



ESCUELA DE
MÚSICA

EL CLAVECÍN BIEN TEMPERADO SEGÚN INDIA: Introducción a los 22 shrutis mediante transcripciones descriptivas.

Autor: Tenorio Berríos, Josué Iván

Profesor guía: Juan de Dios López Maya

Tesis para optar al grado de Licenciatura en Arte mención Composición Musical

Universidad Academia de Humanismo Cristiano

Santiago de Chile, 2021

EL CLAVECÍN BIEN TEMPERADO SEGÚN INDIA:

Introducción a los 22 *shrutis* mediante transcripciones descriptivas

Tenorio Berríos, Josué Iván

Tesis para optar al grado de Licenciatura en Arte mención composición musical

Universidad Academia de Humanismo Cristiano

Santiago de Chile, 2021

El clavecín bien temperado según India: introducción a los 22 *shrutis* mediante transcripciones descriptivas.

La presente investigación amplía el concepto de intervalo musical como es impartido en Chile y se enfoca en caracterizar el comportamiento de los intervalos musicales del sistema de 22 *shrutis* bajo las definiciones físico matemáticas del musicólogo indio Dr. Vidyadhar Oke, inventor del *armonio de 22 shrutis*, quien en los últimos años ha rectificado y actualizado el estado del arte dentro de India, y, a su vez, ha expuesto sus descubrimientos en la lengua franca inglesa mediante conferencias y demostraciones musicales. Los autores occidentales que han publicado textos sobre música de India como Fox, Daniélou y Gajardo han presentado transcripciones utilizando la notación musical occidental de manera incongruente a las investigaciones de Oke generando así, sumado a la estandarización en occidente del 12-TET, concepciones erróneas en quienes utilizan dichas referencias. Para resolver dicho problema se propuso el uso de la *notación multi-matriz*, como una forma de expresar las definiciones físicas y diatónicas que brinda Oke, y proporcionar así, una especie de traducción para músicos occidentales formados en la notación europea. Con los resultados obtenidos mediante la revisión documental y las transcripciones descriptivas que se desarrollaron, se demuestra que los 22 *shrutis* proporcionan un tratamiento de las proporciones entre frecuencias fundamentales que mantiene las relaciones de la serie de armónicos y tiene repertorio vigente, refutando así premisas recurrentes en occidente como que la música de India no tiene fundamentos armónicos, o que utilizan temperamentos iguales como el 24-TET o 36-TET. El invento del Dr. Oke representa una forma alternativa con bases ancestrales sobre cómo utilizar las doce teclas del clavecín en la práctica musical, generando así, interrogantes del quehacer musical sudamericano actual y su relación con las bases europeas sobre las que se han abordado hasta la fecha los métodos de transcripción al código escrito desde fuentes sonoras de la naturaleza, como de manifestaciones musicales de comunidades originarias.

Josué Tenorio B.

Palabras clave: 22 *shrutis*, intervalos musicales, afinación, temperamento musical, notación multi-matriz.

CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Descripción del problema.....	3
1.2.1 Pregunta de investigación.	3
1.2.2 Enunciación del problema.....	3
1.2.3 Justificación.....	3
1.2.4 Supuesto	4
1.3 Antecedentes.....	5
1.3.1 Sobre el arqueo de fuentes y los factores de la oralidad.	5
1.3.2 Antecedentes sobre la invasión del temperamento igual en India.	7
1.3.3 Antecedentes sobre la música de India y su difusión en occidente.....	8
1.3.4 Hacia un código en común: las primeras notaciones.	10
1.4 Objetivos	25
1.4.1 Objetivo general	25
1.4.2 Objetivos específicos.....	25
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.	26
2.1 Conceptos preliminares.....	26
2.1.1 Intervalos	26
2.1.1.1 Intervalos puros.	33
2.1.1.2 Intervalos impuros.....	34
2.2 Sobre <i>afinación y temperamento</i>.	34
2.2.1 La afinación pitagórica.....	35
2.2.2 La afinación justa.	37

2.2.3 Temperamentos irregulares.....	39
2.2.4 El 12-TET.....	40
2.3 Los 22 shrutis.....	46
2.3.1 Las clasificaciones del sonido: <i>Dwani, Nada, Shruti</i> y <i>Swara</i>	46
2.3.2 La relación 7 <i>swaras</i> y 22 <i>shrutis</i>	48
2.3.2 Inversiones.	55
2.4 El caso del rompecabezas musical de Benedetti.....	56
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO.	63
3.1 Diseño metodológico.	63
3.2 La transcripción como retrato.....	67
3.3 La transcripción automática.....	70
3.3.1 La anomalía de <i>Melodyne</i> en la muestra MIDI.	71
3.4 Sobre la notación escrita.	72
3.4.1 El punto de compatibilidad diatónica.....	72
3.4.2 La armadura secundaria o doble.....	74
3.4.3 La alteración secundaria o doble.....	76
3.4.4 Sobre la escritura del ritmo.	77
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.	78
4.1 Transcripción con información previa.	78
4.1.1 r1.....	78
4.1.2 r2.....	81
4.1.3 g1.....	83
4.1.4 g2.....	85
4.1.5 m1.....	87
4.1.6 m2.....	89

4.1.7 d1.....	91
4.1.8 d2.....	93
4.1.9 N1.....	95
4.1.10 N2.....	97
4.2.1 G1 y D1.....	99
4.2.2 G2 y D2.....	101
4.3.1 R2 y D2.....	102
4.3.2 R1 y D1.....	104
CAPÍTULO 5: REFLEXIONES.....	106
5.1 Miradas hacia la <i>multi-matriz</i> o <i>multi-temperamento</i>.....	107
5.1.1 El concepto de tonalidad y atonalidad en la <i>multi-matriz</i>	110
5.1.2 Repercusiones en la organología y en el estudio de la orquestación.....	112
5.1.3 Otra forma de abordar la <i>fotografía musical</i>	112
5.2 Contribución a la metodología aplicada en la transcripción musical en Chile.....	113
5.3 El sincretismo musical como fusión de matrices.....	117
5.4 Conclusiones finales.....	118
CAPÍTULO 6: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
CAPÍTULO 7: ANEXOS.....	127
7.1 Partituras.....	127
7.1.1 Transcripciones descriptivas con información previa, Parte I.....	127
7.1.2 Transcripciones descriptivas con información previa, Parte II.....	155
7.1.3 Transcripciones descriptivas con información previa, Parte III.....	159
7.2 Tabla de cálculos de frecuencias y longitud de cuerda vibrante.....	166

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Introducción.

Áreas del conocimiento humano como la teoría musical y las matemáticas tienen en común que requieren del aprendizaje acumulativo de conceptos, para aprender a sumar se debe primero aprender a contar, para aprender a multiplicar se necesita saber sumar, para comprender los conceptos de potencias y logaritmos es necesario saber multiplicar. Un niño eventualmente puede repetir la palabra multiplicación como puede repetir cualquier otra palabra, pero si no sabe contar, no es posible que sepa aplicar el concepto de multiplicación. De la misma manera en Chile es común escuchar a académicos que nombran los conceptos de *Raga*, *That*, *Melakartas*, entre otros, y no comprenden los conceptos de *Dwani*, *Nada*, *Shruti* y *Swara*, asociando el concepto de *Shruti* a la microtonalidad como es aplicada en occidente mediante los temperamentos iguales.

Dicho problema ha generado una cadena de desinformación que no ha permitido hasta la fecha establecer una forma de graficar música de India en notación occidental sin pasar por alto el concepto de *Shruti*, imprescindible para comprender la sonoridad de formas musicales complejas como el *Raga*. Para ello en esta investigación se abarco una revisión histórica de las notaciones propuestas desde fines del siglo XIX (no antes porque desde esa fecha comenzaron a escribirse libros sobre música en inglés dentro de India).

Para distinguir los 22 *shrutis* de los sistemas de organización de frecuencias fundamentales que se han impartido en occidente fue necesario acudir a una definición físico matemática de los intervalos musicales, que se clasifican en puros e impuros, y así establecer un contraste de dichos sistemas mediante sus diferencias en tales definiciones. Además, mediante el estudio del rompecabezas de Benedetti se pudo vislumbrar la bifurcación de dos planteamientos disyuntivos entre occidente e India sobre el uso de intervalos puros en la práctica musical.

Dentro del *hecho musical total* de Nattiez y su modelo tripartito, este trabajo se enfocó directamente en la dimensión neutra de las muestras analizadas de música de India ya que en las dimensiones poiética y estética son recurrentes los errores y malinterpretaciones en los autores occidentales producto de la diferencia lingüística, ya que el sánscrito se caracteriza

por ser un idioma donde una frase puede tomar múltiples significados igualmente correctos dependiendo del contexto, y tal interpretación solo pueden realizarla efectivamente los nativos de India. En cambio, la física y matemática de India es igual a la occidental lo que permite un desglose teórico con menos posibilidad de incongruencias.

Para comprender el funcionamiento de los 22 *shrutis* en la práctica musical se utilizó la transcripción descriptiva de muestras de audio como técnica de recolección de datos, donde la finalidad de dicho instrumento fue la de guiar a un oyente occidental mientras reproduce la muestra y aportarle información de este sistema en un lenguaje musical escrito occidental. Por lo anteriormente mencionado el paradigma de esta investigación es cuantitativo, porque la pregunta de investigación se resuelve a través de la obtención de datos mediante el estudio de las variables físicas del sonido en muestras de audio, generando transcripciones junto con sus análisis respectivos.

La ampliación del marco teórico occidental sobre intervalos musicales repercute en el concepto de *multi-matriz* que, a su vez, permite expandir la utilidad de la notación escrita occidental y así abrir una línea de investigación que revise las metodologías de transcripción aplicadas en áreas como la etnomusicología y la musicología chilena en general.

1.2 Descripción del problema.

1.2.1 Pregunta de investigación.

¿Cómo es posible expresar en notación musical occidental muestras auditivas que utilicen 22 *shrutis* sin transgredir los fundamentos teóricos sobre intervalos musicales propios del sistema? ¿cómo la notación occidental puede expandir su utilidad integrando las investigaciones actualizadas sobre los 22 *shrutis*? ¿cómo se amplía el concepto de intervalo musical con estos descubrimientos?

1.2.2 Enunciación del problema.

El problema principal de esta investigación radica en la inexistencia de un material que exprese los intervalos de la música de India en el código musical occidental de forma que no transgreda sus fundamentos teóricos. Múltiples autores occidentales como Fox (1914), Popley (1921), Gajardo (1970), Daniélou (1954) han utilizado en sus libros la partitura occidental como instrumento para graficar el estudio del fenómeno musical hindú, pero todas sus representaciones son en mayor o menor medida incongruentes y han conducido a una malinterpretación fatal del objeto de estudio en sus lectores. Esto es porque dentro de India solo en las últimas décadas se han rectificado los fundamentos matemáticos que componen su sistema de afinación y gracias a que investigadores como Dr. Vidyadhar Oke (2008) han compartido sus estudios con el mundo occidental mediante la lengua franca inglesa es posible, en la actualidad, que músicos occidentales puedan conocer estas bases teóricas desde una fuente autorizada. Para resolver la pregunta de investigación es necesario proponer un sistema de escritura que sienta íntegramente sus bases en estas rectificaciones y que a su vez sea inteligible para músicos formados en la tradición occidental.

1.2.3 Justificación.

Resolver este problema es de suma importancia para la musicología en Chile, ya que ayuda a ampliar y reorientar el paradigma del concepto de altura tonal y de intervalos en el ejercicio de la enseñanza musical y su práctica en la composición e interpretación, que ha estado condicionada desde la época colonial al estudio del fenómeno musical europeo y sus fundamentos, generando una marginalización del espectro musical de tradición oral indígena y por consiguiente, las representaciones escritas que han generado los etnomusicólogos han

respondido inevitablemente a una concepción de altura tonal e intervalos propia de la matriz 12-TET estandarizada por en la tradición europea desde el siglo XIX.

Lo que pretende promover esta investigación es que la musicología chilena establezca como base de cualquier representación musical en lenguaje escrito, un estudio acabado y autorizado, en el caso de culturas que permanezcan vivas, sobre la matriz que rige el concepto de intervalo, afinación, desafinación, consonancia y disonancia en cada una de ellas, esto conduce a una metodología que pueda ser independiente a la matriz establecida por el temperamento equidistante de doce tonos y los 22 *shrutis* representan una matriz ancestral que al darse a conocer en occidente revaloriza el concepto de intervalo puro en la práctica musical y complementa las bases sobre cómo utilizar el sistema de escritura musical actualmente y mejorar su eficiencia.

1.2.4 Supuesto

En Chile, una de las razones por las cuales no se estudia la música del continente asiático con temperamento independiente¹ podría ser el hecho de que no abunda en el medio, material escrito de estas músicas que tengan registros auditivos grabados para fines de análisis comparativo. La poca presencia de material sobre teoría musicológica india en nuestro idioma español reduce aún más la probabilidad de estudio, teniendo que recurrir a fuentes en inglés como medio más cercano como interpretaciones desde los idiomas de India, cuya diversidad lo posicionan en segundo lugar de más lenguas habladas dentro de un solo país.

La utilización del duocordio, conocido como *vina de 22 shrutis* como instrumento de cálculo estimativo de las frecuencias le facilitará a una persona formada bajo la tradición occidental 12-TET reconocer los shrutis en grabaciones con una precisión no absoluta sino más cercana que la que provee el uso de un instrumento regido por el temperamento igual como el piano. Además, permitirá la imitación de ornamentaciones vocales² que en el caso de la música Hindustani son muy diversas y son consideradas esenciales en las formas musicales clásicas.

¹ Esta distinción responde a que existen numerosos compositores asiáticos que se han desarrollado dentro del lenguaje musical occidental como la compositora coreana Unsuk Chin, entre otros.

² “*Alamkara*” en sánscrito.

1.3 Antecedentes.

1.3.1 Sobre el arqueo de fuentes y los factores de la oralidad.

La música de India tiene sus fundamentos teóricos en la que para la mayoría de los hindúes³ es la fuente principal que contempla y conecta todas las áreas del conocimiento humano: las escrituras védicas⁴. A estas fuentes se les atribuye el concepto de *apaurusheya* que significa “manifestado por sí mismo”⁵, según describe S.D. G⁶. Srila Prabhupada Nityagopal Goswami (2017)⁷.

El *hilo invisible* que unifica las fuentes del conocimiento en India, según describe el músico chileno Millapol Gajardo hace referencia a este conocimiento y a esta cualidad adjunta que las establece como una referencia imparcial y no subjetiva en cuanto refiere a una abstracción personal.

La característica esencial de la cultura hindú es su unidad. Cada rama de esta cultura: filosofía, religión, arte y costumbres están íntimamente interrelacionadas, un hilo invisible les da vida y todas ellas son la expresión de un propósito único; el esfuerzo por alcanzar la Verdad eterna, conocerla y unirse a ese principio espiritual eterno que anima todo lo viviente.

(Gajardo, 1970, p.39)

Dentro del *Sama Veda* se encuentra el *Gandharva Veda*, que es la parte de este conocimiento concentrada en describir las cualidades no sólo del área de la música sino en cada manera de usar las propiedades del sonido en las formas musicales, en la medicina y la magia (Daniélou, 1949, p.15). Existe una genealogía muy detallada de la transmisión del Gandharva Veda desde *Brahma*, el creador del universo en la cosmovisión hindú y la conexión mediante alguna línea de sucesión discipular que conecte con alguna de las personalidades descritas permite el aprendizaje concreto según la tradición.

³ Entiéndase la designación “hindú” como aquel que está convertido a la religión hinduista, a diferencia de “indio” que designa a la persona nacionalizada o que reside en India (*Bharata Varsha* en la transliteración al alfabeto occidental).

⁴ En una transliteración del idioma sánscrito: *Shastra*.

⁵ “*Self-manifesting item*” S.D.G. Srila Prabhupada Nityagopal Goswami.2017.

⁶ *Su Divina Gracia*

⁷ Esto fue dicho el 29 de diciembre del año 2017 en una conferencia dada en Ñuñoa, en su primera visita a Chile.

La historia de la música hindú se suele dividir en cuatro periodos: El periodo Védico-Puránico-Épico; el periodo Buddhístico⁸; el periodo medieval y el periodo moderno. Sobre el primero Daniélou señala un elemento que es importante destacar.

A veces tendemos a creer que, a excepción de los textos védicos, lenguaje que es muy distinto del sánscrito clásico, ningún texto permanece de ese enorme periodo de tiempo. No se debe, sin embargo, olvidar que, de acuerdo a la tradición hindú, los textos védicos, en un principio transmitidos de forma oral, ya habían sido escritos en una fecha muy anterior (...).

(Daniélou. 1949, p.19. Traducido por el autor⁹)

El factor de la oralidad es muy cuestionado por importantes sectores de la comunidad científica occidental, pero en la tradición de India es de esencial importancia. Para corroborar la veracidad de un conocimiento de cualquier área, hay tres aspectos que se consideran: *Guru*, *Sadhu* y *Shashtra*.

El *Guru* es el maestro en el conocimiento y aquella persona capaz de vivirlo en la práctica, para que una persona se considere en tal posición debe estar vinculada a una línea discipular ininterrumpida¹⁰ conocida como *paramparam*. (S.D.G. Srila Prabhupad Nityagopal Goswami. 2017). Esta sucesión en la transmisión del conocimiento debe estar encadenada hasta una personalidad védica considerada como fuente encarnadora del conocimiento, de manera que cada maestro haya sido iniciado de forma personal con su respectivo maestro.

Sadhu hace referencia a la comunidad de *Gurus* y *Shashtra* hace referencia a las escrituras, por lo general, en idioma sánscrito o algún idioma cercano como lo es la lengua bengalí.

La importancia de la transmisión oral del conocimiento védico logra evidenciarse más claramente en el estudio de la música, ya que al aprender un instrumento es mucho más factible desarrollar una técnica adecuada con un maestro que de forma autodidacta guiándose solo por fuentes escritas. De esta forma, al estudiar los tratados sobre teoría musical de India no es posible reproducir y llevar a la práctica las formas musicales descritas sin aprender metódicamente la ejecución un instrumento musical con un maestro conectado a un *paramparam*. (Kamat. 2014).

