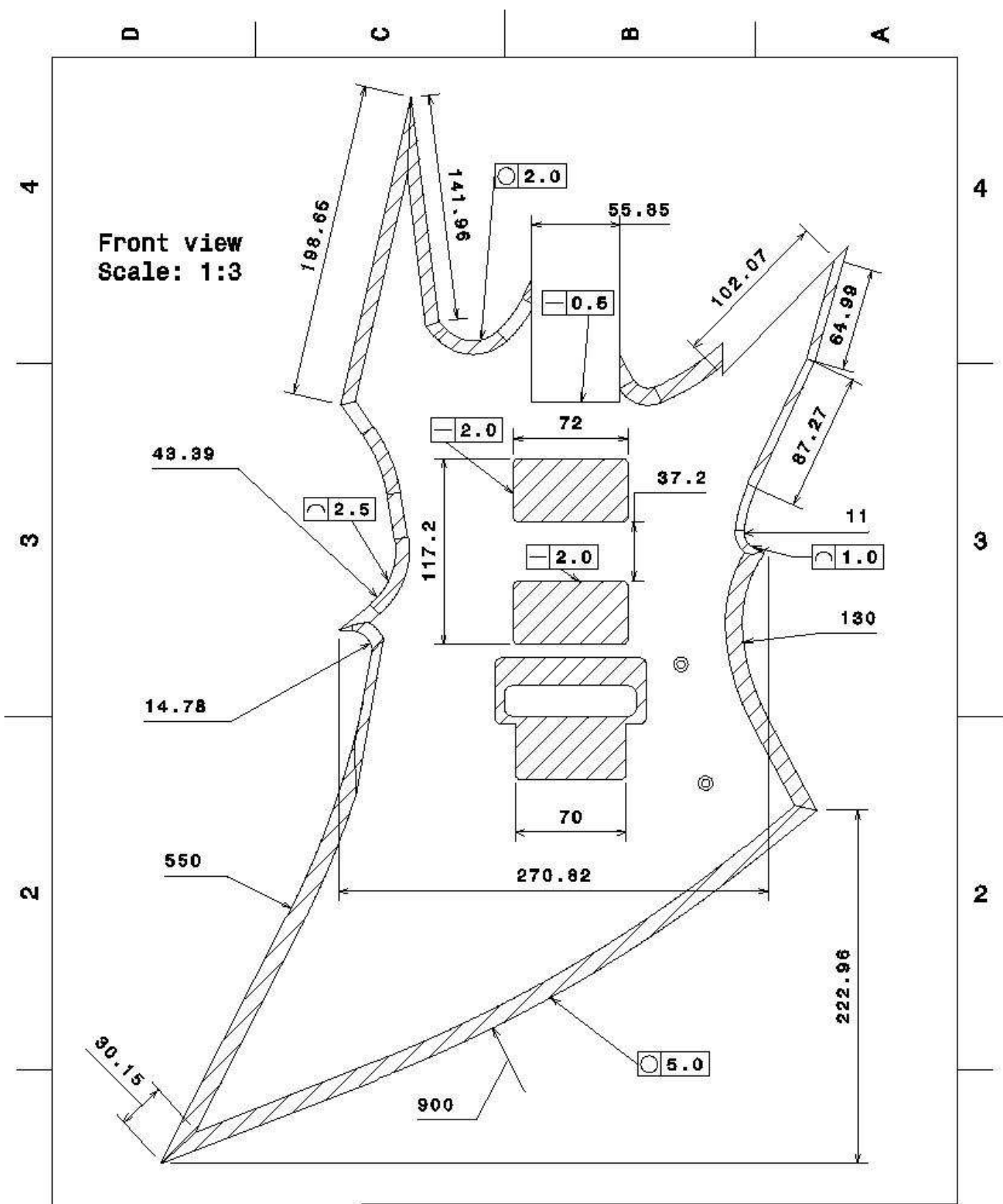
| | |
|---------------------|---------------------------|
| Descripción general | |
| Modelo: | XXXXXXXX |
| Serie: | XXXXXXXX |
| Color: | Rojo y biselados en negro |

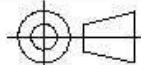
| | |
|------------------------|---|
| Especificaciones | |
| Cuerpo | |
| Material: | Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) |
| Mástil | |
| Material: | Arce (<i>Acer saccharinum</i>) |
| Núm. de trastes: | 24 |
| Tamaño de traste: | Jumbo |
| Material del diapasón: | Palo de rosa (<i>Dalbergia latifolia</i>) |
| Radio del diapasón: | De 12" a 16" (305 mm- 406 mm) |
| Escala: | 25.5" (647 mm) |
| Tipo de ensamble: | Encolado al cuerpo |
| Componentes mecánicos | |
| Puente: | Flotante, tipo Floyd Rose de doble candado |
| Color: | Negro |
| Componentes eléctricos | |
| Pastilla del puente: | Emg modelo 81 |
| Pastilla del mástil: | Emg modelo 85 |
| Tipo de selector: | Switch de 3 pasos |
| Controles: | control de volumen y tono |

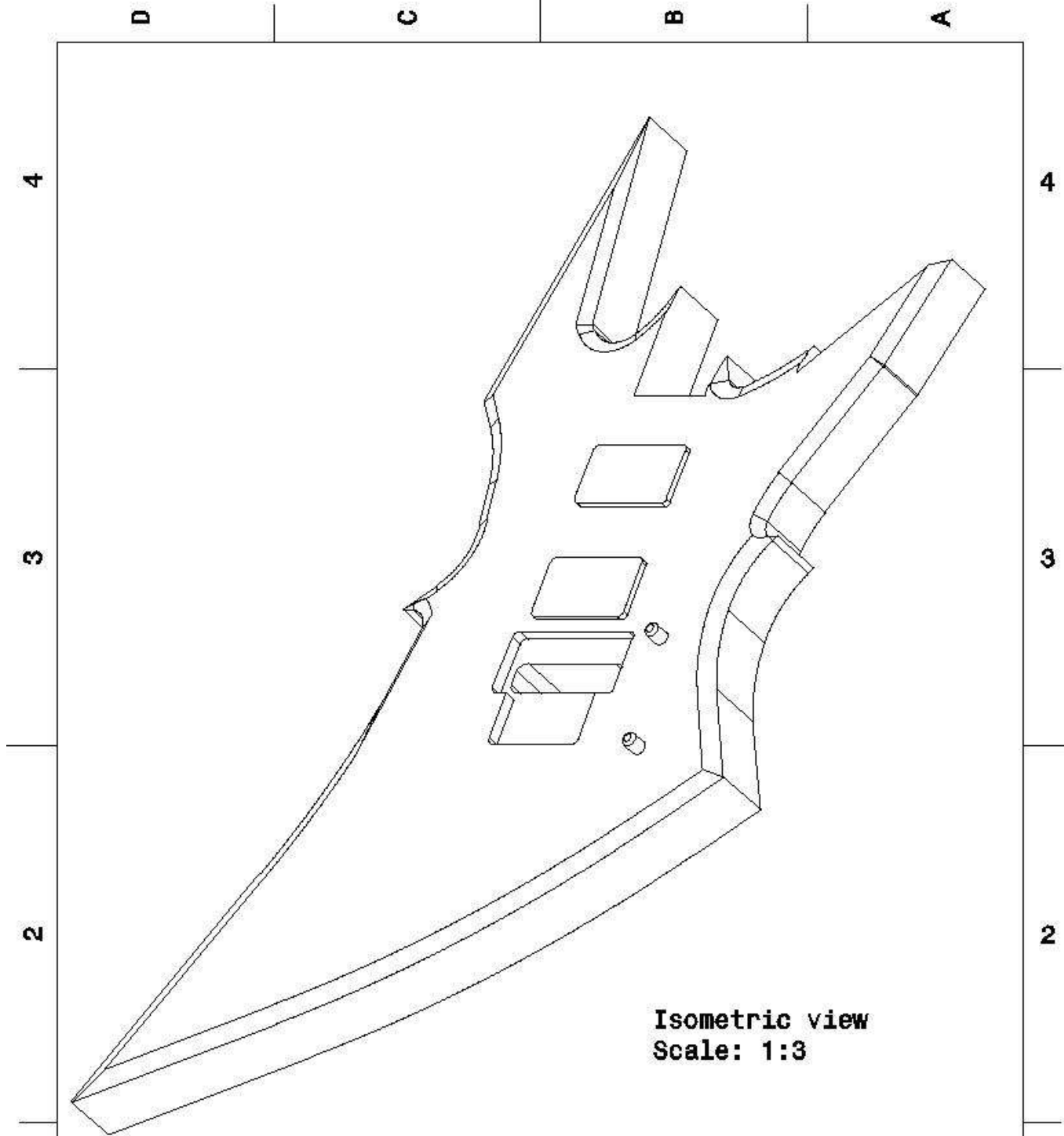


Anexo B)

Planos de diseño

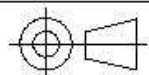


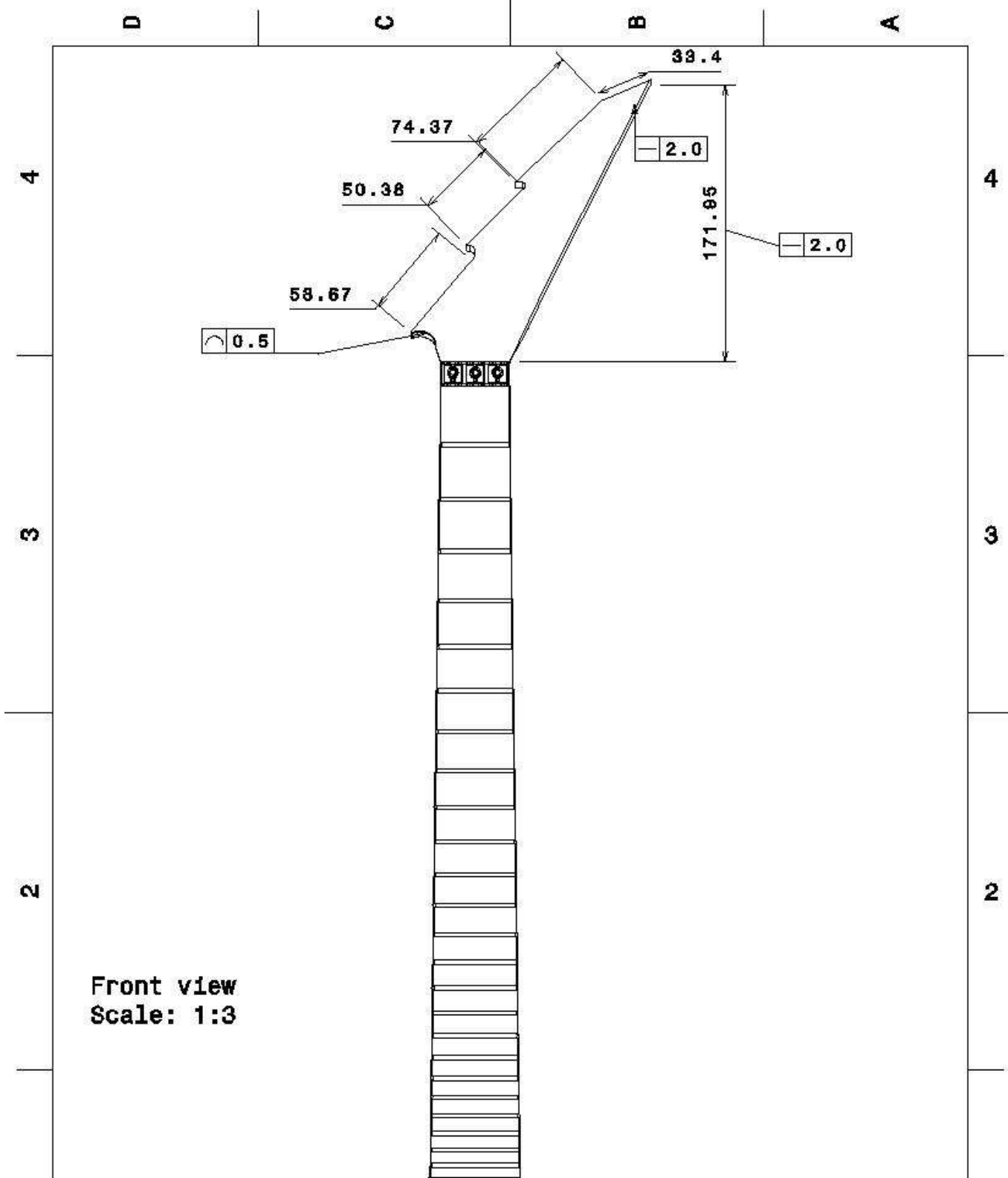
| | | | |
|--|---------------------|--|---------------------|
| TYRANT GUITARS | | | |
|  Cotas en: mm | SIZE A4 | DRAWING TITLE Vista Frontal Cuerpo | |
| | SCALE 1:3 | Material: Caoba | SHEET 1/1 |



Isometric view
Scale: 1:3

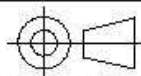
TYRANT GUITARS

| | | | |
|--|-------|---------------------|-----------------|
|  Cotas en: mm | SIZE | DRAWING TITLE | |
| | A4 | Isometrico Cuerpo 1 | |
| DRAWN AND DESIGNED BY Javier Hernández | SCALE | 1:3 | Material: Caoba |
| | | | SHEET 1/1 |