⁸ "Buddhistic period". Daniélou, 1949.

⁹ "We are sometimes led to believe that, except for the Vedic texts, no texts remain from that enormous period of time. It should however not be forgotten that, according to Hindu tradition, the Vedic texts, at first transmitted orally, had already been written down at a much earlier date (...)"

¹⁰ "unbroken"

Desde el periodo budista hasta el periodo moderno y los siglos XIX y XX los factores que han tornado confusa la discusión de ciertos tratados musicológicos han sido principalmente influencias culturales ajenas al hinduismo como el budismo y el jainismo, a su vez que la teoría del Gandharva Veda se fue reduciendo al estudio del sistema de las formas musicales y fue dejando de lado el objetivo de proveer de una interpretación sobre la teoría del sonido en general (Daniélou. 1949. p,19).

1.3.2 Antecedentes sobre la invasión del temperamento igual en India.

El periodo más cercano a la actualidad en donde se generó una fuerte influencia cultural externa de la cual hoy se pretende desprender en términos académicos es el periodo que comprende el imperialismo inglés, establecido en India bajo el nombre de *Raj británico* entre los años 1858 y 1947. Esta invasión por parte de los ingleses trajo consigo una serie de elementos que fueron incorporándose paulatinamente en el diario vivir de los locales, es así como en el caso de la música este periodo marca la llegada del sistema de división temperamental de doce tonos al territorio indio mediante la introducción del instrumento musical conocido como *armonio*.

Su recepción e incorporación en la práctica musical diaria se acrecentó de la mano de la popularidad alcanzada por el instrumento de lengüeta libre de mecanismo similar al acordeón llamado armonio. Originalmente llegó en un formato de tamaño parecido al piano, luego fue sufriendo modificaciones en el diseño con el fin de hacerlo más portable y ergonómico, fue Dwarkanath Ghose quien diseñó en el año 1875 en el que el aire no era bombeado mediante pedales sino por un fuelle que se presiona con la mano izquierda, dejando a la mano derecha la ejecución de las teclas, esto lo convirtió en un instrumento más barato de construir y más fácil de mantener y reparar. Este modelo se fue integrando rápidamente en la organología india folclórica ya que era útil como acompañamiento para la voz y a su vez de simple dificultad técnica en la ejecución. (Vadya, 2021).

En el año 1940, motivado por las observaciones del premio nobel de literatura Rabindranath Tagore¹¹, el estudio AIR Calcuta aprueba una solicitud que buscaría remover la utilización del armonio en la producción musical local, siendo así prohibido en todas las emisoras indias

¹¹ Además de poeta fue músico, compositor de canciones y dramaturgo.

entre el año 1940 y 1971. Esto se debía según Tagore, a la incapacidad del instrumento por reproducir las oscilantes notas *gamaka*¹² consideradas esenciales en la ejecución de música clásica de India. (Thiyyadi, 2020).

El instrumento recobró su popularidad junto con las repercusiones que tuvo en India la misión fundada por A.C. Bhaktivedanta Swami en el año 1966, en donde se le atribuyó un uso de carácter religioso que transgredió aparentemente las convenciones musicales tradicionales locales. Es así como el sistema de temperamento occidental fue introduciéndose en India, y pese a que no fue nunca aceptado del todo por parte de la comunidad musical tradicional, supo hallar su espacio en el espectro organológico local mediante el armonio, y fue convirtiéndose en un instrumento muy común para introducirse al estudio del canto de forma simplificada.

En la última década (2008-2018), con las investigaciones del Dr. Vidyadhar Oke, la utilización del armonio afinado en el temperamento equidistante de doce tonos ha sido nuevamente puesta en debate y se ha desarrollado una modificación a este instrumento para que reproduzca el sistema de temperamento védico, se le conoce con el nombre de *armonio de 22 shrutis*¹³. Este invento del Dr. Oke representa un ejercicio de descolonización¹⁴ y que busca conservar los aspectos organológicos del instrumento y al mismo tiempo incorporar el temperamento local para así poder interpretar adecuadamente las formas musicales indias. En su sitio web desarrolla argumentos que explican la aceptación que tuvo en un momento el 12-TET en India.¹⁵

1.3.3 Antecedentes sobre la música de India y su difusión en occidente.

La música de India se divide en dos clasificaciones principales: la música Hindustani o del norte y la música Carnática o del sur de India. En lo que respecta a materia de música del norte de India, especialmente las que rodeen geográficamente a la música de las tradiciones religiosas del distrito de Nadia en Bengala occidental y Uttar Pradesh, las fuentes escritas se

¹² Su equivalente en la teoría musical occidental es la “nota de gracia”, “goma” del sánscrito significa “desplazarse de un lugar a otro”.

¹³ “22 shruti harmonium”

¹⁴ Véase *Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina*, Aníbal Quijano, 2001.

¹⁵ Véase 22shruti.com < Topic 46: The reasons why singing by Indian Stalwarts in the tempered scale was appreciated for a long time.

encuentran principalmente en los idiomas: sánscrito, hindi y bengalí. De estas se nombran reiteradamente en las referencias disponibles¹⁶ libros como: *Brihaddeshi* (S. VI – VIII d.C.) de Matanga Muni; *Natya Shastra*¹⁷(200 a.C –200 d.C) de Bharata Muni; *Sangita Darpanam* (a fines del S. XVI) de Chatura Damodara Pandita; *Sangita Ratnakara* (1210–1247) de Sarangadeva, entre otros tratados sánscritos sobre musicología (Daniélou, 1949).

La recopilación y traducciones de estas fuentes se fue gestando de manera paulatina primeramente al inglés y luego a otras lenguas como el francés; en español existe un incipiente material respecto al tema de la década de 1970, cuando las formas musicales de India llegaron a oídos de los hispanohablantes como influencia de los viajes de A.C. Bhaktivedanta Swami y del músico, ex integrante de la banda The Beatles, George Harrison quién incursionó sobre la música de India e impregnó de estos aprendizajes en su música y por consiguiente en sus seguidores.

En el año 1970 se publica en el volumen 24 de la *Revista musical chilena* el artículo *El Raga hindú: un mundo en sí mismo* escrito por Millapol Gajardo, quien es considerado uno de los pioneros en introducir la cultura musical hindú en Chile. En este texto se condensan de forma resumida las características del Raga, haciendo una breve revisión filosófica, historiográfica y musicológica, si bien no expone los fundamentos matemáticos del sistema de shrutis, brinda antecedentes conceptuales como que la distancia interválica no es uniforme como en el temperamento igual, sino que se construye sobre tres tipos de distancias distribuidas asimétricamente en los 22 puntos. El problema de este artículo es que no entrega definiciones físico matemáticas del concepto de *shruti*, que es el concepto clave de esta investigación, y la información que entrega en partitura puede conducir al lector occidental a ejecutar tales escalas en un instrumento regido por el 12-TET y por ende asociar erróneamente su sonoridad, además cita figuras de Daniélou, quien en las variables cuantitativas está obsoleto en el estado del arte más actualizado del Dr. Vidyadhar Oke.

¹⁶ En esta investigación como fuentes escritas disponibles se consideran los escritos cuyo acceso vía internet no sea de acceso público y que su idioma sea español o inglés.

¹⁷ Traducido al español en el año 2013 por Iván González Cruz.

1.3.4 Hacia un código en común: las primeras notaciones.

La revolución industrial en Gran Bretaña en la segunda mitad del siglo XIX, que coincide aproximadamente con el periodo Victoriano marca un cambio en las dinámicas hegemónicas del Reino Unido en India, disolviéndose la Compañía Británica de las Indias Orientales¹⁸ y formándose el Raj¹⁹ británico en donde la reina Victoria fue nombrada emperatriz (Welch, 2011). De esta manera se fue dando un intercambio cultural creciente en donde la música fue un lenguaje donde las influencias fueron recíprocas y gradualmente fueron siendo traducidas escrituras referentes a las teorías musicales de ambas culturas.

La “clase media” o *bhadralok* bengalí en Calcuta fue una construcción ideológica creada en respuesta a la dominación política y económica por una parte de los británicos y por otra entre el liderazgo cultural entre la gente colonizada (Chatterjee 1993). Los *bhadralok* emergieron como líderes culturales de la gente indígena colonizada. Con los esfuerzos de Dwarkanath Tagore y Raja Rammohan Roy hacia un movimiento de modernización de la música bengalí. Brahmo Samaj fue uno de los primeros sitios que catalizaron las fuerzas modernizadoras en el reino de la práctica musical bengalí.²⁰

(Bhattacharyya, 2016)

En este contexto histórico es que surgen las primeras publicaciones sobre música de India en inglés ya que con la formación de esta nueva clase *bhadralok* comienza a gestarse un sincretismo cultural, junto con este surge un grupo de intelectuales quienes, inspirados por escritores orientalistas²¹, sienten la necesidad de renovar tratados sobre teoría musical en un discurso moderno y que estuvieran en concordancia con las antiguas escrituras hindúes, ya que existiría un declive producto de las invasiones musulmanas y de las invasiones inglesas.

Así surge un musicólogo *bhadralok* llamado Sourindro Mohun Tagore, quien desde el año 1870 hasta el año 1896 con su ensayo *Discurso sobre la música nacional* y su libro *Teoría universal de la música* establece un marco de referencia en inglés sobre la música hindú, estableciéndose en el proceso histórico polémicamente denotado como *renacimiento*

¹⁸ Del inglés *British East Indian Company*

¹⁹ Del sánscrito: reino; rey.

²⁰ “The Bengali ‘middle class’ or the *bhadralok* in Calcutta was an ideological construct which was created in response to the political and economic domination by the British on the one hand and the cultural leadership among the colonized people on the other (Chatterjee 1993). The *bhadralok* emerged as cultural leaders of the indigenous colonized people. With the efforts of Dwarkanath Tagore and Raja Rammohan Roy towards initiating the movement to modernize Bengali music, Brahmo Samaj was one of the earliest sites that catalyzed the modernizing forces in the realm of Bengali music practice”. (Traducción del autor).

²¹ Véase *Orientalism* (2015) de Nancy Demerdash

*bengali*²², como la original y más auténtica música de India (Bhattacharyya, 2016). En este periodo publica diecisiete libros sobre musicología hindustani, compilando diversos autores y estableciendo múltiples investigaciones en donde compara ambas teorías musicales y también desarrolla un manual de canto tradicional hindú con textos bengalíes. De esta manera es de los primeros autores en incorporar la notación occidental en el territorio indio y, por consiguiente, es un pionero también en establecer registros sobre música de India en el idioma inglés, introduciendo el sistema de 22 shrutis en el año 1886.²³

Estos diálogos comparativos entre teorías musicales generaron la necesidad de un sistema de notación, de esta manera Tagore y su mentor Kshetra Mohan Goswami desarrollaron el sistema *Dandamatrik* (véase Figura 2.) que sería la primera notación utilizando el alfabeto occidental, bajo este sistema Tagore en el año 1875 escribe un libro dedicado al, en ese entonces príncipe de Gales Albert Edward, llamado *Versos ingleses adaptados a la música hindú* en donde adapta textos de alabanza al príncipe a formas musicales hindúes. En este texto presenta a modo de introducción algunos conceptos básicos de la teoría musical de India, estos son: *sasptasvara* o siete notas diatónicas, en donde los caracteres *C D E F G A B* tienen su equivalente en las sílabas *Sa Re Ga Ma Pa Dha Ni*; *saptacas* o heptacordio, cuya descripción refiere a la utilización vocal práctica de tres registros de un heptacordio cada uno²⁴; las notas con alteraciones, en donde *tibra-suras* significa *notas sostenidas*, *komola-suras* significa “notas bemoles”²⁵; *mátrás* o especies de tiempo, que podría entenderse como las divisiones posibles dentro de un pulso; y *tala*, que puede traducirse como cifra métrica. Este libro si bien posee un carácter marcadamente colonialista, surge como un primer punto de encuentro de ambos lenguajes musicales en su notación escrita.

Tagore aprendió de teoría musical occidental con un pianista alemán (Bhattacharyya, 2016), de esa forma pudo aprender el sistema de notación occidental. Lo que no explica Tagore en este libro es la designación de la frecuencia en la tónica de cada canción, ya que no existe el

²² Está designación historiográfica es ampliamente criticada por bengalíes, véase *Bengal Renaissance: A Study in Social Contradictions*, Pulak Narayan Dhar, 1987.

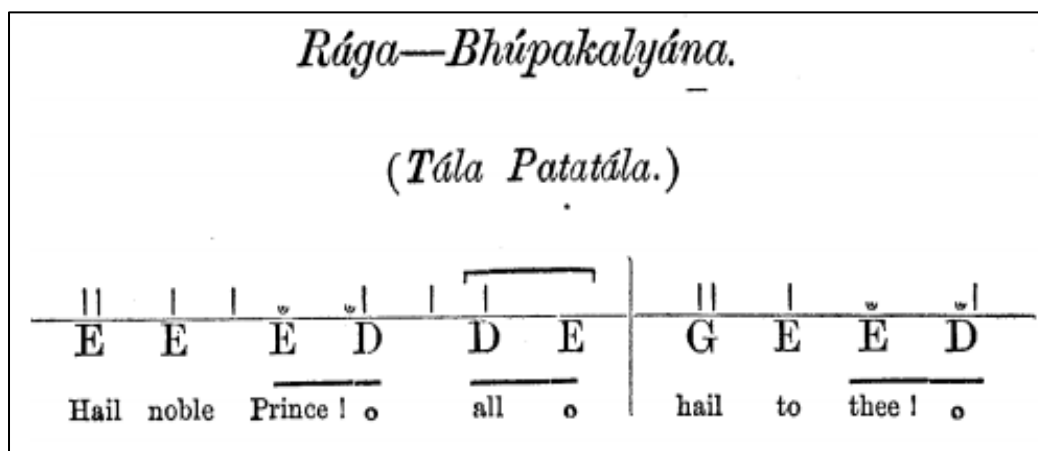
²³ *The Twenty-Two Musical Shrutis of the Hindus*, Sourindro Mohun Tagore, 1886. (libro de acceso limitado).

²⁴ *Udará, Mudará y Tára saotaca*: heptacordio bajo, medio y alto respectivamente (Tagore, *English Verses Set to Hindu Music*, 1875).

²⁵ Nótese que, aunque Tagore no introducía aún el concepto de *shruti* en textos en inglés, traduce las designaciones *Ati-tibra* y *Ati-komola* como “muy sostenido” y “muy bemol” respectivamente, agregando que estas representan notas de divisiones menores que son utilizadas en melodías locales.

concepto de armadura en la música hindustani, sino que funciona bajo el sistema de do movable, en donde el foco no es la determinación de cada frecuencia dentro de una escala si no la construcción de intervalos a partir de una frecuencia que se elige como tónica.

Figura 1. Extracto de *Welcome Song* escrita en notación Dandamatrik.



(Tagore, 1875, p, 15).

Figura 2. Extracto de *Welcome Song* escrita en notación occidental.



(Tagore, 1875, p, 17).

Considerando solo la información que entrega la notación de la Figura 2 y no la Figura 1, esta puede ser comprendida perfectamente dentro del sistema de temperamento equidistante occidental, sin embargo, representa una adaptación que estrictamente al ser interpretada por músicos occidentales diferirá ampliamente en cuanto compete a frecuencias con lo que Tagore quiso comunicar y con lo que los músicos indios interpretarían. Esta disyuntiva converge netamente con el sistema de medición de las frecuencias, ya que en la Figura 2 se

da la indicación que la pieza se interpreta en el *Raga Bhúpakalyána*²⁶, cuya selección de sonidos está expresada en *shrutis*²⁷ y no en semitonos.

Tabla 1. Comparación de las frecuencias dadas por la información que entrega la Figura 1 y la Figura 2, aplicando los cálculos fraccionarios de cada *shruti* como lo define el Dr. Vidyadhar Oke (2018).

22 <i>shrutis</i>	12-TET
Shadja (S) = 256 hz	Do (C) = 256 hz
Teevra Risabha (R2) = 288 hz	Re (D) = 287.35 hz
Shuddha Gandhar (G1) = 320 hz	Mi (E) = 322.54 hz
Teevra Madhyam (m1) = 359.99 hz	Fa# (F#) = 362.04 hz
Pancham (P) = 384 hz	Sol (G) = 383.57 hz
Shuddha Dhaivat (D1) = 426.65 hz	La (A) = 430.54 hz
Shuddha Nishad (N1) = 480 hz	Si (B) = 483.26 hz
Tara Shadja (S') = 512 hz	Do (C) = 512 hz

(Generado por el autor)

Nota. Aunque se le asigna la frecuencia 256 hz y no 261.63 hz, como está establecido en occidente, lo importante es considerar que el cálculo de la frecuencia de cada intervalo deriva de la proporción específica asignada a éste.

²⁶ Escrito *Bhoopa Kalyan* en la aplicación de Android *22 shrutis in 500 Ragas* (Oke 2016).

²⁷ Véase Capítulo II.

Sin tomar en cuenta referencias que describan el concepto de *Raga*²⁸ y el concepto de *shruti* se podría establecer la analogía errónea de que las frecuencias del Raga Bhúpakalyána coinciden con las de la escala lidia²⁹. En ese periodo no era posible para un estudiante formado en musicología occidental europea percibir matemática y auditivamente la diferencia de frecuencia entre ambas notaciones de otra forma más que escuchando la interpretación de un músico indio, no obstante, en la actualidad gracias a las tecnologías desarrolladas sí es posible captar esta diferencia en variables fisicomatemáticas y también de forma auditiva³⁰ (ver Tabla 1).

En la primera mitad del siglo XX se realizan múltiples investigaciones sobre musicología hindustani, esto motivado por los discursos nacionalistas de las últimas décadas del siglo XIX en el contexto que se describe a continuación.