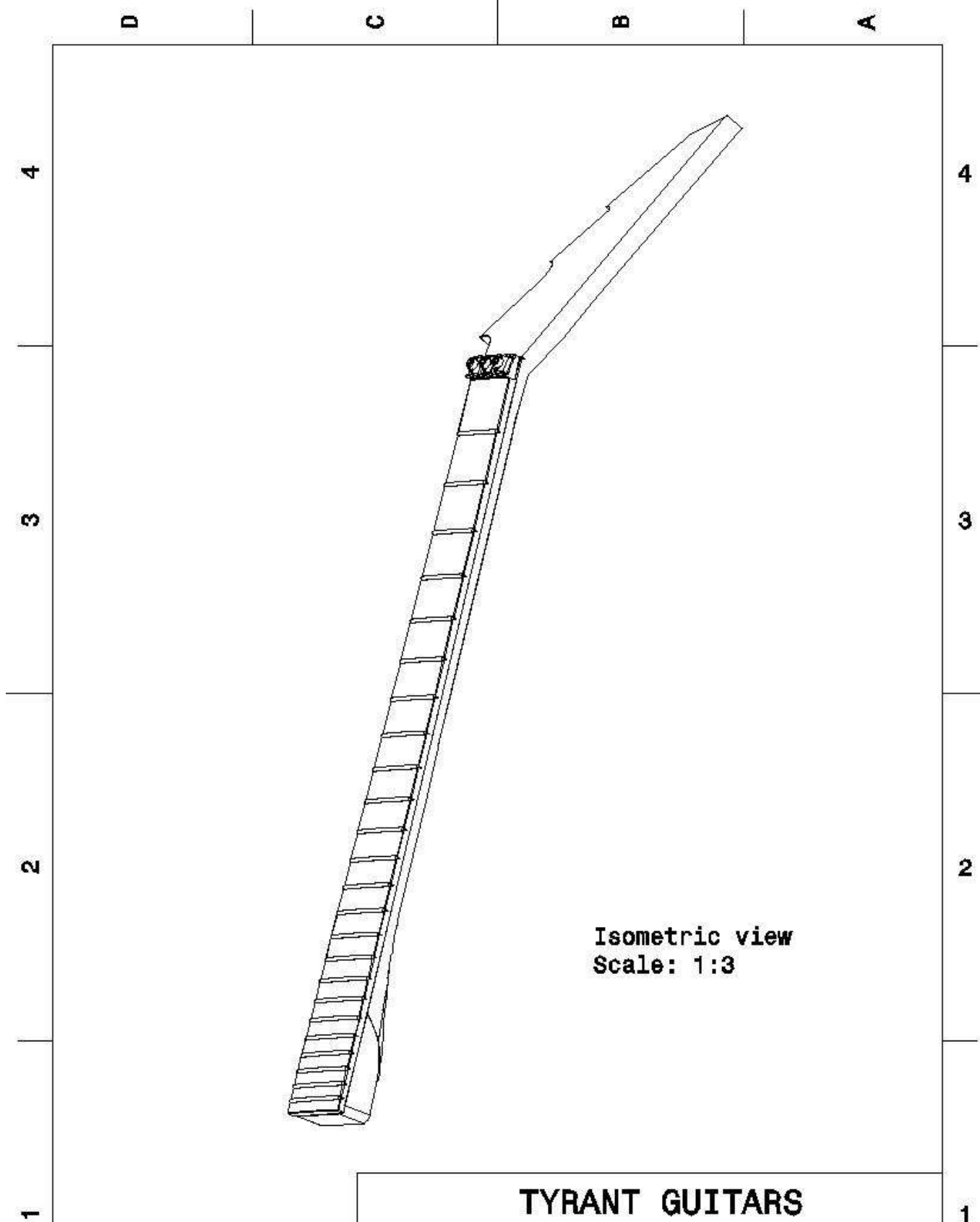
Front view
Scale: 1:3

TYRANT GUITARS

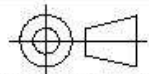
| | | | |
|--|-------|----------------------|-----------|
|  Cotas en: mm | SIZE | DRAWING TITLE | |
| | A4 | Vista Frontal Mastil | |
| DRAWN AND DESIGNED BY Javier Hernández | SCALE | 1:3 | SHEET 1/1 |