Revisiones históricas datan de muchas instituciones fundacionales desde la India moderna al encuentro colonial³¹, incluyendo la noción misma de una nación llamada India. En el campo del lenguaje, la religión y la cultura, el argumento avanzó a través de diversos análisis y ha sido que lo que fue una diversa y heterogénea juego³² de prácticas previas al Colonialismo y Nacionalismo mediante los ahora familiares procesos de codificación, clasificación y purificación. El proceso de clasicización³³ en el campo de las prácticas culturales como la música, como sigue el argumento, llevó a los nacionalistas de la cultura india a clasicizar, codificar, sacralizar, limpiar, regular y disciplinar un montón de prácticas desarticuladas en una tradición clásica ancestral que pudiese representar una nación antigua y moderna.

(Ranganathan, 2015, p.5. Traducción del autor)

Ranganatham describe cómo en este periodo se va gestando una consolidación del conocimiento transversal nacional que dentro de sus áreas incluye la música. De esta manera muchos académicos se ven interesados en compilar tratados sánscritos, proveer una revisión analítica actualizada de estos y también traducir al inglés que en ese periodo se convertiría en una lengua franca para los indios y una manera también de contrarrestar la influencia cultural externa.

²⁸ Véase Capítulo II.

²⁹ Modo occidental formado por la sucesión de distancias temperadas: tono- tono- tono- semitono- tono- semitono.

³⁰ Véase la aplicación de Android 22 *shrutis in 500 Ragas* (2016).

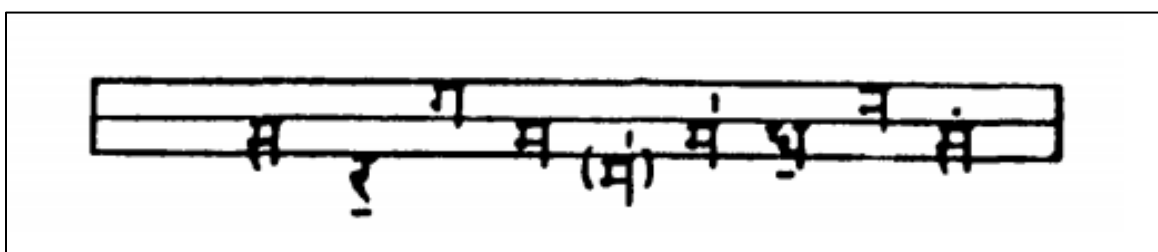
³¹ En inglés *colonial encounter*.

³² En inglés *set of practices*.

³³ Proceso de establecer algo como clásico. En inglés viene del verbo *Classicize*.

En el año 1916 Vishnu Narayan Bhatkhande marca un hito histórico en la música y logra reunir a 400 cantantes clásicos de toda India en un evento que se bautizó con el nombre de *All India Music Conference* generando una instancia académica cuyo objetivo era el de inmortalizar la tradición oral inmanente (Pande, 2016). De esta manera logró converger las tradiciones que habrían sido siempre independientes una de otra y ahora serían estudiadas como parte de un conjunto mayor que las incluye, este conjunto es lo que describe Ranganatham como nación. A Bhatkhande se le atribuye el desarrollo de una notación en sílabas en alfabeto devanagari³⁴ (véase Figura 3) similar a la notación *Svaralipi* desarrollada por Dwijendranath Tagore a finales del siglo XIX.

Figura 3. Aroha³⁵ del Raga Lalita en notación Bhatkhande.



(Daniélou, 1954, p.17)

Inspirados por este gran hito nacional, investigadores europeos como Arthur Henry Fox Strangways, autor del libro *La música del Indostán*³⁶ en el año 1917, comenzaron a recopilar información sobre la música de India y empezaron a escribir libros en inglés. Asumieron que esta forma de traducción a la notación occidental desarrollada por Tagore y sus coterráneos (véase Figura 2) era adecuada para replicarla y exponer sobre especímenes de música hindustani a los europeos, estableciendo comparaciones de análisis morfosintácticos entre muestras musicales de ambas tradiciones. En estos análisis se describe el nombre específico del *Raga* al comienzo y luego se presenta la música en notación occidental, desde luego la interpretación de dicha transcripción en un instrumento regido por el 12-TET, presentará un grado de error similar al de la Tabla 1. Inspirado por Fox Strangways, Herbert Popley publica

³⁴ Tanto el idioma sánscrito como el idioma hindi utilizan este alfabeto.

³⁵ *Aroha* quiere decir modo ascendente, para el modo descendente se designa el término *Avaroha*. Los Ragas suelen tener más notas en el *Avaroha* que en el *Aroha*.

³⁶ *The Music of Hindostan* (1914).

el libro *La música de India*³⁷ en el año 1921, complementando el material de Fox, haciendo una revisión histórica y organológica. Si bien ambos autores describen el sistema de 22 *shrutis*, a la hora de exponer las muestras musicales utilizan la notación occidental y simplemente indican el nombre específico del *Raga* y el *Tala*³⁸ correspondiente a cada muestra.

Y no le interesa comparar una nación con otra, o tomar una postura o establecer un balance entre las actividades que compiten. Su vida es en familia más que en un estado, en una idea más que un hecho, en el alma más que en la mente. Su conocimiento es de revelación más que de ciencia; su verdad contemplativa más que práctica. El compromiso no es para él no tanto la vía que emerge de la batalla de dos fuerzas, sino como una calma filosófica que sin desesperación puede sostener como solución dos afirmaciones diametralmente opuestas.³⁹

(Fox Strangways, 1914, p. 74. Traducción del autor)

En este fragmento se ve descrita la disyuntiva clave para disociar entre la metodología investigativa desarrollada por occidente y la metodología investigativa desarrollada en India. Como se enunció anteriormente, al conocimiento védico, como plantean los indios, solo es posible acceder mediante un maestro cualificado y conectado a una tradición ininterrumpida, no obstante, pueden existir dos maestros conectados a la misma tradición que comuniquen diferencias sutiles a sus estudiantes que pueden ser vista como contradictorias. Ante esto cada estudiante aceptará lo que su respectivo maestro le diga, y entre ellos no existirá mayor conflicto dado que ambas visiones se considerarán veraces. Para los europeos como Fox esto parece ilógico, poco científico y por ende poco comprobable, esta discriminación es muy común por parte de los occidentales y es por esto que al estudiar la música de India es importante considerar que los parámetros que dictamina la ciencia occidental no son aplicables a la realidad local. Esto se reitera en otras áreas como la historiografía, la filosofía y la teología.

Existen múltiples antecedentes como este en donde se afirma que los modelos europeos del conocimiento son inadecuados para aplicarse en la realidad india. De esta misma forma en musicología es poco veraz el ejercicio de comparar los modos musicales indios con los

³⁷ The Music of India (Calcutta-Londres 1921)

³⁸ Si bien se suele traducir la palabra *Tala* como *cifra métrica* también brinda información sobre el tempo.

³⁹ “And it does not interest him to compare one nation with another, or to take a side in or strike a balance between competing activities. His life is in the family rather than the state, in idea rather than fact, in the soul rather than the mind. His knowledge is of revelation more than of science; his truth contemplative rather than practical. Compromise is for him not so much the media via which emerges from the battle of two forces, as the philosophic calm which without despair can hold in solution two diametrically opposed statements”.

modos europeos sin considerar la diferencia temperamental en la práctica auditiva. Dhar describe esta idea a continuación:

El concepto de Renacimiento en Bengala postulado en el contexto del régimen colonial británico está basado en la premisa fundamental que la educación y la infraestructura política diseminaron un sentido de regimiento de la ley y justicia y fomentaron “un desarrollo intelectual de la gente en una línea completamente nueva”. E historiadores de persuusiones ideológicas diferentes han aceptado el concepto de renacimiento como un tipo de despertar en la gente, especialmente en el reino cultural. Sin embargo, como ha sido elaborado por Barun De en su artículo sobre el Renacimiento indio, un modelo basado en la experiencia europea es inadecuado en el contexto de India.

(Dhar, 1987, p.1. Traducción del autor⁴⁰)

En el año 1943 se publica en la ciudad de Benarés y en la ciudad de Londres bajo la guía de la organización London Indian Society el libro *Introduction To The Study Of Musical Scales* escrito por Alain Daniélou, etnomusicólogo, historiador e indólogo francés experto y converso al Shivaísmo. En este libro hace una revisión exhaustiva sobre los conceptos de escala, intervalos y temperamento sobre la teoría musical de India, China, Grecia y Europa, haciendo una crítica feroz a la compilación teórica hecha por los occidentales.

El resultado es que, más y más, los occidentales han perdido toda concepción de una música capaz de expresar claramente las más altas ideas y sentimientos; ahora esperan mayormente de la música un ruido confuso, más o menos agradable, pero capaz de despertar en la audiencia solo las más ordinarias sensaciones e imágenes simplificadas.

(Daniélou A. , *Introduction To The Study Of Musical Scales*, 1943, p. 204. Traducido por el autor⁴¹.)

De esta manera Daniélou desarrolla un discurso que pretende rectificar los estudios sobre la música *universal*, estableciendo una relación de causa y efecto entre el temperamento equidistante occidental y los tratados de armonía que, para él, descarrilan a la música de su fin último. La revisión que hace Daniélou profundiza en la medición de los intervalos (aunque en los 22 *shrutis* tiene errores matemáticos) en cada cultura, los conceptos de escala, tónica, modalidad y en las referencias historiográficas que establecen el canon de cada tradición.

⁴⁰ “The concept of the Renaissance in Bengal posited in the context of British colonial rule is based on the fundamental premise that the western education and political infrastructure disseminated a sense of rule of law and justice and fostered “an intellectual development of the people on an entirely new lime”. And historians of differing ideological persuasions have accepted the concept of renaissance by Barun De, a model based on the European experience is unsuitable in the Indian context”.

⁴¹ “The result is that, more and more, Westerners have lost all conception of a music able to express clearly the highest ideas and feelings; they now expect from music mostly a confused noise, more or less agreeable, but able to arouse in the audience only the most ordinary sensations and simplified images”.

También explica las variables físicas sobre las que se estudia la música, utilizando además de fracciones sobre una cuerda tensa, unidades de medición como el Savart y el Cent.

A menudo es orgullosamente aseverado que el sistema musical occidental actual es suficiente para expresar todo, pero el mínimo contacto real con otros sistemas musicales prueba inmediatamente lo contrario. El poder de evocación del sistema armónico, como es concebido hoy, es débil y confuso si es comparado con cualquier sistema modal. Oscila entre abstracciones y armonías imitativas extremadamente convencionales; porque lo que es llamado imitación de un pájaro, el viento, la lluvia, una fuente, una fábrica, o cualquier sujeto recurrente está, en realidad, muy lejos del modelo de que es necesario un conocimiento profundo sobre convenciones musicales para ser capaz de ver esa conexión (...). Por ejemplo, cuando el modo hindú de las lluvias Megh-Mallar es interpretado, ningún sonido intentará imitar el sonido de las gotas de lluvia o los truenos, pero la relación entre los sonidos será tan similar a aquellos entre los elementos cuando una tormenta se acerca que no solo un músico entrenado sino incluso los animales inevitablemente van a sentir que la lluvia está en el aire.

(Daniélou, 1943, p.206. Traducido por el autor⁴²)

Como señala Daniélou, las insuficiencias del sistema musical occidental quedan al descubierto cuando se enfrenta a sistemas modales como el de India, ya que el tratamiento modal supone una relación matemática de proporciones en base múltiplos enteros a partir de una fundamental y no una designación en base a frecuencias específicas, esto genera una aproximación matemática distinta. Por una parte, en el sistema modal indio el cálculo de la frecuencia de cada de nota dentro de una escala viene dado por el producto fraccionario de la nota tónica⁴³ y donde a la hora de medir las distancias interválicas no hay uno sino tres tipos de distancia; en el sistema occidental, por su lado, presume desde el barroco una división equidistante de las frecuencias en donde se ha priorizado una distancia homogénea con el fin de poder transportar la tónica a cualquiera de estas frecuencias estandarizadas y mantener las consonancias en los intervalos que se formen a partir de esta nota.

A lo que refiere Daniélou con armonías imitativas es a la asimilación convergente que se hace con las notas y los acordes a la hora de estudiar muestras musicales ya que, como se

⁴² "It is often proudly asserted that the actual Western musical system is sufficient to express everything, but the slightest true contact with other musical systems proves immediately the contrary. The power of evocation of the harmonic system, as it is conceived today, is weak and confused if compared with any modal system. It oscillates between abstractions and extremely conventional imitative harmonies; because what is called an imitation of a bird, the wind, the rain, a fountain, a factory, or any other much utilized subject, is, in reality, so far away from the model that a deep knowledge of musical conventions is required to be able to see the connection (...). For example, when the Hindu mode of the rains, Megh-Mallar, is played, no sound will attempt to imitate the sounds will be so similar to those between the elements when a storm is approaching, that not only trained musicians, but animals even, will inevitably feel the rain in the air".

⁴³ En inglés *drone*.

profundizará más adelante, en el sistema de 22 shrutis los intervalos como la tercera mayor⁴⁴ se ven subdivididos, y la designación específica de cada intervalo es considerado de suma importancia a la hora de evocar el sentimiento⁴⁵ del Raga específico. En lo que podría ser una referencia a la obra musical de Vivaldi, señala que la teorización de la armonía está construida a partir de fenómenos naturales y que, a ojos de los orientales, estos intentos de los occidentales por graficar los sonidos de la naturaleza son especulativos e infantiles, esto lo sustenta Alain Daniélou en el libro *Música del norte de India Vol. I* (1949) ⁴⁶ cuando afirma “[...] parece que el Gandharva Veda estudió cada manera posible de usar las propiedades del sonido, no solo los diferentes sistemas y formas musicales sino también en la física, en la medicina y en la magia” (p.15). Más adelante agrega información que relaciona intervalos específicos con animales específicos, lo que demuestra que existe un antecedente previo que data sobre las relaciones interválicas en la naturaleza.

Figura 4. Designación en notación de Daniélou con formas de cabezas específicas para cada *shruti* de *Komola Rishabha* (*re bemol* en occidente) separados a distancia de comma. Abajo la correspondencia en notación Bhatkhande.



(Daniélou , 1954, p.11.)

⁴⁴ De Do a Mi en la tradición occidental; de Sa (Shadja) a Ga (Tara Gandhar/ Ati-Tara Gandhar)

⁴⁵ Puede ser redundante ya que el concepto de Raga de por sí tiene un significado estrechamente ligado a una emoción específica.

⁴⁶ En inglés *Northern Indian Music Vol I*.

En el año 1954 publica *Música del norte de India Vol II* que sería el complemento a su primer trabajo donde profundiza en la teoría y la técnica de la música del norte de India, en este volumen abarca una serie de transcripciones en las notaciones de Bhatkhande y otra notación presentada en el volumen anterior en donde se designa en el pentagrama convencional occidental una forma de la cabeza de la nota específica para cada subdivisión de shrutis de cada nota (véase Figura 4), esto desde la tradición musical shivaísta.

Los *Ragas* tienen múltiples subdivisiones de acuerdo a diversos parámetros, uno de ellos es las divisiones temporales dentro de un día que para ellos son siete. Daniélou recopila una serie de *Ragas* de cada división del día, en cada uno adjunta una referencia sánscrita, da la clasificación de cada uno en cuanto a los tipos de modos, la secuencia de shrutis específica, la correspondencia de cada una de las notas que integra el *Raga* con una expresión y sentimiento específico y una serie de variaciones de acuerdo a la subdivisión específica dentro de esa división del día (véase Figura 5).

Existen muchos antecedentes que sustentan la obra bibliográfica de Daniélou en lo que confiere a las variables cualitativas y la posicionan como una referencia relativamente confiable, estos son el haberse iniciado en la música India con el maestro Shivendranath Basu, llegando a dominar la interpretación de la Vina de forma avanzada; el haber vivido en India por más de quince años, siendo nombrado profesor de la universidad hindú de Benarés y director del colegio de música india en el año 1949.

Sobre las conclusiones del libro *Introducción al estudio de las escalas musicales* (1943) Daniélou postula que el total de intervalos distintos al estudiar las fuentes musicológicas de los griegos, chinos, occidentales e hindúes es de 53 intervalos distintos dentro de una octava. Estos son expresados como fracciones que expresan las divisiones de una cuerda tensa, junto con esto trabaja en una serie de instrumentos con el fin de poder reproducir estos intervalos en este sistema que bautiza como *sistema de afinación semántico*⁴⁷, en donde el proceso matemático viene dado por la multiplicación de una frecuencia asignada por la razón proporcional propia de cada intervalo. Bajo este sistema desarrolla instrumentos musicales

⁴⁷ En inglés: *semantic tuning system*.

con el fin de reproducirlos tales como el S-52, una especie de armonio con 3 divisiones en cada tecla; el Shruti-venu y el Semantic Daniélou-36.

Observaremos que, aunque seamos al principio completamente incapaces de discernir en una forma de música extraña cualquier cosa comparable a lo que experimentamos directamente y sin esfuerzo en una forma familiar para nosotros, un escrutinio imparcial mostrará que todos los elementos o relaciones esenciales que son encontrados en uno están también presentes en el otro. No hay, por consiguiente, una razón teórica de por qué las mismas expresiones, las mismas realizaciones, no debiesen ser igualmente posible a través de estas formas distintas.

(Daniélou, 1943, p.34. Traducción del autor⁴⁸)

De esta manera el autor procura realizar un ejercicio investigativo que se enfoca en las bases físico-matemáticas por sobre la recolección de datos mediante la audición, ya que, por un lado la audición está formada a partir de la replicación de una tradición musical propia y también porque muchas veces la diferencia de dos sistemas puede estar a una distancia de pocos Savarts (Oke, 2018), por lo que puede resultar imperceptible a un oído promedio.

No obstante, esta exhaustiva revisión que hace Daniélou presenta incongruencias en la demostración matemática de ciertos *shrutis*, específicamente: r1 (256/243), m2 (729/512) y N2 (243/128). Esto se debe a que, como señala Oke en su investigación⁴⁹, no se basa estrictamente en las distancias *Poor-na-Pra-man-Nyuna* llegando a resultados cercanos pero no exactos, a su vez malinterpretando ciertas citas de textos en sánscrito, esto porque este último es un lenguaje muy complejo en el que pocos elementos lingüísticos pueden comprender una densidad de interpretaciones que solo los locales pueden comprender dada la estrechez con la fuente histórica primaria.

⁴⁸ "We shall observe that, although we are at first utterly unable to discern in a strange form of music anything comparable to that which we experience directly and without effort in a form familiar to us, an impartial scrutiny will show that all the essential elements or relations which are found in the one is also present in the other. There is, consequently, no theoretical reason why the same expressions, the same realizations, should not be equally possible through these different forms."

⁴⁹ Esto lo describe en su sitio web *22shruti.com* en la sección *research* en *Topic 61. Difference between the Semantic Danielo-53 System and 22 shrutis*

Figura 5. Variaciones del *Raga Lalita* cuya asignación temporal es *temprano en la mañana*, subdividiéndose de arriba a abajo en: medio amanecer, crepúsculo y crepúsculo con ausencia de sol.

The figure displays three musical variations of the Raga Lalita, each consisting of a vocal melody line and a corresponding instrumental accompaniment line. The variations are labeled on the left: 'half-awake', 'dawn', and 'absence of Sun dawn'.

- half-awake:** The melody is written on a treble clef staff. The accompaniment is on a lower staff, featuring a series of vertical strokes and some horizontal lines, possibly representing a simplified or rhythmic version of the melody.
- dawn:** The melody is marked with *pp* (pianissimo) at the beginning and end. The accompaniment also features vertical strokes and horizontal lines, with some notes indicated by small circles.
- absence of Sun dawn:** The melody is marked with *mf* (mezzo-forte). The accompaniment features vertical strokes and horizontal lines, with some notes indicated by small circles.

(Daniélou, 1954, p. 17)

En el año 1961 Donald A. Lentz publica en la Universidad de Nebraska el libro *Tonos e intervalos en la música clásica hindú*⁵⁰ donde expone los conceptos principales de la teoría musical hindú, aunque su metodología difiere de la de la de Daniélou principalmente porque prefiere expresar los intervalos aproximados en Cents y no en Savarts. Curiosamente, Daniélou antecede que en EE.UU. se ha condensado una tendencia a dividir la escala en 1200 cents, ante esto describe tres problemas principales de utilizar este sistema de referencia⁵¹. Lentz ve en la medición en Cents una forma de evitar la utilización de logaritmos, lo que para Daniélou es imprescindible para una precisión más alta.

El sistema de armonía occidental emplea el semitono temperado. Estos semitonos al ser iguales son fácilmente reconocibles y combinados. Algunos intervalos tales como la cuarta aumentada o la séptima mayor son más difícil de producir de forma precisa en algunos tonos que en otros. El problema de los pequeños *srutis*⁵² indios es completamente diferente. El sistema de srutis solo hace un uso melódico y no vertical de los intervalos pequeños. Así no hay necesidad de escuchar vertical y horizontalmente como en la música occidental. Sin embargo, hay usualmente una relación entre la tónica fija y los tonos dentro de algún Raga.

(Lentz, 1961, p.16. Traducción del autor⁵³)

Lo que plantea Lentz es básicamente que el estudio de los intervalos pequeños en la música hindú solo es considerado en términos horizontales como contrapunto y no de forma vertical como acordes, esto es refutado por el Dr. Vidyadhar Oke en su serie de videos donde demuestra la aplicación práctica del sistema de 22 shrutis, dejando en claro que la selección específica de shrutis de un Raga específico afecta la construcciones de las triadas perfectas, también determinando la restricción de ciertas triadas en donde la consonancia se ve afectada por la priorización de la consonancia entre otros grados de la escala.

En el año 2008 Dr. Vidyadhar Oke crea un sitio web⁵⁴ donde compila toda su investigación referente a la materia sobre los 22 shrutis. Luego en el año 2018 realiza una serie de

⁵⁰ En inglés: *Tone and Intervals of Hindu Classical Music* (1961)

⁵¹ *Introduction to the Study of Musical Scales*, p. 40.

⁵² Escritos con "s" o "sh", ya que en la transliteración a alfabeto occidental se utilizan ambas.

⁵³ "The Western harmonic system employs the tempered half-step. These half-steps being equal are easily recognizable and combined. Some intervals such as an augmented fourth or major seventh are more difficult to produce accurately in certain keys than others. The problems of the small Indian sruti are entirely different. The sruti system makes only melodic, not vertical, use of the small intervals. Hence there is no need to hear both vertically and horizontally as in the Western music. However, there is usually a relationship of a fixed drone to the tones within any Raga".

⁵⁴ www.22shruti.com (2008).

conferencias en inglés donde presenta su modificación propia del instrumento armonio para la reproducción de estos intervalos.

Es así como estas investigaciones podrían tener repercusiones en lugares como Sudamérica donde el sistema de temperamento equidistante de doce tonos es utilizado como medida de referencia para el estudio musicológico de las etnias locales. De esta manera surgen las siguientes interrogantes para investigaciones futuras: ¿Será posible aumentar la precisión de los estudios etnomusicológicos chilenos considerando sistemas temperamentales como el de India?

Para responder tales interrogantes es menester comprender el funcionamiento práctico de este sistema temperamental en muestras musicales concretas. Para ello esta investigación pretende aportar un avance los estudios en español sobre la música de India y sus fundamentos teóricos, mediante un acercamiento paulatino que conecte ambos lenguajes musicales por medio de transcripciones. Proceso que resulta útil para el análisis musical pero que al ser un campo de incipiente investigación en Sudamérica se ve frágilmente expuesto a la imprecisión a la hora de intentar proveer una traducción de los parámetros musicales indios a los establecidos por el temperamento occidental europeo. Por esta última razón es que el enfoque de esta investigación será determinar las distancias interválicas involucradas en la muestra musical, expresando esto en estructuras métricas que permitan un desglose fluido de la información pero que pueden no corresponderse con los análisis rítmicos de la tradición local y precisamente esto último será su defecto a considerarse en futuras investigaciones.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Elaborar un material de apoyo actualizado en español sobre el sistema temperamental de 22 *shrutis*.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Describir los fundamentos teóricos de los 22 *shrutis*.
- b) Transcribir una muestra musical representativa de cada *shruti*, en donde el autor establece la selección de intervalos que usará de antemano.
- c) Evaluar el balance de utilidad entre la transcripción automática y la transcripción manual para determinar los *shrutis* en una muestra musical.
- d) Realizar un análisis descriptivo de las transcripciones desde sus variables cuantitativas.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.

2.1 Conceptos preliminares.

Con el fin de elaborar un material de apoyo auditivo para la comprensión del sistema de 22 *shrutis* es importante considerar algunos conceptos que sustentan la base teórica de la música tanto en India como en occidente y sin los cuales puede resultar confuso para el músico de tradición occidental analizar transcripciones ya existentes como las que diseñó Daniélou⁵⁵, entender los errores matemáticos de su investigación y cómo se rectifican en el estado del arte actual.

2.1.1 Intervalos.

La música como fenómeno sonoro se ha graficado a lo largo de la historia en un lenguaje escrito que expresa, de manera simplificada (debido a la compleja naturaleza física del sonido), tres aspectos principales: la frecuencia (específicamente, la altura tonal⁵⁶); el tiempo y la amplitud de las ondas. La partitura occidental es, por esencia, un gráfico relativamente simplificado y aproximado de estos aspectos con la función de comunicar una idea musical de manera tal que pueda ser decodificada e interpretada por instrumentistas (Arca, 2015). La cantidad y cualidad de la información que adjunta cada obra musical escrita ha variado históricamente de acuerdo al estilo, pero en líneas generales el sistema de codificación del espectro sonoro se ha graficado de manera bidimensional, vale decir, de la variación de la frecuencia y su amplitud en función del tiempo.

Es común que en las casas de estudio que imparten musicología en Chile actualmente que la definición del concepto de intervalos se remita meramente en la práctica musical, para expresarlo de forma ilustrativa, a las distancias posibles entre una y otra tecla de un piano afinado en temperamento igual. El asumir esta definición como suficiente para la formación académica de un compositor musical lo conduce a una exploración técnica y estética basada en moldes preestablecidos y que se han asumido como completos, tal como sutilmente sugiere Chick Corea (2020) cuando dice que la formación del compositor en cualquier

⁵⁵ Northern Indian Music Vol. II, 1954.

⁵⁶ *Pitch* en inglés.

instrumento es aprender la escala occidental de doce tonos y estudiar a los que él considera los “grandes” referentes que utilizaron este sistema.

Para ampliar ese marco de referencia es imprescindible comprender ciertas propiedades físicas del sonido que tienden a ser relacionadas de forma equívoca en el ejercicio de la teoría musical occidental⁵⁷, para más adelante ejemplificar uno de ellos se tomará la corriente musical espectral, cuyas inspiraciones fueron estos descubrimientos (Lai, 2008).

El comienzo de este cambio en el lenguaje musical y en la percepción comenzó en el siglo XIX con la aparición del análisis de sonido de Fourier de cualquier señal continua de sonido, dándole una caracterización física de todas y cada una de las señales. El sonido no es un núcleo sino un todo compuesto de partes distintas. Una señal es, por lo tanto, descompuesta en series de armónicos y el sonido es representado en la forma de una fórmula matemática.⁵⁸

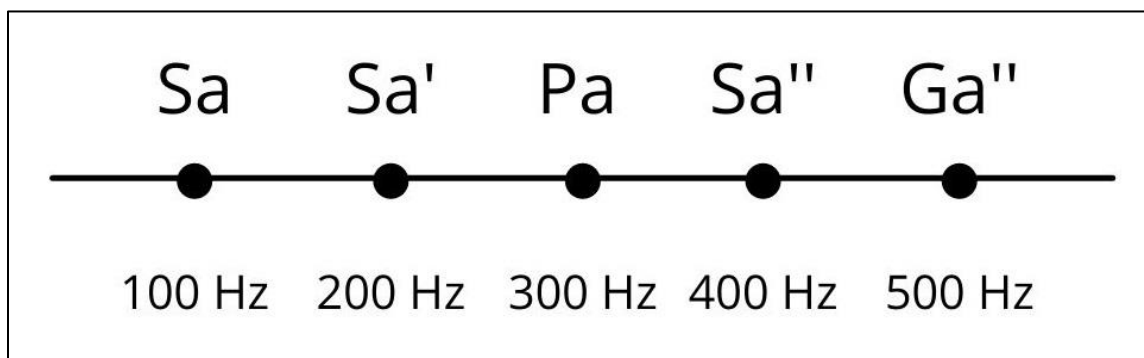
(Ruth, 1997)

Si bien la aproximación matemática del concepto de timbre es algo que se ha reforzado conforme al desarrollo de nuevas tecnologías para registrar el sonido, ¿por qué al tocar una tecla del piano se percibe una unidad sonora indivisible como una sola frecuencia?

Al hablar de altura tonal se hace referencia a una frecuencia determinada que el cerebro reconoce e interpreta como una nota o tono, esto implica el paso del sonido por el sistema auditivo (Yost, 2009). En la naturaleza no se encuentran ondas sinusoidales, es decir que se perciban como una sola frecuencia, las ondas sonoras sufren refracciones en el aire produciendo ondas acompañantes conocidas como armónicos que definen el timbre, Sangeeta Shankar (2020) establece una analogía con el caer de una gota en una superficie líquida, el punto donde cae la gota sería la frecuencia fundamental y las olas que se forman alrededor de este punto vendrían a ser los armónicos. Estos se forman a partir de los múltiplos enteros de la frecuencia fundamental (que es la de mayor amplitud) como se muestra en la Figura 6.

⁵⁸ “The beginning of this change in musical language and perception began in the 19th century with the appearance of Fourier’s sound analysis of any continuous sound signal, giving a physical characterization to each and every signal. Sound is not a nucleus but a whole, composed of different parts. A signal is therefore decomposed in series of harmonics and sound is represented in the form of a mathematical formula”.

Figura 6. Frecuencias de los primeros cinco armónicos en notación silábica de India⁵⁹.



(Shankar, 2020, reescrito por el autor.)

Los intervalos, en esencia, expresan la distancia entre dos frecuencias fundamentales, pero esta distancia no se expresa matemáticamente como una resta sino como la proporción de estas, la razón de las frecuencias es la que caracteriza el intervalo sonoro, de esta manera el intervalo entre 100 y 200 Hertz se considera ecuánime con el intervalo entre 200 y 400 Hertz y se les designa en occidente el nombre de *octava* a ambos. Entonces mientras se mantenga la relación proporcional de las frecuencias el intervalo, tanto en India como en occidente se considera el mismo. De esta manera los intervalos simples (entre el unísono y la octava) se hayan en una proporción mayor a 1:1 y menor a 2:1, por ende, el dominio⁶⁰ que define esta condición serían infinitos números reales distintos de cero. La elección de determinadas proporciones en la práctica varía de acuerdo a cada cultura⁶¹, no obstante, el estudio de la cuerda tensa es un elemento común entre la cultura de India, con la *vina* de Narada Muni o el *duocordio* de Bharata Muni y la cultura de Grecia (que se establece erróneamente como el punto de partida en el estudio de la musicología docta europea) con Pitágoras y el monocordio.

Al dividir la cuerda se tiene que la frecuencia fundamental es inversamente proporcional a la sección de la cuerda, es decir, si se divide la cuerda a la mitad la frecuencia será el doble (Oke, 2018). Los números primos establecen patrones en la naturaleza como describe Gunasekara (2015) y la serie de armónicos constituye un fenómeno claro de esto, ya que al

⁵⁹ Véase Capítulo 2.3.2

⁶⁰ Los números posibles para que la función se cumpla.

⁶¹ Véase Gustavo Basso citado al pie de página por Eduardo Rodríguez, p.3, 2009.

dividir equivalentemente la cuerda en los tres primeros primos (2,3,5) se conforma lo que se llama en los tratados de armonía occidental como el acorde perfecto⁶².

En una cuerda sometida a una tensión constante es imposible producir frecuencias más bajas que la fundamental de su sonido al aire, al dividirla en cualquier razón la frecuencia resultante siempre será mayor, es por esto los intervalos calculados se les considera ascendentes, o hacia arriba. Para hallar la frecuencia fundamental de la superposición de dos intervalos ascendentes iguales o distintos se multiplican sus fracciones, obteniéndose así una razón nueva, por ejemplo, en el sistema diatónico occidental la quinta de la quinta de *do* es *re*, si consideramos la quinta ascendente como $\frac{3}{2}$ veces la frecuencia fundamental, la quinta de la quinta sería el cuadrado de esta o sea $\frac{9}{4}$ veces la fundamental. Luego para hallar la longitud de la cuerda vibrante del intervalo resultante se debe considerar que están en una relación de proporcionalidad inversa con la frecuencia, por esto se utilizan las fracciones invertidas de forma tal que la quinta ascendente se halla en una cuerda resultante de longitud $\frac{2}{3}$ veces la longitud de la cuerda al aire, la quinta de la quinta por consiguiente se calcula multiplicando nuevamente por el inverso de la fracción, es decir, $\frac{2}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{9}$ de la longitud de la cuerda al aire. En síntesis, el movimiento de intervalo ascendente se puede asociar a una multiplicación y el intervalo descendente como una división, que dada las propiedades de las operaciones básicas con fracciones es equivalente a multiplicar por el recíproco⁶³.

En musicología se habla de la inversión de los intervalos de forma que (de acuerdo al 12-TET) los unísonos y octavas no tienen inversión o invierten en sí mismos, los intervalos mayores invierten en menores y viceversa (terceras, sextas y séptimas), justos en justos (cuarta y quinta) y los aumentados invierten en disminuidos. Esto quiere decir que si una altura tonal A forma un intervalo ascendente con B, tal que la frecuencia fundamental de A < B, se considerará la inversión como el intervalo ascendente desde B hasta A', de manera que la relación entre las frecuencias fundamentales sea frecuencia de A' = 2 frecuencia de A.

Si se analiza el proceso matemático de la inversión de los intervalos se puede representar como la siguiente ecuación simple:

⁶² En occidente se compone de la nota fundamental, la tercera mayor y la quinta justa. En el sistema de 22 *shrutis* se cifra S: G1:P.

⁶³ El recíproco de una fracción se obtiene al invertir el valor de numerador con el denominador.

$$\text{Fracción intervalo ascendente} \times \text{Fracción inversión} = 2 \times \text{fracción de la cuerda total} \quad (1)$$

Si se despeja la fracción de la inversión quedaría:

$$\text{Fracción inversión} = 2 / \text{fracción intervalo ascendente}$$

Si utilizamos la información de la Figura 6, si se desplace en un intervalo ascendente desde Sa' a Pa significa que la relación entre la frecuencia de llegada y la inicial es 300:200 Hertz que simplificado es 3:2, luego para obtener su inversión se reemplaza en la ecuación anterior:

$$\text{Fracción inversión} = 2 / (3/2) = 2 \times 2/3 = 4/3$$

Se tiene por consiguiente que la fracción de la inversión representa el intervalo ascendente entre P y Sa''⁶⁴. En cualquier sistema de organización de sonidos definidos⁶⁵ que se establezca la relación 2:1 como criterio para considerarse la misma altura tonal y recibir el mismo nombre en el sistema diatónico se tiene que mantiene una relación dada por una constante de valor 2^n , donde n puede tomar cualquier número natural y si vale 0 es porque la frecuencia no puede ser menor al rango auditivo humano, o sea que en la práctica musical se puede expresar la altura tonal de la siguiente manera:

$$\text{Altura tonal} = 2^n \times \text{frecuencia fundamental}$$

Luego se puede inferir que:

$$20 \text{ Hertz} < (2^n \times \text{frecuencia fundamental}) < 20.000 \text{ Hertz}$$

Entonces si consideramos esta definición de altura tonal se puede establecer que el número de intervalos simples ascendentes posibles entre una altura tonal A y una altura tonal B está dado por la siguiente inecuación:

$$1 < \frac{B}{A} < 2$$

⁶⁴ Pese a que en la figura 6 la frecuencia 400 Hertz se lee Sa', debiese considerarse como Sa'' ya que cuando Shankar (2020) se refiere a las duplicaciones de la frecuencia fundamental utiliza los nombres Sa, Tara Sa y Ati Tara Sa. No debe confundirse pensando que la frecuencia entre el cuarto armónico y el segundo son la misma, tienen la misma altura tonal pero no la misma frecuencia.