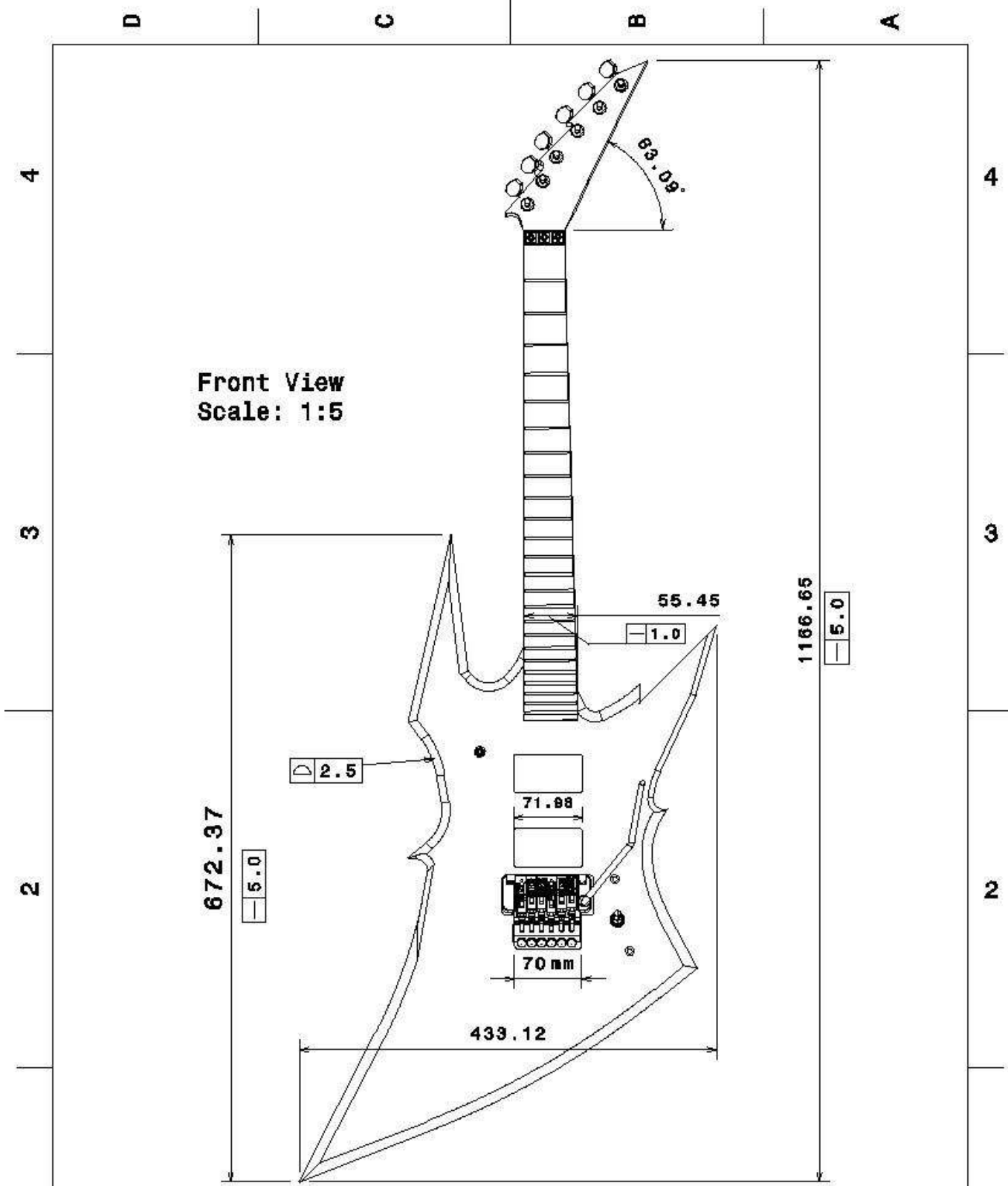
D

A

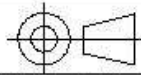


Isometric view
Scale: 1:3

| | | | |
|--|-------------------|---|--------------|
| TYRANT GUITARS | | | |
|  Cotas en: mm | SIZE A4 | DRAWING TITLE Isometrico Mastil | |
| | SCALE 1:3 | | SHEET 1/1 |

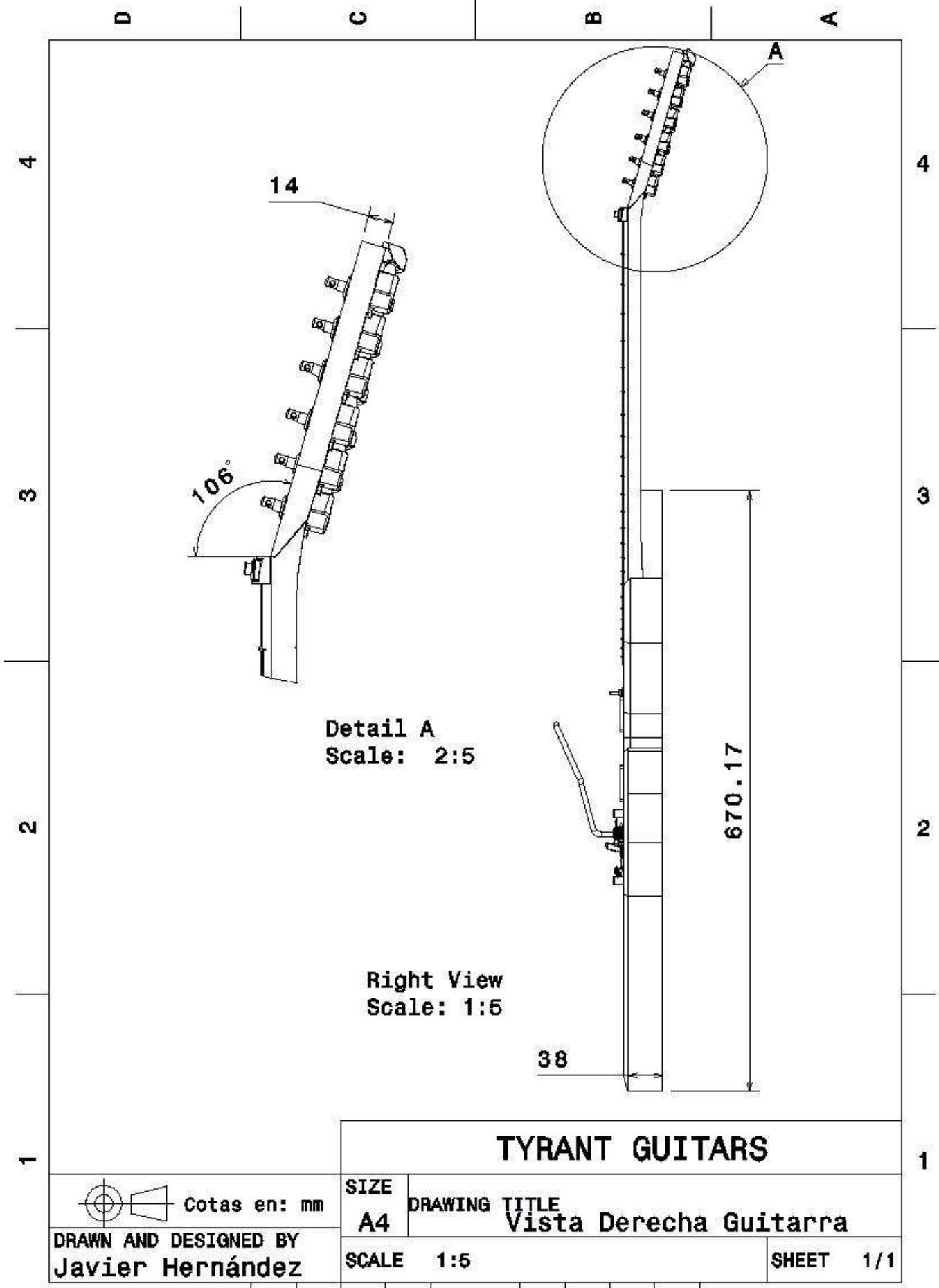


TYRANT GUITARS

| | | | |
|--|---------------------|--|--|
|  Cotas en: mm | SIZE A4 | DRAWING TITLE Vista Frontal Guitarra | |
| | SCALE 1:5 | SHEET 1/1 | |

D

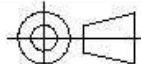
A



Detail A
Scale: 2:5

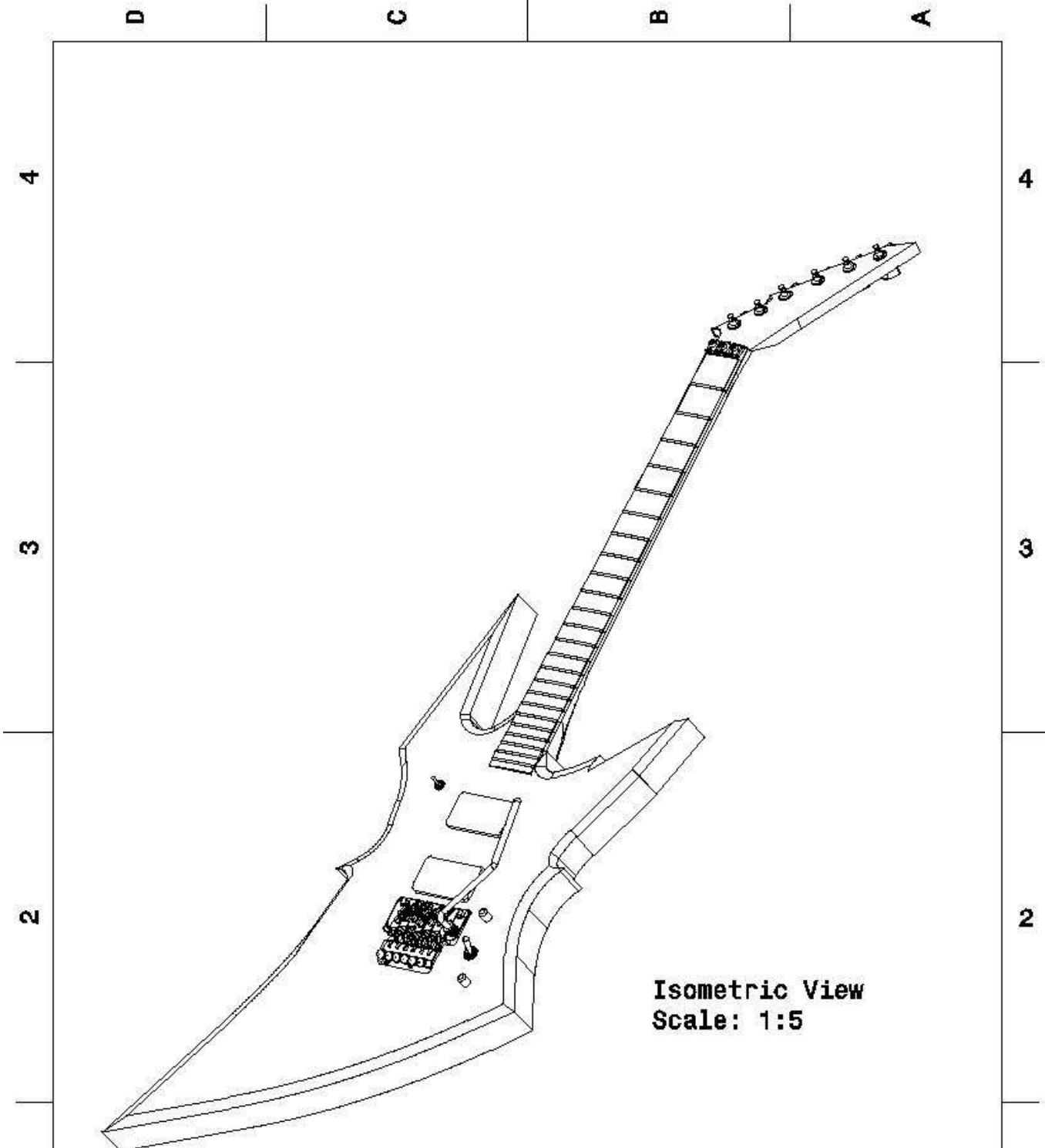
Right View
Scale: 1:5

TYRANT GUITARS

| | | | |
|--|-------|------------------------|-----------|
|  Cotas en: mm | SIZE | DRAWING TITLE | |
| | A4 | Vista Derecha Guitarra | |
| DRAWN AND DESIGNED BY Javier Hernández | SCALE | 1:5 | SHEET 1/1 |

D

A

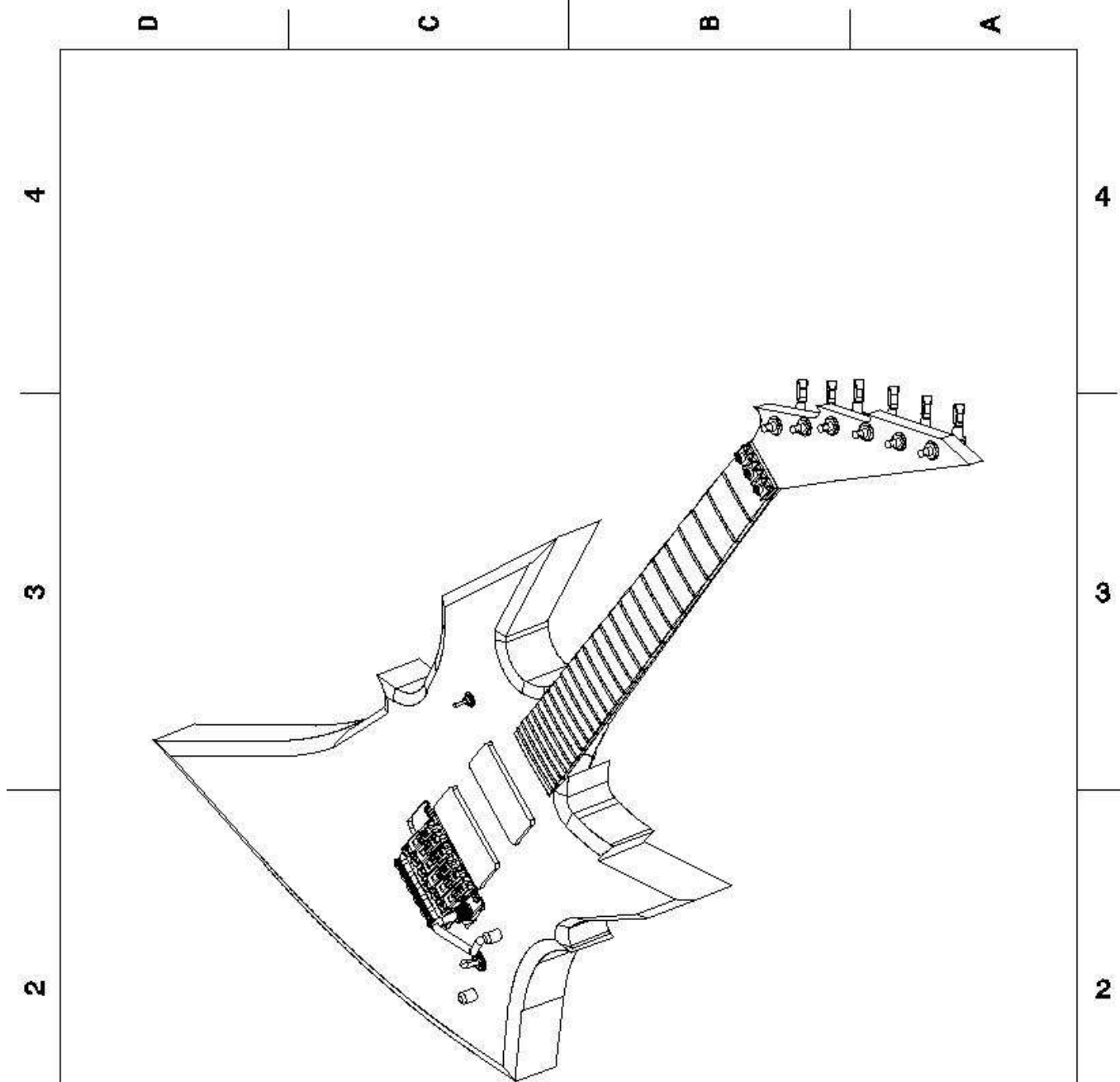


Isometric View
Scale: 1:5

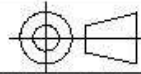
| | | | |
|--|-------|-----------------------|-----------|
| TYRANT GUITARS | | | |
| Cotas en: mm | SIZE | DRAWING TITLE | |
| | A4 | Isometrico Guitarra 1 | |
| DRAWN AND DESIGNED BY Javier Hernández | SCALE | 1:5 | SHEET 1/1 |