⁶⁵ El concepto de *Nada* según Oke (2018).

El valor de B sobre A puede ser un número racional o irracional y como más adelante se ejemplificará, esta división es lo que marca la diferencia esencial entre los temperamentos iguales y el sistema de 22 *shrutis*.

La resta de B y A puede ser malinterpretada como lo que define el intervalo, pero hay que recordar que el intervalo lo define $\frac{B}{A}$ ya que, hay que considerar que existe una implícita multiplicación por una constante 2^n , entonces la resta de B menos A varía de acuerdo a n , siendo 1 el valor mínimo que puede tomar. Por ejemplo, si consideramos $\frac{B}{A} = \frac{3}{2}$, el valor mínimo que pueden tomar B y A para que el oído humano lo perciba como altura tonal es 30 y 20 Hertz, luego si el valor de n es 2, B' y A' serán 60 y 40 Hertz respectivamente. De esta forma el intervalo de B y A es el mismo que el de B' y A' pero la resta de B' menos A' es el doble que la resta de B menos A. Se desprende por lo tanto que la distancia en Hertz de B y A depende de la relación $(2^{n+1}) = 2 (B - A)$ Hertz. Dicha resta, como se dijo, no define el intervalo, pero puede ser útil al analizar casos sudamericanos como los silbatos dobles que describe Gérard (2008)⁶⁶, ya que cuando el valor tiende a ser ligeramente mayor a cero se produce lo que describe como *batimiento* o *pulsación*, donde se refuerza la resta de B menos A en la percepción auditiva. Kamat (2014) describe que la ornamentación⁶⁷ en la música clásica de India genera un efecto tridimensional, esto es una constante si analizamos la importancia del *vibrato* en los instrumentos melódicos de la orquesta docta europea, o en el mismo caso del batimiento en los instrumentos andinos. La medición de este factor en la práctica de la composición musical se le ha dejado al instrumentista, remitiéndose solamente si es el caso a escribir en palabras *con* o *sin vibrato* en la partitura.

Cabe agregar que como plantea Neely (2020) existe un punto de encuentro entre la altura tonal y el sonido percutido, esto se puede experimentar al generar en un *software* de procesamiento de audio un ciclo repetitivo constante de una percusión con altura indefinida⁶⁸,

⁶⁶ Véase *sonidos ondulantes en silbatos dobles*, A. Gerard, 2008. Este caso debiese ser de alta relevancia para un compositor chileno ya que el Museo Chileno de Arte Precolombino conserva diversos ejemplares de estos instrumentos.

⁶⁷ Véase el video titulado *Ep 6: Alaankar (ornamentation) in Indian Music* donde Anuja Kamat describe y demuestra con el canto seis ornamentaciones propias de la música de India: *Meend*; *Khatka*; *Zamzama*; *Murki*; *Andolan* y *Gamak*.

⁶⁸ Véase el concepto de *dwani* en el capítulo 2.3.1

si esta señal se acelera de manera tal que se ubiquen 440 golpes equidistantes en el intervalo de 1 segundo la percepción de altura tonal del auditor será la del sonido La = 440 Hertz. Si este principio se aplica en intervalos armónicos⁶⁹ se observa que la esencia del concepto de intervalo armónico colinda con el concepto de polirritmia⁷⁰.

Por ejemplo, si reproducimos una altura tonal de 440 Hertz y lo asumimos como que fuera el cuarto armónico de una serie con frecuencia fundamental 110 Hertz, al superponerle el quinto armónico de frecuencia 550 Hertz se genera una razón en la frecuencia de 550:440 que al simplificar como fracción irreducible sería 5:4. Entonces si se analiza esto en un intervalo de tiempo de 1 segundo se puede interpretar que existen 110 unidades de la polirritmia 5:4⁷¹. Si escribiéramos esto como quintillos de semicorchea contra cuatro semicorcheas, el valor de la negra se calcula como $110 \times 60 \text{ segundos} = 6600 \text{ bpm}$ ⁷², valor que es de nula utilidad práctica para que un instrumentista lo ejecute pero que se puede considerar en las técnicas de recolección de datos que involucre tecnología actual del siglo XXI en el análisis de grabaciones. Una demostración de esto es el caso del software de edición de audio *Reaper*, ya que posee una herramienta para controlar la tasa de reproducción⁷³, el valor neutro es 1.0, si a este se le adjunta un valor de negra constante igual a 100 bpm entonces al desplazarse a 0.5 la misma negra va a valer 50 bpm. Luego, como son directamente proporcionales el pulso con la frecuencia fundamental⁷⁴ también decrecerá en la misma razón, por eso el desplazamiento diatónico será el de una octava descendente.

⁶⁹ Dos alturas tonales simultáneas; si son más se da una relación de proporcionalidad compuesta.

⁷⁰ Entiéndase como la superposición de dos figuras rítmicas constantes distintas, se suele pensar que una de estas figuras debe ser irregular en la división del compás, pero en rigor esto no necesariamente es así, ya que, si en un compás de cifra 3/4 superponemos una blanca con punto y tres negras, la relación 3:1 es una polirritmia con figuras regulares que, aunque sea simple de ejecutar cumple con los requisitos. Esto radica en la diferenciación entre los conceptos de ritmo y métrica, dado que la métrica compete a la forma de agrupar el ritmo, el concepto de ritmo es más amplio. Si hacemos una analogía con el cálculo, el comportamiento del ritmo en un intervalo de tiempo vendría a ser equivalente a la ecuación integral y el compás vendría a ser su ecuación derivada.

⁷¹ En música generalmente se lee *cinco contra cuatro*.

⁷² Del inglés *beats per minute*; en español *pulsaciones por minuto*.

⁷³ En inglés *playback rate*.

⁷⁴ No así en el caso del control de la tasa de reproducción de Youtube donde el objetivo del algoritmo es conservar la altura tonal.

2.1.1.1 Intervalos puros.

El concepto de intervalo puro, como plantea Elam Rotem⁷⁵ va más allá de la estética, o de un factor sociocultural porque tiene que ver con un principio físico de la naturaleza, acota:

“(…) si dos sonidos se mezclan y no puedes decir si hay dos notas simultáneamente o si es solo un sonido significa que están puramente afinados. Esta estabilidad y calma de los intervalos puros puede ser escuchada más evidentemente cuando se afinan unísonos, octavas, quintas, cuartas y terceras mayores”.

(Rotem, 2016, min.2’20. Traducido por el autor⁷⁶)

Esta sensación, como confirma Oke (2018) se establecen en la cuerda tensa en las relaciones fraccionarias simples⁷⁷, vale decir, a las relaciones que estén en concordancia con la serie de armónicos, especialmente en los cinco primeros armónicos, los sistemas que consideran esto como la base de su construcción se dice que están dentro de un sistema de límite cinco⁷⁸. Una manera de experimentar y respaldar la importancia de los cinco primeros armónicos en la formación de intervalos puros es posar un dedo sobre una cuerda tensa de manera que apague la vibración de la cuerda y desplazarlo por toda su longitud se produce un crecimiento de amplitud considerable solo en estas cinco divisiones

Ante esto Rodríguez (2002) contrasta planteando que los sistemas que priorizan el uso de intervalos puros no debiesen ser considerados como más naturales o antinaturales, sino que se remite a un criterio estético propio de un estilo, esto siempre quedará a criterio del lector, ya que como describe Daniélou (1949), en India se tiene información ancestral sobre los intervalos que se producen en los sonidos de los animales, bajo este hecho se demostraría que los intervalos puros están en la naturaleza y tienen una cualidad que se condice con lo que plantea Rotem (2016) sobre el efecto de estabilidad que se produce, por ejemplo, al escuchar el canto de los pájaros, que en occidente Vivaldi en su obra *Primavera* intentó imitar. Aunque implique subjetividad hablar de lo estético de lo natural, es importante

⁷⁵ Especialista en música europea del renacimiento, además es gestor de videos en la plataforma Youtube donde discute temas relacionados con afinación y temperamentos occidentales.

⁷⁶ “If two sounds blend together and you can’t really tell whether there are two notes sounding simultaneously or whether it’s just one sound, it means that they are purely tuned. The stability and calmness of pure intervals can be heard most evidently when tuning unisons, octaves, fifths, fourths and major thirds”. (*Tuning and Temperaments in the Renaissance – PART I*. Minuto 2:20.)

⁷⁷ En inglés *simple ratios*.

⁷⁸ En inglés *5-limit tuning system*.

considerar las resonancias discursivas que tiene la imitación de la naturaleza en las artes, como en la pintura lo ha sido pintar frutas, paisajes, cuerpos, así como en las esculturas de Miguel Ángel, esto porque el uso de intervalos puros en la música ha cargado en occidente, al menos en los últimos doscientos años con el paradigma de no ser útiles.

2.1.1.2 Intervalos impuros.

Los intervalos impuros son aquellos que a diferencia de los intervalos puros no pueden ser reconocidos por el oído humano, sino que solo pueden ser medidos exactamente con la ayuda de máquinas (Rotem, 2020). La razón entre frecuencias fundamentales en los intervalos impuros son números irracionales como la raíz cuadrada de dos, que es la razón entre dos alturas tonales a distancia de tritono en el 12-TET, de manera simple, a distancia de seis teclas en el piano la polirritmia que se genera entre ambas ondas fundamentales es de $\sqrt{2}:1$, dado que al multiplicar esta razón por sí misma se obtiene una relación 2:1, es esta la razón por la que se dice que el tritono divide a la octava en la mitad y que invierte en sí mismo, pero esto debe considerarse como una relación adjunta a un sistema que funciona en base a intervalos impuros.

2.2 Sobre *afinación y temperamento*.

“Temperar” es algo así como “desafinar convenientemente” una serie de consonancias para que surjan escalas practicables, llegando a un compromiso entre consonancias incompatibles para que la práctica sea posible. No hablamos de “temperamento pitagórico” o “temperamento justo” que sería una contradicción, así como no decimos “afinación mesotónica”. Como diría Tartini a mediados del siglo XVIII, se trata de “deformar las razones de forma razonable” y, como es de esperar, las posibilidades de “desajuste” son múltiples.

(Goldáraz, p.15-16, 2004)

Esa contradicción que describe Goldáraz de llamarle temperamento a los sistemas basados en intervalos puros es cuestionable y es parte del paradigma occidental sobre el uso de intervalos puros, lo que considera como *escalas practicables* están dirigidas a la capacidad de modular a tonalidades lejanas en un instrumento de doce teclas, ya que como señala Rodríguez (p.7, 2002) existen casos como el de Hermann Helmholtz, donde cuenta que al solicitarle a un violinista ejecutar escalas mayores, comprobó en su medición que los intervalos se aproximaban más al sistema de afinación justa que al sistema de temperamento igual, es decir, que la tercera mayor se aproximaba a una razón de 5:4, como en la relación del quinto con el cuarto armónico de la serie.

Por otra parte, el temperamento de acuerdo a Chuaqui (2020) es un sistema que define todas las razones de los intervalos dentro de una octava. Autores como Nahuel I. Arca (2015) describen matemáticamente temperamentos que no consideran la octava como la misma altura tonal, sin embargo, para efectos de esta investigación bastará con la definición de Chuaqui que es más amplia y no se remite al concepto de consonancia o disonancia, entiéndase además lo *razonable* de la desafinación que menciona subyace un filtro historio geográfico europeo en cuanto a que excluye la posibilidad de tratar la relación entre el número de grados diatónicos en un número que no sea 12, como son los 22 shrutis⁷⁹.

Si se considera que no es necesario sacrificar consonancias para establecer un *temperamento* se remite a las infinitas formas que hay de dividir una octava, entonces la afinación supone ser la disminución de la magnitud cuantificable de error o discordancia entre los valores de la matriz del temperamento y la matriz de la extracción de sinusoidales de una interpretación musical, dicho de otra forma, qué tan perfecto puede un instrumentista reproducir un sistema de organización de frecuencias en su instrumento. Existe, por consiguiente, un concepto de consonancia dado por las relaciones que se dan en la serie de armónicos que es una matriz dada por la naturaleza, y existe un concepto de consonancia que varía de cultura en cultura y concuerda en mayor o menor medida con la matriz natural pero que debe entenderse dentro de ella. Al analizar la afinación de una muestra musical es imprescindible la elección adecuada de la *matriz temperamental*⁸⁰, de

2.2.1 La afinación pitagórica.

Las tres consonancias importantes de la música en Grecia son: la octava o *diapason* (a través de todas las notas), quinta o *diapente* (a través de cinco) y cuarta o *diatessaron* (a través de cuatro). El término griego *dia-pason* expresa mejor que el de *octava* el hecho acústico de que en la octava están todas las notas, es decir, cualquier intervalo que supere la octava puede introducirse en ésta. No hay, por otra parte, una consonancia menor que la cuarta.

(Goldaráz, p.21, 2009)

⁷⁹ En su sitio web Dr. Vidyadhar Oke no utiliza la palabra temperamento para referirse a los 22 *shrutis*, puede ser probablemente porque en India la palabra inglesa *tempered* se asoció desde finales del siglo XIX al temperamento igual 12-TET que, como él describe, no tenía aceptación mayoritaria por parte de los cantantes clásicos indios. No obstante, en el capítulo 5.1 cuando se mencione el concepto de multitemperamento, se utilizará la versión más amplia del concepto con que concuerdan Chuaqui y Rotem.

⁸⁰ Entiéndase este concepto como la relación entre grados diatónicos (que en India está dado por la relación 7 que se dividen en 12 y que se vuelven a dividir en 22) y las sinusoidales expresadas en Hertz o en fracciones en el caso de temperamentos

Pitágoras (siglo VI. a.C.) estudió en el *monocordio* la razón 2:1 como conservador de la altura tonal y bajo este principio comprendió que cualquier intervalo se podría obtener dentro de la octava o *diapason* dado que cualquier intervalo que supere esta puede hallar su equivalente dentro de la proporción de la cuerda que sea mayor a 1:1 y menor a 2:1.

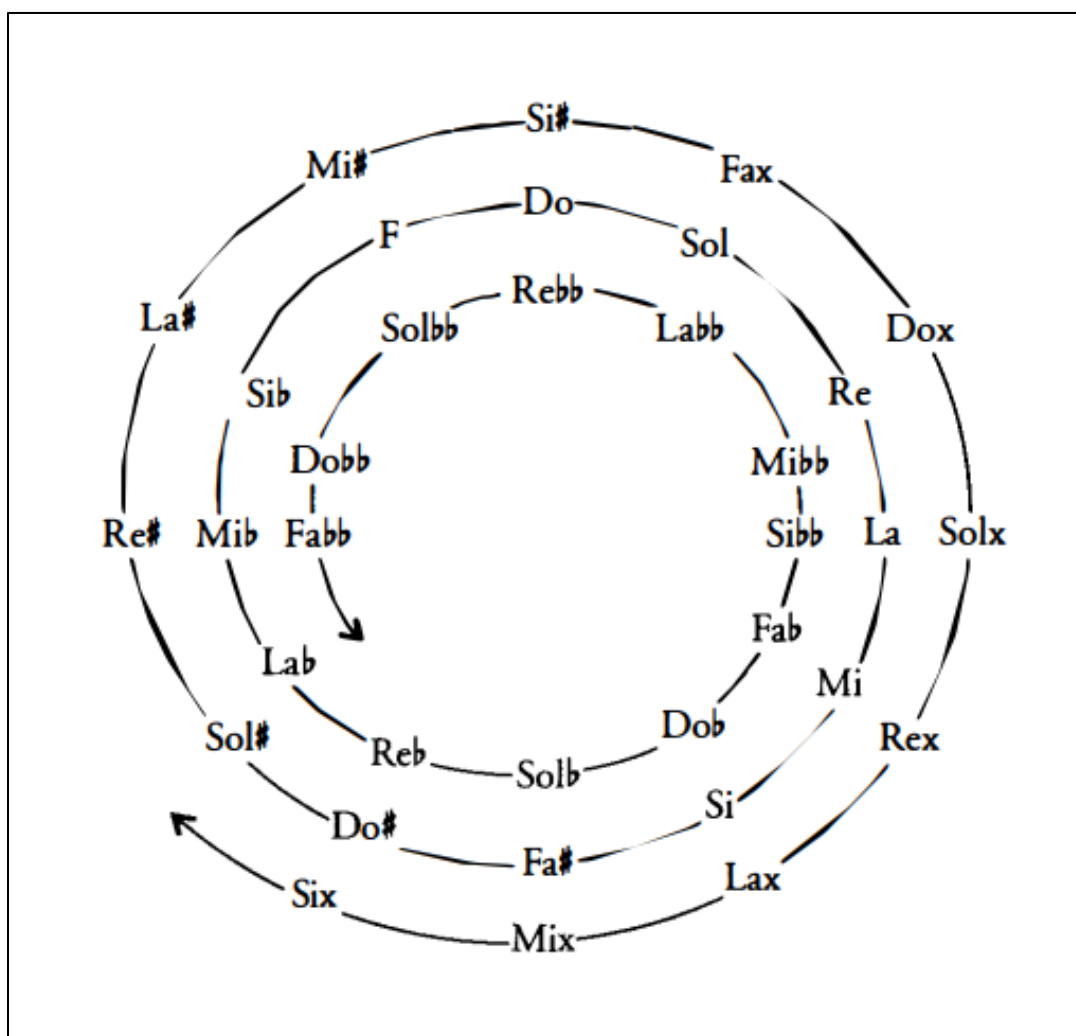
La metodología que utilizó Pitágoras para determinar los siete grados de la escala diatónica fue el de superponer intervalos de razón 3:2 (2:3 en la medida de la cuerda vibrante) de forma consecutiva cinco veces de forma tal que se considera en la escala la nota de inicio en la razón 1:1, luego 3:2, 9:8, 27:16, 81:64, 243/128. Este tratamiento de los intervalos se puede expresar como $(\frac{3}{2})^n$ donde n en este caso toma un valor entero de 0 a 5.

El *error pitagórico* como lo describe Oke radica en que al superponer de manera consecutiva intervalos de quinta (3:2) la altura tonal de llegada difiere de la de partida si se sitúa su equivalente dentro de la distancia de octava (2:1) de forma que $(\frac{3}{2})^{12} > \frac{2}{1}$ y si, en cambio, superponía cuartas (4:3, inversión de 3:2), llegaba a un valor inferior de forma que $(\frac{4}{3})^{12} < \frac{2}{1}$. Estos intervalos solo eran considerados consonantes y expresivos cuando fuesen interpretados en una *monodia*, como describe Goldáraz (2009) con el intervalo de tercera de razón 81:64 que no era considerado consonante en armonía pero que tenía expresividad si resolvía ascendentemente a la cuarta (4:3)⁸¹.

La *escala pitagórica* es importante para comprender los 22 *shrutis* ya que, como señala Oke, presenta de forma escondida la definición matemática de *Purna shruti*, un intervalo que en occidente es conocido como la *limma pitagórica* equivalente a la proporción 256:243, en el espiral de quintas de la Figura 7 es la distancia simplificada entre *Do* y *Si#*, que no debe ser llamado semitono pitagórico porque técnicamente no representa la mitad del tono de razón 9:8 (Goldáraz, p.36, 2009).

⁸¹ Nótese más adelante que este desplazamiento existe los 22 *shrutis* y se da entre G2 y M1.

Figura 7. Espiral de quintas puras.



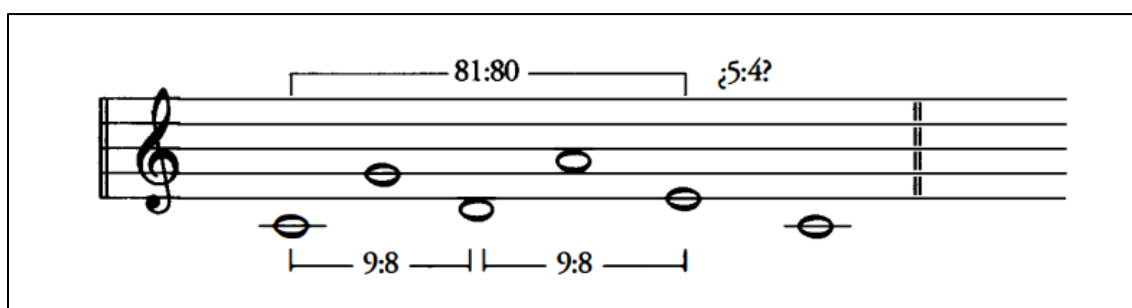
(Goldáraz, p.54, 2009)

2.2.2 La afinación justa.

De acuerdo a Rodríguez (2002) la afinación justa es un sistema que deriva de la serie de armónicos (particularmente en los cinco primeros, o sea con octavas, quintas y terceras puras) y que genera intervalos armónicos libres de batimento. El problema de la entonación justa para Goldáraz (2009) es que pretende combinar quintas y terceras puras en el movimiento melódico, pero posee una naturaleza inestable dado que al priorizar los intervalos puros en ciertos movimientos melódicos la altura tonal con función de tónica se ve comprometida a variar. Esto es por la discrepancia entre la tercera pitagórica (81:64), cuya proporción que se halla al superponer cuatro quintas puras (3:2) y descender dos octavas (2:1), y la tercera pura

(5:4) obtenida en la relación del quinto armónico con el cuarto. Zarlino sostenía que los intervallos puros eran parte de la naturaleza y por ende no eran aleatorios (Goldáraz, 2009), pero debido a este problema de rigidez compositiva que genera el conflicto de preservar una tónica con altura tonal fija y mantener los movimientos intervállicos afinados es que se originaron los temperamentos irregulares que empezaron a reducir la quinta pura en la menor distancia con el fin de ampliar las posibilidades de desplazamiento melódico y también para dar cabida a la posibilidad de que uno de estos grados de la escala pueda convertirse en algún pasaje en la nueva tónica y que no genere disonancias con batimento en los once grados diatónicos restantes.

Figura 8. Discrepancia entre la tercera de la serie de armónicos y la tercera pitagórica.



(Goldáraz, 2009, p.67)

Como tanto la afinación justa como los 22 *shrutis* originan sus intervallos utilizando los cinco primeros armónicos de la serie sucede que el sistema indio posee 91,667 % de los intervallos de la afinación justa como lo muestra la Tabla 2, siendo el grado *si bemol*, equivalente en el grado *komola Ni* divisible en los *shrutis* n1 (16:9) y n2 (9:5) el único que no coincide en ambos sistemas.

Tabla 2.

Intervallo desde C a C'	Razón en afinación justa	<i>Shruti</i> respectivo
C	1:1	S
C#/Db	16:15	r2
D	9:8	R2

D#/Eb	6:5	g ²
E	5:4	G ¹
F	4:3	M ¹
F#/Gb	45:32	m ¹
G	3:2	P
G#/Ab	8:5	d ²
A	5:3	D ¹
A#/Bb	7:4	no tiene
B	15:8	N ¹
C'	2:1	S'

(Generada por el autor.)

2.2.3 Temperamentos irregulares.

En el intersticio entre la *afinación justa* y el 12-TET se encuentran los temperamentos irregulares cuyo uso en la actualidad se remite a la interpretación de música europea antigua, son denominados irregulares porque no todos los doce grados diatónicos conservan la pureza de sus quintas como describe Goldáraz a continuación:

A diferencia del sistema anterior, que es regular, aparecen a lo largo del siglo XVI y principios del XVII una serie de temperamentos prácticos, sin gran elaboración teórica, que mantienen, como en el anterior, la quinta corta *Si-Solb* pero modifican otras quintas para conseguir más terceras justas. Son por tanto temperamentos irregulares, que a veces emplean la división del comma pitagórico, otras el sintónico, pero en cualquier caso el objetivo es el mismo: tener mayor cantidad de consonancias entre las notas más usuales, algo que heredarán los afinadores alemanes del Barroco.

(Goldáraz, 2004)

Cuando dice las *notas más usuales* se refiere a las tonalidades que se aproximan a *do* en movimientos por quintas siendo las tonalidades más cercanas *sol*, a una quinta ascendente, y *fa*, una quinta descendente, según Rotem esta función transitoria que involucraba graficar

una alteración a la armadura se conocía en el renacimiento europeo como *cantus durus* si utilizaba *fa sostenido* y *cantus mollis* si utilizaba *si bemol*.

2.2.4 El 12-TET.

El temperamento 12-TET tiene su origen en China según Oke (2008) y se popularizó en Europa cuando se acentuó el uso de modulaciones cromáticas no al estilo de Bach⁸² sino como al estilo de Wagner según Chuaqui (2020).

Es un temperamento igual, entiéndase este como aquel donde existen n divisiones de la octava de manera que existe una sola fracción que da origen a todas las distancias, esta se obtiene como $\sqrt[n]{2}$, en este caso n vale 12, que con el fin de amplificar la distancia relativa a estos puntos se amplifica por cien dando origen a la medida unitaria *cents* que se define como $\sqrt[1200]{2} = 1 \text{ cent}$. La unidad *cents* se origina en el temperamento igual dada por la relación $\sqrt[1200]{2} = 1 \text{ cent}$, de manera que cada semitono se divide en cien proporciones equidistantes de manera que $(\sqrt[1200]{2})^{100} = \sqrt[12]{2}$. Dada la ecuación $\frac{f_1}{f_2} = 2^{\text{cents}/1200}$, la unidad *cents* se puede despejar⁸³ como $\text{cents} = 1200 \left(\frac{\ln \frac{f_2}{f_1}}{\ln 2} \right)$, de forma que una quinta pura de relación 3:2 no es equivalente a 702 cents como lo aproximan múltiples autores como Lentz (1961) sino que, aplicando la fórmula antes dicha, es equivalente a 701.9550008653874 cents. Esto demuestra que es poco útil utilizar la unidad *cents* fuera del 12-TET y sucede que, en la actualidad, se ha asumido como completo el lenguaje que se popularizó en el *espectralismo* de Grisey (1946-1998) que utiliza proporciones interválicas menores al semitono de 100 cents como tercios, cuartos, sextos u octavos de semitono o incluso variaciones de pocos cents en valores naturales, y se cree erróneamente que esta ampliación es apta para abordar la microtonalidad de cualquier matriz numérica externa al 12-TET

⁸² Se suele asumir que el 12-TET se popularizó con Bach, sin embargo, de acuerdo a Chuaqui (2020) no existen pruebas contundentes de ello y se dice que *El clavecín bien temperado* estuvo pensado para ser reproducido por un *buen temperamento* (*Wohltempiert* en alemán) y no por un *temperamento igual*. Broekaert (2019) señala que Bach fue formado con la afinación mesótonica (*meantone temperament* en inglés).

⁸³ Para calcular la relación en cents de dos sinusoidales cualesquiera dirigirse a: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Music/cents.html>

En Chile, se suele asumir en materias de armonía u orquestación que el 12-TET reproduce los intervalos de la serie de armónicos, pero hay que considerar que en realidad solo se aproxima a ella. Como se aprecia en la Tabla 3 no existe ningún intervalo además del unísono y la octava que coincida, y esto es porque hecho de que el temperamento sea igual implica una raíz duodécima de dos que significa un número irracional que tendría infinitos dígitos en un patrón irregular si se escribe como fracción. Cabe agregar que el concepto de enarmonía, entiéndase como la asignación de distintos nombres como grado diatónico a un mismo sonido, solo aplica para el temperamento de quinta 700 *cents*, ya que los sostenidos y bemoles surgen como indicación del desplazamiento por quintas puras de forma ascendente y descendente respectivamente que no conectan con la tónica como un círculo, sino que se forman un espiral.

Tabla 3. Proporciones entre las fundamentales de los doce grados en afinación justa y 12-TET.

Intervalo	Afinación Justa	12- TET
Unísono (1)	$1/1 = 1$	1
Segunda menor (b2)	$16/15 = 1.067$	1.059
Segunda mayor (2)	$9/8 = 1.125$	1.122
Tercera menor (b3)	$6/5 = 1.2$	1.189
Tercera Mayor	$5/4 = 1.25$	1.26
Cuarta Justa	$4/3 = 1.333$	1.335
Tritono	$45/32 = 1.406$	$1.414 = 2^{1/2}$

Quinta Justa	$3/2 = 1.5$	1.498
Sexta menor	$5/3 = 1.667$	1.587
Sexta Mayor	$8/5 = 1.6$	1.682
Séptima menor	$16/9 = 1.778$	1.782
Séptima mayor	$15/8 = 1.875$	1.888
Octava	$2/1 = 2.0$	2.0

(Oke, 2008)

La imperfección del 12-TET, tanto por Oke (2008) como por Rodríguez (2002), radica en la incapacidad de reproducir el acorde triádico perfecto de tercera y quinta en la proporción de la serie de armónicos de forma que la proporcionalidad compuesta entre las tres alturas tonales debería ser 100:125:150 y es por defecto 100:126:149.8; esto genera que la tercera mayor aumente su distancia y que la tercera menor la disminuya, dado que $100:126 > 4:5$ y que $126:149.8 < 5:6$. De las proporciones del acorde perfecto se obtiene la fracción de la tercera mayor, tercera menor, sexta mayor y menor como inversiones de las terceras, quinta justa y la cuarta como su inversión. Como la quinta de 700 *cents* está levemente disminuida en comparación a la quinta de proporción 3:2, la cuarta está levemente aumentada de forma que $149.83:200 > 3:4$.

Tabla 4.

Nota	<i>Cents</i> exactos en 12-TET	<i>Cents</i> aproximados en 22 <i>shrutis</i>

C#/Db (r1; r2)	100	90; 111
D (R1; R2)	200	182; 204
D#/Eb (g1; g2)	300	294/ 315
E (G1; G2)	400	386; 408
F (M1; M2)	500	498; 519
F#/Gb (m1; m2)	600	590; 612
G (P)	700	702
G#/Ab (d1; d2)	800	792; 813
A (D1; D2)	900	884; 906
A#/Bb	1000	996; 1017
B (N1; N2)	1100	1088; 1110
C (S')	1200	1200

(Oke, 2018)

El aproximar una matriz externa al 12-TET mediante la unidad adimensional *cents* lleva a valores con muchos decimales, por esto autores como Lentz (1961) o el mismo Dr. Oke (2018) lo han aproximado para simplificar la distancia en valores enteros, pero debe siempre considerarse como una aproximación y para programar un piano digital en una matriz como

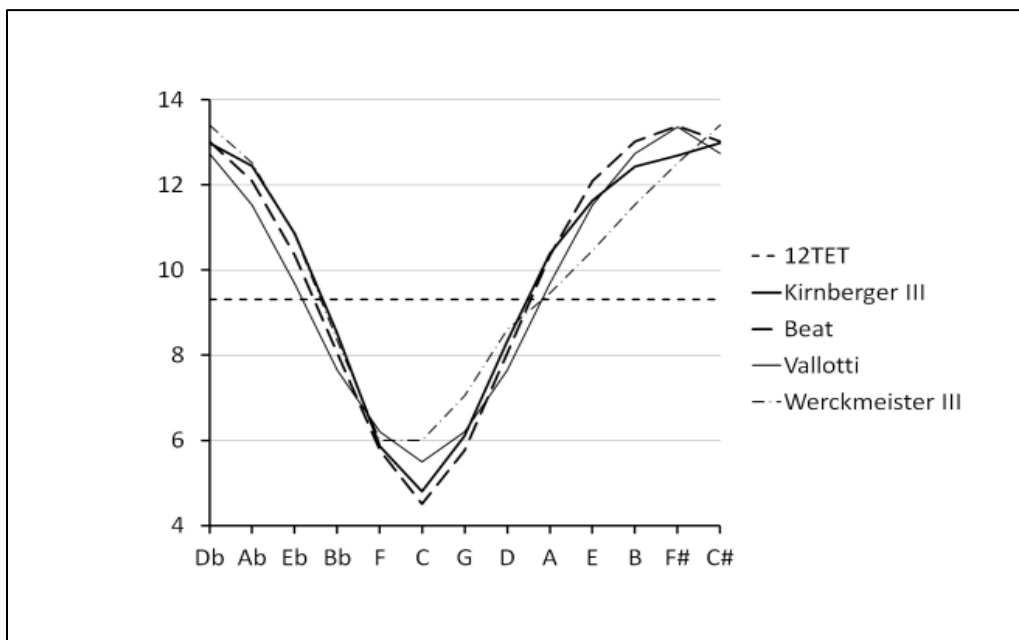
la de los 22 *shrutis* es más preciso calcular la diferencia de sinusoidales que la diferencia en *cents* con los valores de la Tabla 4, esto porque en programas computacionales como Melodyne el algoritmo aproxima valores enteros en *cents*, no admite tantos decimales como se requiere para lograr una quinta pura (3:2), sino que se aproximará o a 702 *cents* o a 701 en su defecto.

En síntesis, el 12-TET surge con la finalidad de cerrar forzosamente el círculo de quintas en la doceava nota y de esta manera se sacrifica la consonancia tal que cualquiera de estas doce notas puede ser eventualmente la tónica y dispone de las mismas consonancias. Este sacrificio de la consonancia pura se hizo con el criterio de que lo que se resta de la quinta es lo suficientemente poco como para que un oído entrenado lo acepte como consonante. El intervalo que más sufre esta modificación es la tercera mayor que se encuentra aproximadamente 14 *cents* aumentada, esto genera que la tercera mayor se encuentre disminuida en la misma distancia de manera que dichas proporciones se encuentran en medio de los 2 *shrutis* correspondientes al grado respectivo, por ejemplo, el *mi bemol* (Eb) de 300 *cents* se ubica entre el *g1* de 294 *cents* y el *g2* de 315 *cents*. Por esta razón de acuerdo a Chuaqui (2020) en el barroco se priorizaron otros sistemas de afinación como el de Valotti, Kirnberger III o Werckmeister III, ya que como muestra la Figura 7, la impureza diatónica para la nota *do* es mayor en el 12-TET pero al modular a tonalidades lejanas la impureza es menor comparados con los *temperamentos buenos* que tenían ese aspecto defectuoso y que significó que quedaran en la historia y se remita su uso hoy en día a la interpretación de música de ese periodo.

Cabe agregar que el 12-TET y sus derivados son los únicos temperamentos que admiten el concepto de enarmonía, ya que, como muestra la Figura 7, las alteraciones sostenido y bemol no colindan en ningún punto de la espiral de quintas puras, solo al acortar la quinta pura a distancia de 700 *cents* se puede establecer una circunferencia entre los doce grados diatónicos.

El 24, 36-TET y 72-TET responden a una discrepancia más o menos similar al 12-TET con los intervalos puros en sus grados diatónicos, no es posible reproducir quintas ni terceras puras con ninguna de estas matrices.

Figura 9. Impureza diatónica de algunos *temperamentos buenos*⁸⁴ populares y el 12-TET.



(Broeckaert, 2019, p.18)

Siendo los valores originarios $\sqrt[12]{2}$; $\sqrt[24]{2}$; $\sqrt[36]{2}$ y $\sqrt[72]{2}$ respectivamente se podrían ver como variaciones de una misma matriz temperamental $\sqrt[12n]{2}$ donde n vale 1, 2 y 3 y 4. De esta forma los temperamentos iguales no son prácticos para efectuar transcripciones sobre fuentes sonoras que reproduzcan intervalos puros, ya sea de límite 5, 7 o 13.

Una de las causas, si es que no la principal, del decaimiento del sistema de armonía tradicional docta europea a principios del siglo XX con las vanguardias seriales y postseriales, puede ser la imperfección misma del acorde perfecto, ¿será que el batimento, negligible para los defensores del 12-TET, producido entre los armónicos de una fundamental y el acorde perfecto del temperamento igual generó un efecto inconsciente de agotamiento en el oyente? Ante esto Rodríguez (2002) señala lo siguiente:

Es interesante destacar las observaciones que Paul Hindemith escribió en el marco de la polémica sobre la música dodecafónica en donde afirma que la disolución del sistema tonal ocurre a partir de la adopción del sistema de temperamento igual. Sin estar de acuerdo con su postura conservadora en contra del dodecafonismo no podemos dejar de coincidir en lo que respecta a la influencia destructiva que el sistema de afinación en temperamento igual causó a la música tonal.