D

A

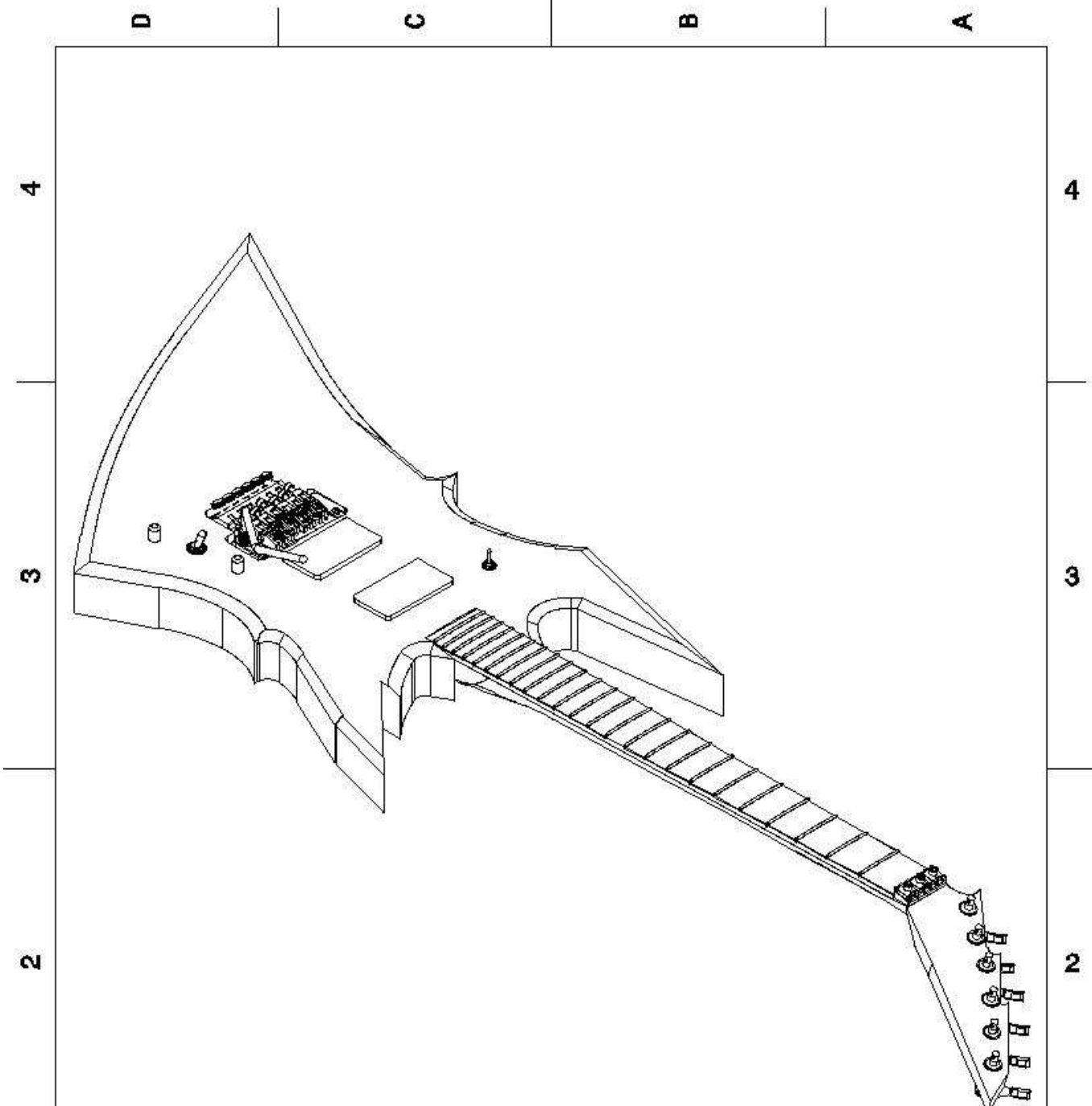


Isometric view
Scale: 1:4

| | | | |
|--|--|---|------------------|
| TYRANT GUITARS | | | |
|  Cotas en: mm | SIZE A4 | DRAWING TITLE Isometrico Guitarra 2 | |
| | DRAWN AND DESIGNED BY Javier Hernández | | SCALE 1:4 |

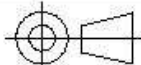
D

A



Isometric view
Scale: 1:4

TYRANT GUITARS

| | | | |
|--|-------|-----------------------|-----------|
|  Cotas en: mm | SIZE | DRAWING TITLE | |
| | A4 | Isometrico Guitarra 3 | |
| DESIGNED BY Javier Hernández | SCALE | 1:4 | SHEET 1/1 |

D

A

Anexo C)

Planos de partes mecánicas de la guitarra eléctrica

D

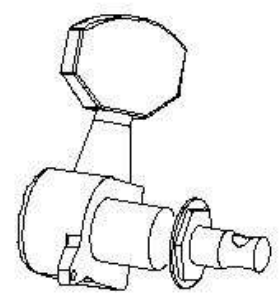
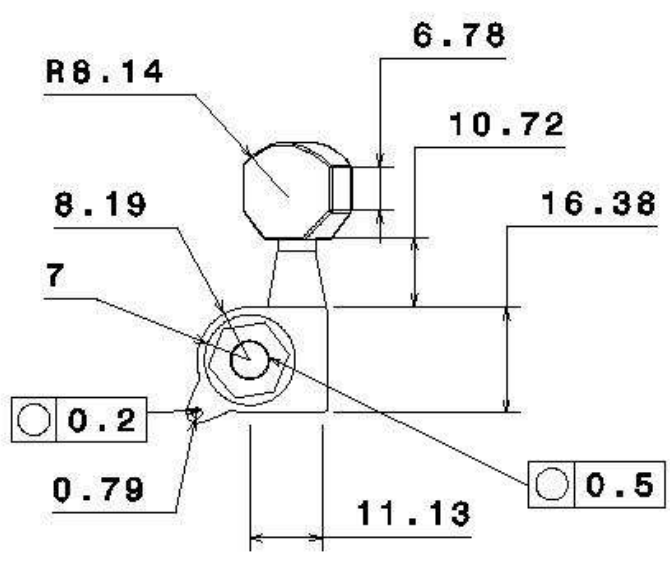
C