⁸⁴ *Well-temperaments* en inglés.

Esta música es fundamentalmente jerárquica, la perfección de las consonancias (especialmente las terceras) es oscurecida por el temperamento igual. Del mismo modo la relación consonancia – disonancia pierde polaridad lo cual produce un empobrecimiento de los códigos del mismo sistema.

(Rodríguez, p.7-8, 2002)

Un respaldo de esta idea es el protagonismo progresivo que cobra la disonancia dura ya sea en intervalos de segundas menores, tritono, sexta menor y séptimas mayores, dentro de la estructura armónica en el repertorio docto europeo desde el tratamiento de la disonancia de Bach, luego el acorde de tónica en cuarta y sexta explotado en el clasicismo, la exacerbación del cromatismo en el romanticismo, las escalas exóticas y la modalidad del impresionismo y luego la progresiva desintegración de la tonalidad en las formas musicales de la modernidad y en lo que hoy es parte de la música contemporánea.

2.3 Los 22 *shrutis*.

2.3.1 Las clasificaciones del sonido: *Dwani*, *Nada*, *Shruti* y *Swara*.

El sonido, según Oke (2018), tiene cuatro clasificaciones que se entrelazan sucesivamente de lo macro a lo micro, estas son: *Dwani*⁸⁵, *Nada*⁸⁶, *Shruti* y *Swara*⁸⁷. La primera de estas hace referencia a cualquier sonido audible, para convertirse en *Nada* debe cumplir la condición de ser un sonido capaz de ser imitado por la voz humana y tener una duración mínima, por lo general, los sonidos percusivos como los aplausos suelen considerarse imposibles de imitar con la voz, por ende, no se considera *Nada* sino *Dwani*. Sobre esto, Daniélou (1949) sostiene que no cualquier sonido audible es un sonido musical sino aquellos que en sus relaciones mutuas formen una imagen de las leyes matemáticas del universo, no introduce el concepto de *Dwani*, sino que bifurca el concepto de *Nada* en dos clasificaciones dadas por el medio de propagación de la onda, una que vibra en el éter y otra que vibra en el aire⁸⁸, siendo esta última el objeto de estudio principal por parte de los occidentales.

Cuando se ejecuta un instrumento de cuerda cualquiera, al dividir la cuerda en distintos puntos se generan distintas frecuencias cuyas relaciones proporcionales con la frecuencia

⁸⁵ Pronunciado “duani”.

⁸⁶ Pronunciado “naad”.

⁸⁷ Pronunciado “suara”

⁸⁸ Del sánscrito “anahata” y “ahata” respectivamente.

emitida por la cuerda *al aire*⁸⁹ se estudian con el nombre de intervalos, estas relaciones se pueden expresar como porcentajes de la división de la cuerda en relación a su longitud total y estas distancias mantienen las mismas razones en cualquier instrumento sea cual sea la longitud de la cuerda. Con el fin de precisar los cálculos y facilitar la demostración de estos principios fisicomatemáticos, Oke (2018) utiliza en sus conferencias un instrumento conocido como *Duitari*⁹⁰ y lo adapta para que la longitud entre los soportes de la cuerda sea de 1 metro exacto con el fin de graficar las divisiones de la cuerda en relaciones de porcentajes. Cualquier punto de la cuerda donde el sonido tenga una resonancia igual o superior a 45 milisegundos⁹¹ entrará en la categoría de *Nada*, por consiguiente, existe una infinidad de *Nadas* posibles al dividir una cuerda tensa.

Dentro del espectro de posibilidades de *Nadas* solo 22 puntos determinados son considerados *Shrutis*, dichas proporciones específicas (véase Figura 8) Oke dice que no están dadas por él, ni por Bharata Muni sino por la Diosa Sarasvati misma como principios elementales del sonido. El uso sucesivo de estos 22 intervalos es considerado poco útil para la práctica musical, por lo que en las formas musicales hindustani se seleccionan solo algunos de estos *Shrutis* para una pieza musical.

Para la tradición hindustani lo homologable a lo que los occidentales entendemos por el concepto de nota musical no es *Shruti* sino *Swara*, ya que este último concepto involucra una altura tonal más una expresión (Daniélou, 1949, p.41). En resumen, Oke ordena estos conceptos de manera que toda *Swara* es técnicamente un *Shruti* y todo *Shruti* es un *Nada*; no así viceversa, solo 22 *Nadas* de una infinidad de radios posibles son considerados *Shrutis*, debido a que son los únicos puntos de consonancia de acuerdo a las leyes naturales del sonido como describe Oke (2018). Las distancias entre *Shrutis* es de tres tipos: *Purna*; *Pramana* y *Nyuna*. Asociadas a las fracciones $256/243$ ⁹²; $81/80$ y $25/24$ respectivamente.

⁸⁹ El sonido que emite una cuerda sin ser presionada sino solo jalada o frotada.

⁹⁰ Del sánscrito “dos cuerdas”.

⁹¹ En la conferencia dada por Vidyadhar Oke en el evento *World Harmonium Summit* (2018) se especifica que el rango de identificación auditiva de un *Nada* es de 20 milisegundos en los 100 hz y 45 milisegundos en los 1000 hz.

⁹² Comúnmente conocido como la *lima pitagórica*.

2.3.2 La relación 7 *swaras* y 22 *shrutis*.

El sistema de solfeo hindustani se asimila al sistema de *do* movable y funciona en base a siete nombres o prefijos que constituyen la escala diatónica: *Shadja (Sa)*, *Risabh (Ri)*, *Gandhar (Ga)*, *Madhyam (Ma)*, *Pancham (Pa)*, *Dhaivat (Dha)* y *Nishad (Ni)*. Estas unidades sonoras se replican en el rango de frecuencias audibles para el humano duplicando o dividiendo a la mitad la frecuencia, de esta forma se localizan los intervalos de octava, cuya consonancia es considerada perfecta⁹³ y por esta razón conservan el mismo nombre silábico. La agrupación de estos sonidos recibe el nombre de *saptak*, que literalmente significa *que contiene siete*; su homólogo en occidente sería la *octava*⁹⁴.

Si bien existen registros que señalan que la frecuencia designada como estándar para la nota *do (Sa)* en India en 256 Hertz y en occidente 261.63 Hertz (Oke, 2018) es importante considerar que el establecimiento de las frecuencias y sus nombres en una obra musical comienza con la determinación de la frecuencia (o frecuencias) a considerar tónica.

Se utilizan los términos *komola*, *teevra*⁹⁵ y *shuddha* como homólogos de *bemol*, *sostenido* y *natural/becuada* respectivamente. A diferencia de la tradición occidental, el uso de las alteraciones está determinado para cada *swara* de manera que, por ejemplo, no se considera práctico hablar de *do sostenido (teevra Shadja)* o de *sol sostenido (teevra Pancham)* sino de *re bemol (komola Rishabh)* y la *bemol (komola Dhaivat)* respectivamente. Esto viene dado, como concuerdan Daniélou y Oke, por los conceptos de *chala* y *achala* cuyos significados son traducidos como *movible* e *inamovible* respectivamente, vale decir, que existen grados de la escala diatónica donde la ornamentación que incide en la frecuencia va a ser considerada expresiva⁹⁶ y otros grados donde la consonancia se remite a un punto específico libre de alteración.

Las *swaras* de cualidad *chala* poseen una región de *Praman shruti* (81/80) donde la ornamentación es considerada expresiva, este espacio interválico se conoce como *kshetra*⁹⁷; por otra parte, a los *swaras* de cualidad *achala* (solo *Pancham* y *Tara Shadja*) no se les

⁹³ Relación del segundo y primer armónico 2:1.

⁹⁴ Entiéndase en este caso como la agrupación de estos sonidos y no como distancia interválica.

⁹⁵ Encontrado también como *tivra*.

⁹⁶ Generalmente entre *shruti* y *shruti*.

⁹⁷ Del sánscrito: lugar, campo, región.

atribuye el concepto de *kshetra* sino de *bindu*⁹⁸, como lo comprueba Daniélou (1949) cuando describe el intervalo de *quinta justa* (3/2) más un *Praman shruti*⁹⁹ como *sin expresión* o *auto contradictorio*.

De esta manera las distancias entre cada uno de los 22 shrutis se establecen como lo señala la Figura 11. Con esta información se demuestra que el concepto de enarmonía no se aplica como en el 12-TET, sino que pareciera diluirse, de esta misma manera, la nomenclatura de intervalos como la quinta aumentada o disminuida ascendente desde la tónica no se consideran en la práctica a la hora de solfear, esto porque *Pancham* es uno solo y no tiene variación, al igual que *Shadja*. En el sistema occidental los acordes *do sostenido mayor* y *re bemol mayor* suenan igual y ambos nombres diatónicos podrían ser correctos dependiendo del contexto, en contraste, en los 22 shrutis no puede existir el primero de ellos porque el nombre diatónico *do* lo recibe exclusivamente la nota tónica. Por otra parte, hay otros intervalos poco usuales dentro de los shrutis como la tercera disminuida entre m1-m2 (F#1-F#2) y d1-d2 (A_b1- A_b2) o la cuarta disminuida entre m1-m2 (F#1-F#2) y n1-n2 (B_b1-B_b2).

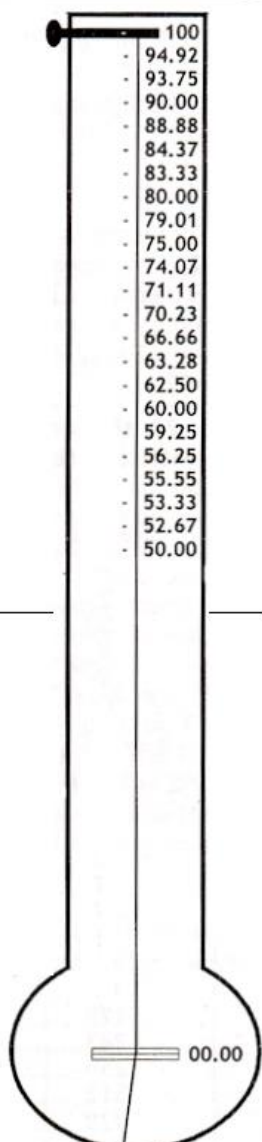
Es importante acotar que los nombres con que se refieren a cada shruti pueden variar dentro de India de acuerdo a la geografía y a la tradición específica, no obstante, sus relaciones fraccionarias respectivas se conservan. Lo otro que también varía de acuerdo a la forma musical específica es la constitución de los *swaras*, suelen tener ornamentaciones específicas como apoyaturas de algún shruti cercano específico acompañadas de *glissando*, vibrato o notas de gracia, como lo demuestra Oke (2018) tomando de ejemplo el *Raga Yaman* donde *Risabh (Ri)* se interpreta con una apoyatura desde arriba y con *glissando*, esto confirma una vez más la definición que da Daniélou (1949) sobre el concepto de *swara* quedando, en la práctica, al servicio de la forma musical específica. Se habla además del concepto de *swara mandala* como la conjunción de todos los shrutis de un *Raga* sonando simultáneamente y produciendo un efecto polifónico característico en cada uno; en el 12-TET no es posible reproducirlo.

⁹⁸ Del sánscrito: punto.

⁹⁹ Fracción conocida en occidente como la coma sintónica o coma de Dídimo.

Figura 10. Los 22 *Shrutis* con sus respectivos nombres en la tradición hindustani, su abreviación; radio; radio invertido; porcentajes dentro de la cuerda y el radio o fracción adyacente.

No	Hindustani name	Synonym	Ratio	Inverted Ratio (Reciprocal)	Played at %	Adjacent Ratio
1.	Shadja	S	1/1	1/1	100	-
2.	Ati-Komal Rishabh	r1	256/243	243/256	94.92	1
3.	Komal Rishabh	r2	16/15	15/16	93.75	3
4.	Shuddha Rishabh	R1	10/9	9/10	90.00	2
5.	Teevra Rishabh	R2	9/8	8/9	88.88	3
6.	Ati-Komal Gandhar	g1	32/27	27/32	84.37	1
7.	Komal Gandhar	g2	6/5	5/6	83.33	3
8.	Shuddha Gandhar	G1	5/4	4/5	80.00	2
9.	Teevra Gandhar	G2	81/64	64/81	79.01	3
10.	Shuddha Madhyam	M1	4/3	3/4	75.00	1
11.	Ek-shruti Madhyam	M2	27/20	20/27	74.07	3
12.	Teevra Madhyam	m1	45/32	32/45	71.11	2
13.	Teevratama Madhyam	m2	729/512	512/729	70.23	3
14.	Pancham	P	3/2	2/3	66.66	1
15.	Ati-Komal Dhaivat	d1	128/81	81/128	63.28	1
16.	Komal Dhaivat	d2	8/5	5/8	62.50	3
17.	Shuddha Dhaivat	D1	5/3	3/5	60.00	2
18.	Teevra Dhaivat	D2	27/16	16/27	59.25	3
19.	Ati-Komal Nishad	n1	16/9	9/16	56.25	1
20.	Komal Nishad	n2	9/5	5/9	55.55	3
21.	Shuddha Nishad	N1	15/8	8/15	53.33	2
22.	Teevra Nishad	N2	243/128	128/243	52.67	3
1.	Upper Shadja	S'	2/1	1/2	50.00	1

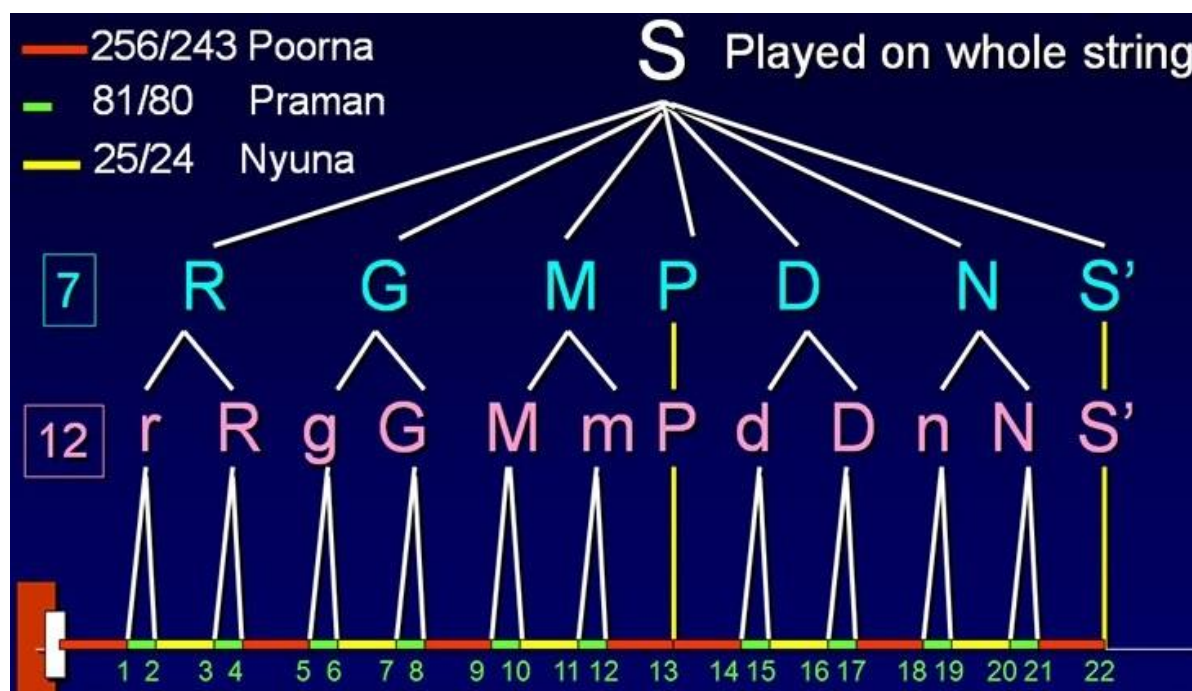


(Oke, 2008¹⁰⁰. Traducción al pie¹⁰¹).

¹⁰⁰ Todas las figuras de este capítulo fueron extraídas del sitio web 22shruti.com.

¹⁰¹ De izquierda a derecha: nombre *hindustani*; abreviación (homologable a la clave americana); proporción de frecuencias; proporción de división de la cuerda (proporción invertida); tocado en (%); proporción adyacente.

Figura 11. Evolución desde *Shadja*, la escala diatónica¹⁰²; los *shrutis* que corresponden a cada grado y sus distancias proporcionales adyacentes respectivas.



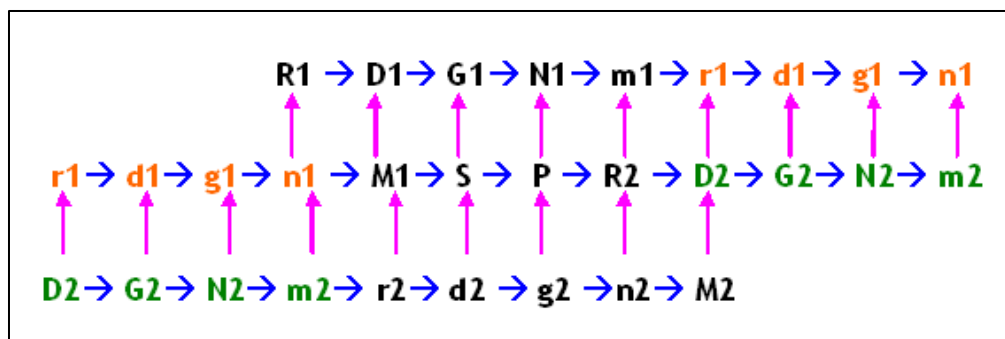
(Oke, 2008)

2.3.3 Las relaciones proporcionales entre los 22 *shrutis*.

Los *shrutis* no se relacionan entre sí como los grados diatónicos del 12-TET y el *círculo de quintas*, sino que se grafica como muestra la Figura 12 mediante las relaciones del 5 *limit-tuning* (3:2 y 5:4). Como señala Oke, la numerología de este sistema es especial y genera una similitud con la proporción de la longitud de una circunferencia con su diámetro, aunque en el gráfico no se aprecie figurativamente tan claro esto, los 22 *shrutis* se relacionan con las 7 *swaras*, de forma que es sugerido implícitamente el número *pi* (π) ya que $\frac{22}{7} \cong 3.14$. Esto puede conducir una analogía curiosa ya que existe una constante en la historia occidental de los temperamentos sobre el objetivo de formar un círculo entre los grados diatónicos en el que los extremos conecten, mas esto implicó el sacrificar la consonancia pura de los intervalos por lo que siempre ha habido un grado de *defectuosidad* en el sistema.