B

A

4

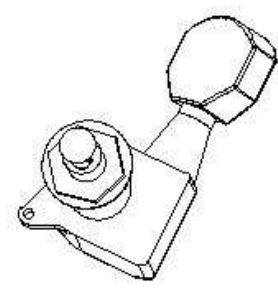
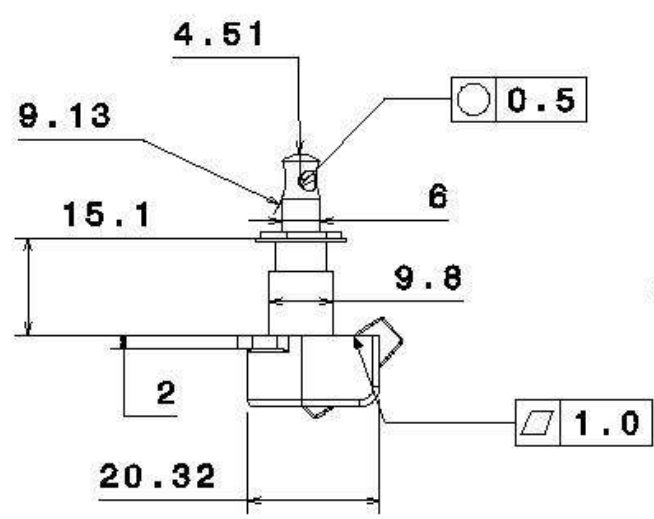
4



Isometric view
Scale: 1:1

3

3



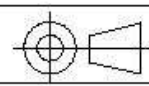
Isometric view
Scale: 1:1

2

2

1

1



Cotas en: mm

SIZE
A4

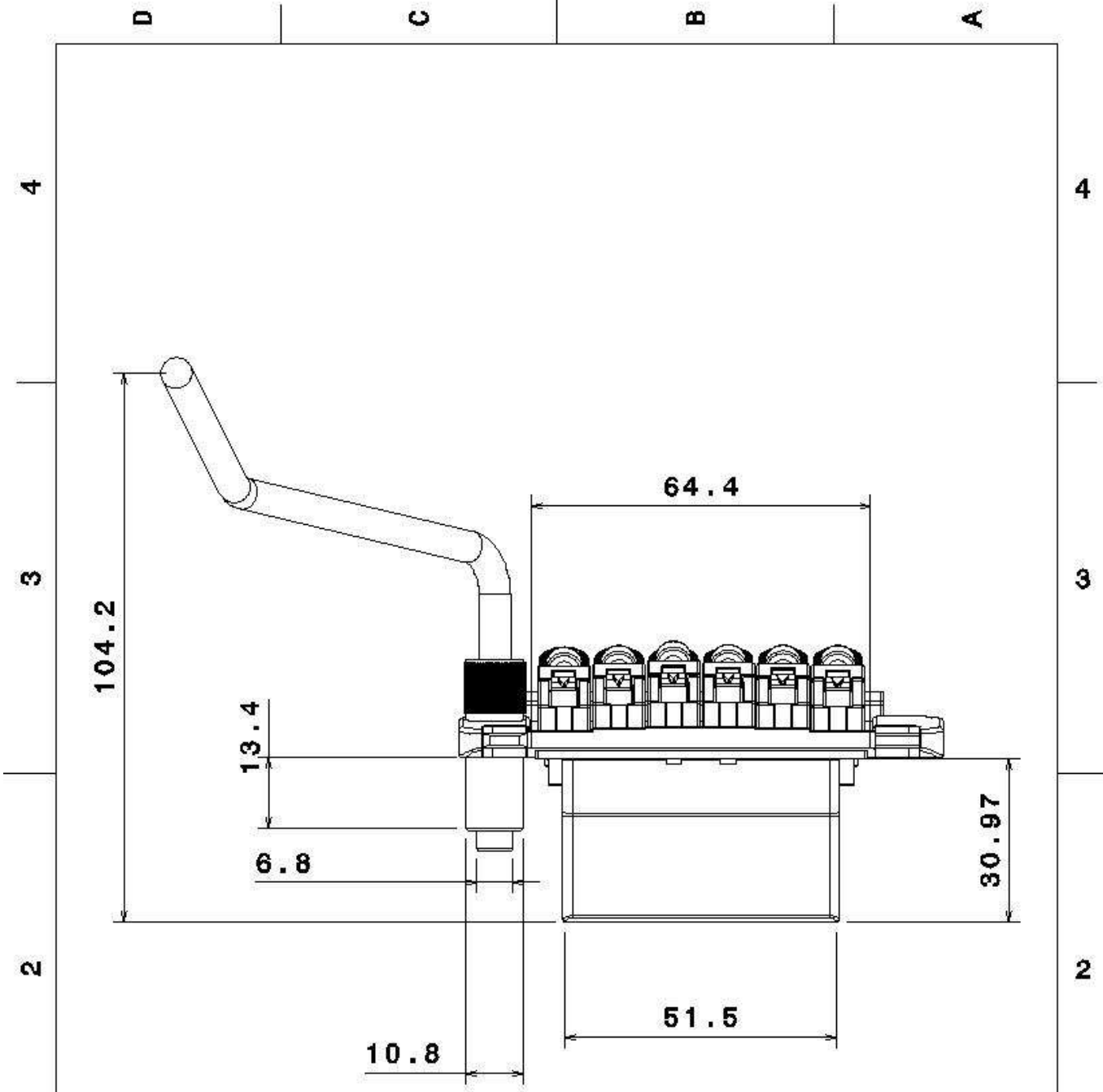
DRAWING TITLE
Vistas Afinador

SCALE 1:1

SHEET 1/1

D

A

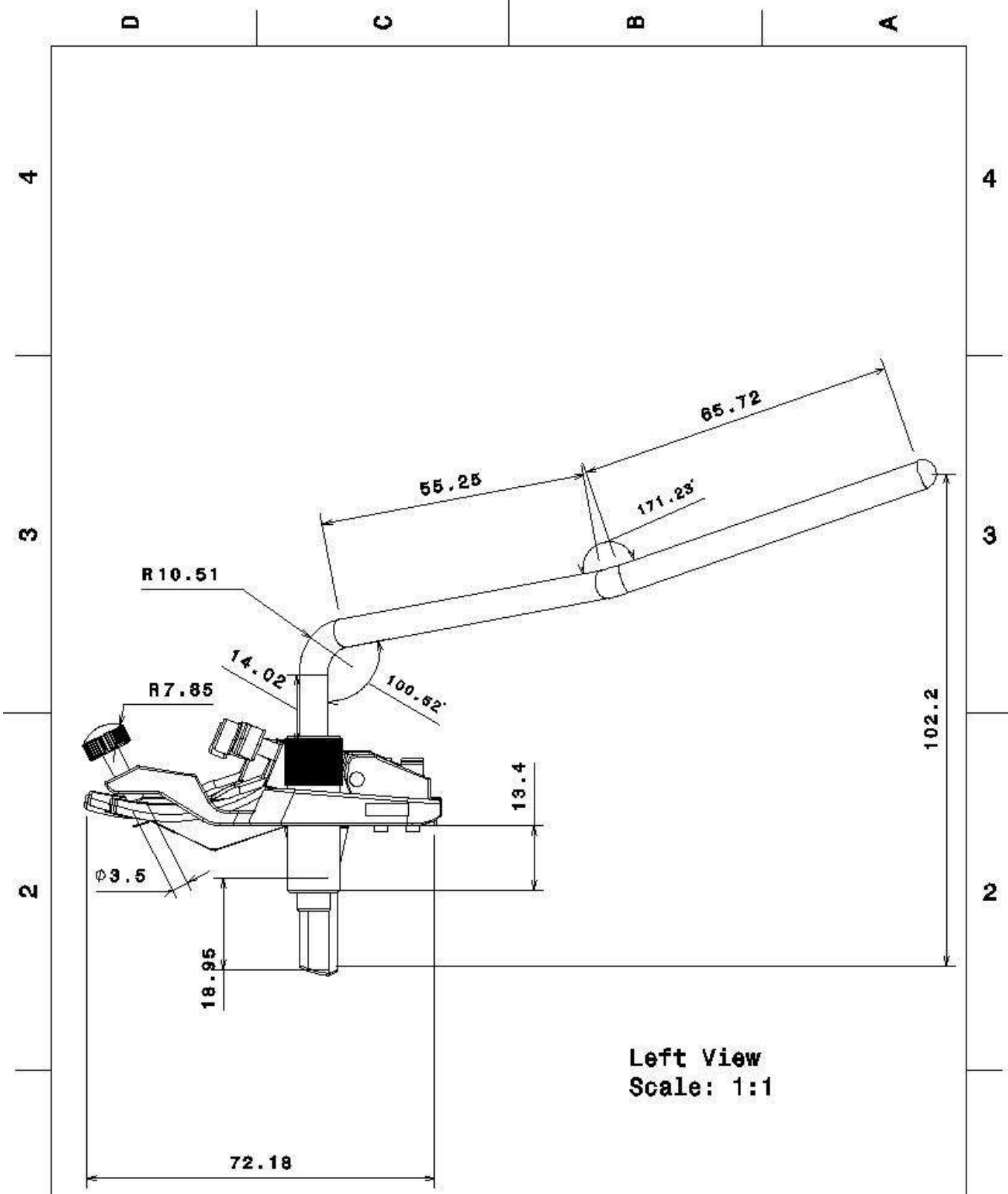


Front View
Scale: 1:1

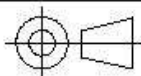
| | | |
|--------------|------------|---|
| Cotas en: mm | SIZE A4 | DRAWING TITLE Vista Frontal Floyd Rose |
| | SCALE 1:1 | SHEET 1/1 |

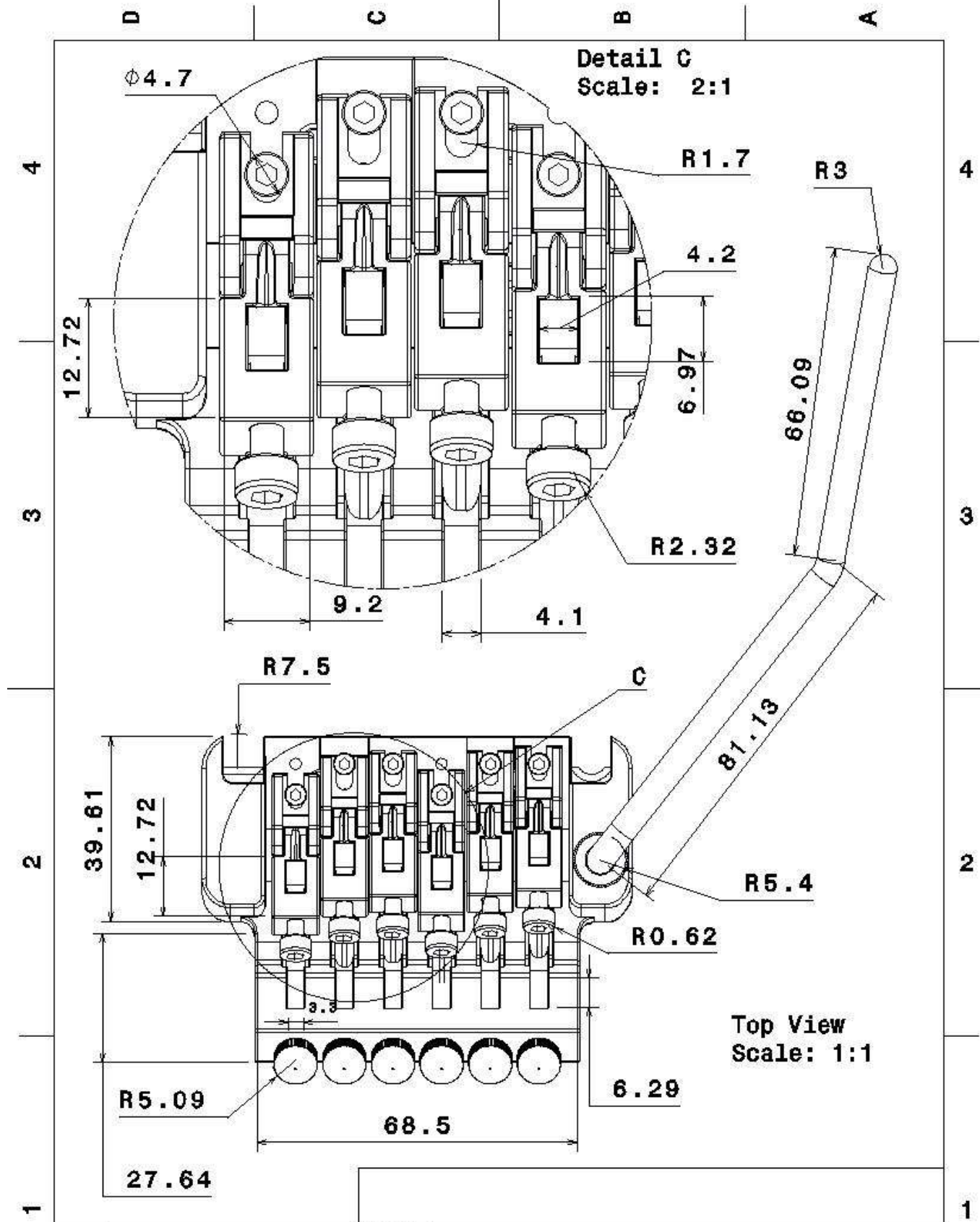
D

A



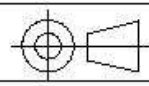
Left View
Scale: 1:1

| | | |
|--|------------|---|
|  Cotas en: mm | SIZE A4 | DRAWING TITLE Vista Izquierda Floyd Rose |
| | SCALE 1:1 | SHEET 1/1 |



Detail C
Scale: 2:1

Top View
Scale: 1:1



Cotas en: mm

SIZE
A4

DRAWING TITLE
Vista Superior Floyd Rose

SCALE 1:1

SHEET 1/1