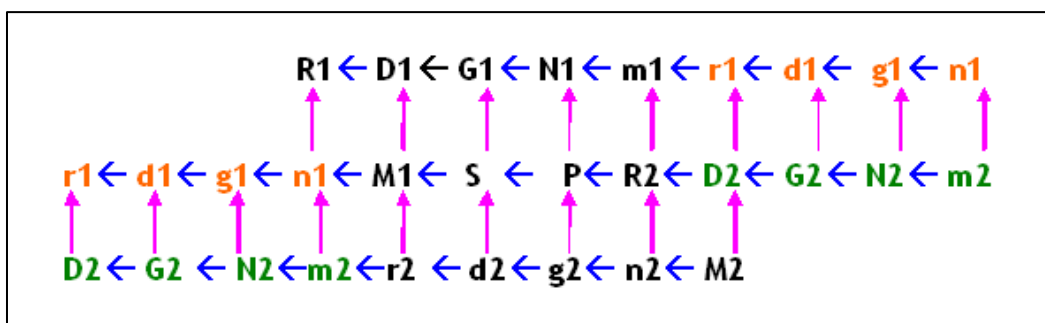
¹⁰² A diferencia de la Figura 6, aquí se considera *Ati-Komola Risabh* como *shruti* número y no *Shadja* mas no es algo que deba considerarse contradictorio.

Figura 12. Relaciones S-G1 (4:5) y S-P (2:3) en los 22 *shrutis* indicadas con flechas hacia arriba y hacia la derecha respectivamente.



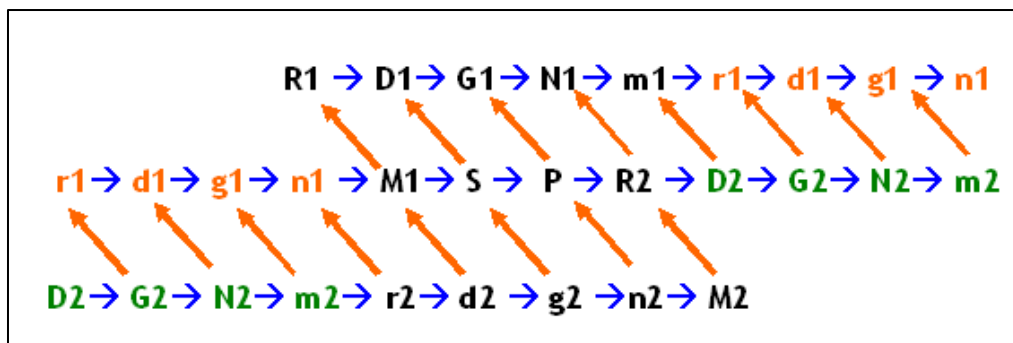
(Oke, 2008)

Figura 13. Relaciones S-M1 (3:4) indicadas con flechas hacia la izquierda.



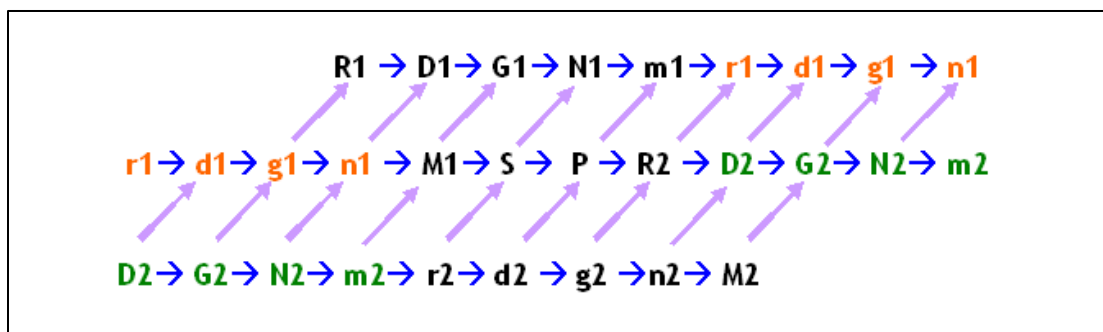
(Oke, 2008)

Figura 14. Relaciones S-D1 (3:5) indicadas con flechas diagonales hacia arriba y a la izquierda.



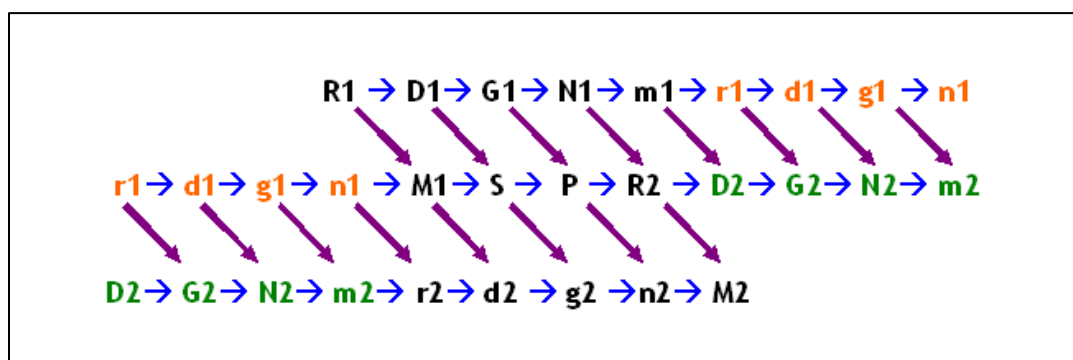
(Oke, 2008)

Figura 15. Relaciones S-N1 (8:15) indicadas con flechas diagonales hacia arriba y a la derecha.



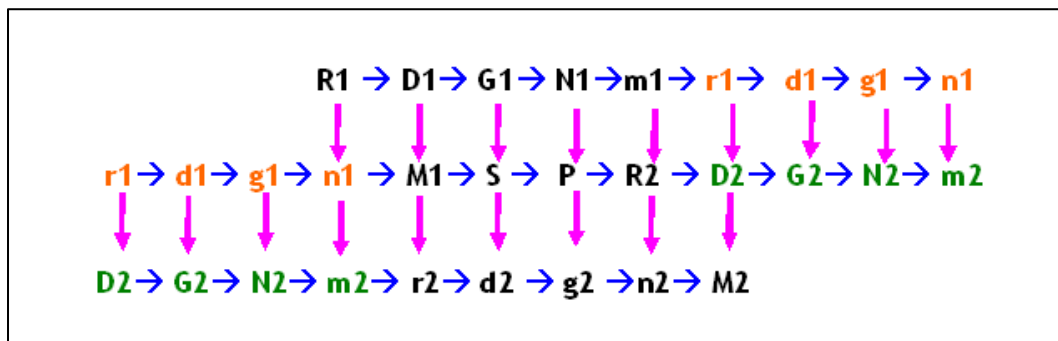
(Oke, 2008)

Figura 16. Relaciones S-g2 (5:6) indicadas con flechas diagonales hacia abajo y a la derecha.



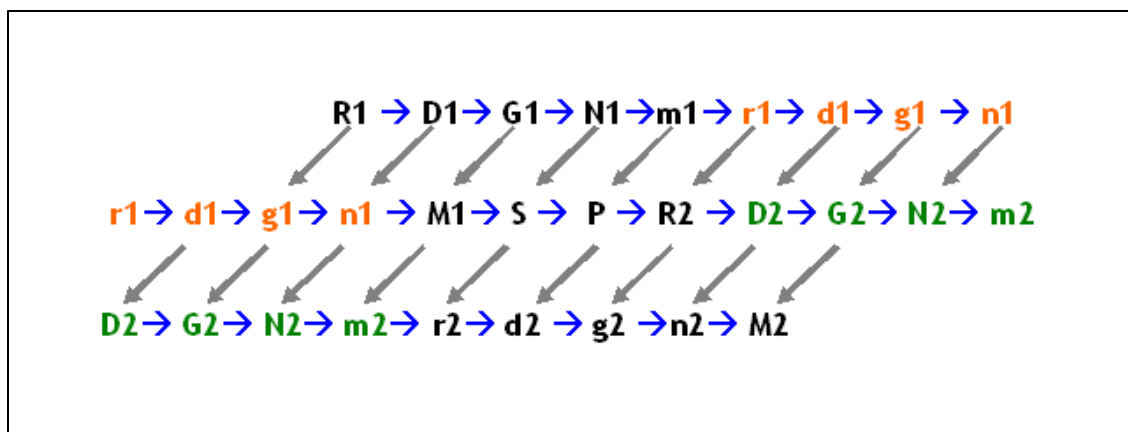
(Oke, 2008)

Figura 17. Relaciones S-d2 (5:8) indicadas con flechas hacia abajo.



(Oke, 2008)

Figura 18. Relaciones S-r2 (15:16) indicadas con flechas diagonales hacia abajo y a la izquierda.



(Oke, 2008)

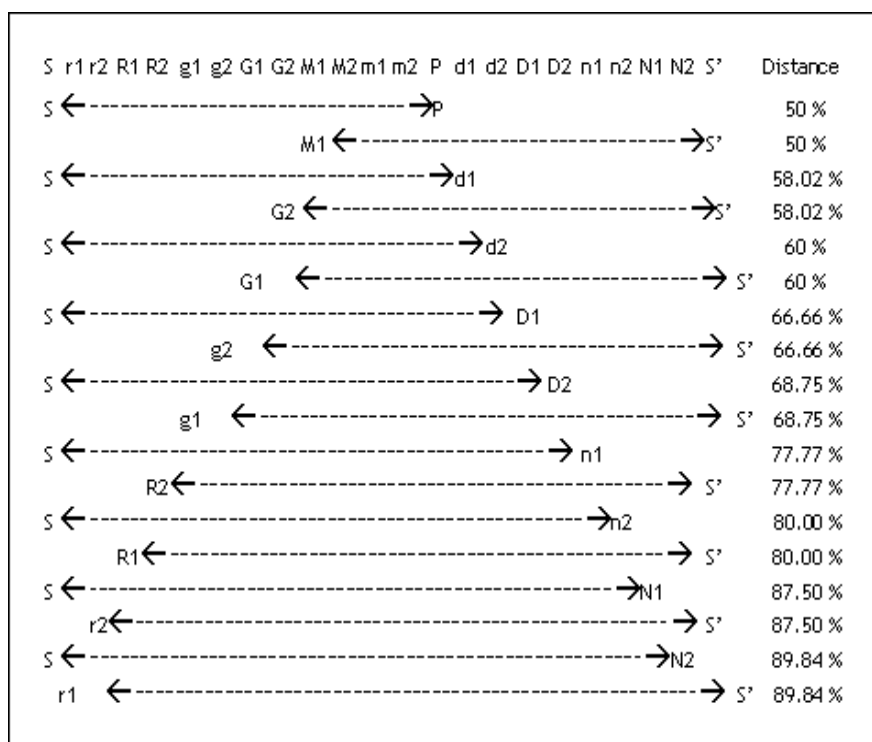
El Dr. Oke en su sitio web demuestra que al ordenar los *shrutis* en la disposición de las Figuras 12-18 es posible visualizar mediante vectores cómo se replican las relaciones interválicas dentro de toda la matriz. Además de la relación mediante flechas simples, agrega que al desplazarse dos veces hacia la derecha se obtiene la relación S-R2 y al desplazarse dos veces hacia la izquierda se obtiene la relación S-n1.

Luego, realizamos una analogía interdisciplinaria, dibujar una circunferencia perfecta a pulso es casi, por no decir imposible para el ser humano, ahora si se utiliza un compás, el radio se mantiene constante haciendo posible un gráfico más cerca de la perfección mediante un esfuerzo técnico menor. Esto es porque cada punto del perímetro mantiene la distancia con el centro, de la misma manera si vemos la posición de *Sa* y *Pa*, están en el centro del diagrama, ¿será que teniendo la altura tonal de partida en el centro se evoca finalmente la relación circunferencial tan anhelada por los occidentales? ¿será que Bharata Muni comprendió que, metafóricamente, había que usar un compás para dibujar una circunferencia mientras que Pitágoras intentó dibujarla solo por su perímetro llegando así a una forma defectuosa?

2.3.2 Inversiones.

Como se definió en el capítulo 2.1.1 la inversión de un intervalo $\frac{B}{A}$ donde la frecuencia fundamental de B es mayor a la de A, consiste en una fracción que al multiplicarse por $\frac{B}{A}$ dé como resultado $\frac{2}{1}$, es decir, al desplazarse de la frecuencia A a la frecuencia B, su inversión será el desplazamiento desde B a A', cuya frecuencia es el doble de A. La inversión en los *shrutis* expuesta por el Dr. Oke (véase Figura 19) demuestra que el único *shruti* cuya inversión no está dentro de los 22 es M2, esto comprueba que la relación de los shrutis no es azarosa y que conceptos como la polaridad tonal o armonía negativa¹⁰³ no solo son posibles en los temperamentos iguales.

Figura 19. Distribución proporcionalmente equidistante bilateral de los shrutis entre S y S',¹⁰⁴.



(Oke, 2008)

¹⁰³ Véase: *A Theory of Harmony*, Ernst Levy (1985).

¹⁰⁴ En inglés: *Bilaterally Equi-Rational distribution of Shrutis between S-S'*.

2.4 El caso del rompecabezas musical de Benedetti.

Zarlino, en el año 1558, argumentaba que los *buenos cantantes* cuando estuvieran sin acompañamiento se adherían a los intervalos puros. Zarlino eventualmente se dio cuenta de la quinta *ácida* causada por la entonación justa, pero creía que la capacidad de los cantantes de entonar de manera flexible los posibilitaría a evadir tales problemas. En 1581, Vincenzo Galilei, un antiguo pupilo de Zarlino negaba que la entonación justa fuese usada en la música vocal. En la década de 1650 Benedetti, un matemático y físico, le escribió cartas a Cipriano Rore y le señaló que, si una progresión de cuatro cuartas era cantada en la entonación justa, causaría una caída de la altura tonal en una *comma sintónica*.

(Terasawa, 2004. Traducido por el autor¹⁰⁵)

En abril del año 2020, el *youtuber* ¹⁰⁶ Adam Neely, destacado por su contenido sobre teoría musical, publica un video donde menciona el rompecabezas musical de Benedetti que describe Terasawa y señala expresamente como conclusión que “no puedes tener música *matemáticamente pura* sin que la altura tonal se desvíe”. Presenta específicamente el problema de la figura 20 que de ser reproducido en el temperamento 12-TET no es posible captarlo, además, está escrito para ser cantado y como señala Rotem (2016), la voz humana no puede afinarse perfectamente en intervalos impuros ya que para medirlos de forma perfecta se necesita de inteligencia artificial.

Si se calculan los intervalos utilizando el sistema de entonación justa, es decir, que cualquier intervalo se obtenga con la menor combinación de intervalos puros dentro del *5-limit tuning*, vale decir, de octavas (2:1), quintas (3:2) y terceras mayores (5:4). Si se considera la nota *sol* como eje tonal los intervalos del compás adoptarían las fracciones de la Tabla 2.

¹⁰⁵ “Zarlino, in 1558, argued that “good singers when unaccompanied would adhere to the pure intervals. Zarlino eventually realized the sour fifth caused by the just intonation, but he believed that singer’s capacity to intone in a flexible manner would enable them to avoid such problems. In 1581, Vincenzo Galilei, a former pupil of Zarlino denied that just intonation was used in vocal music. In 1650s, Benedetti, a mathematician and physicist, wrote letters to Cipriano Rore and pointed out that if a progression of four fifths was sung in the just intonation, it would cause a pitch fall of a syntonic comma”.

¹⁰⁶ Término anglosajón que significa *persona que usualmente utiliza el sitio web YouTube, especialmente alguien que hace y aparece en videos del sitio* (Cambridge, 2021, traducido por el autor).

Figura 20. Rompecabezas de Benedetti reescrito por Neely en compás de 4/4.¹⁰⁷



(Neely, 2020. Reescrito por el autor)

Tabla 5. Intervalos obtenidos a partir de desplazamientos de quintas y terceras (*5-limit tuning*) desde la nota fundamental.

Nota en clave americana	Relación con la altura tonal tónica
G3 (<i>sol</i>)	1:1
D4 (<i>re</i>)	3:2
G4 (<i>sol</i>)	2:1
A4 (<i>la</i>)	9:4
C4 (<i>do</i>)	4:3
E4 (<i>mi</i>)	5:3

¹⁰⁷ El original está en compás de 4/2.

La información de la Tabla 2 pareciera dar una solución simple pero el problema según Neely, radica en el A4 ya que, al estar en ritmo de síncopa es la única de las voces que genera que se mueve asincrónicamente, esto según Neely, genera que las otras dos voces inferiores tengan que afinarse tomando de referencia la altura tonal de la voz superior para que finalmente esta última tenga que afinarse de acuerdo a las voces inferiores.

Entonces, desde el intervalo A4 (9:4) el recorrido más simple para obtener ese E4 de acuerdo al *5-limit tuning* es subir una quinta y luego bajar una octava de manera que la fracción resultante difiere de la obtenida por una cuarta ascendente (4:3) sobre G3 (1:1); lo mismo pasa al calcular C4, el procedimiento sería subir una quinta, bajar una tercera mayor y luego bajar una octava, se demuestra a continuación:

$$E4 \text{ desde } A4 = 9/4 \times 3/2 \times 1/2 \text{ (recíproco de } 2/1 \text{ porque desciende)} = 27/16 \neq 5/3$$

$$C4 \text{ desde } A4 = 9/4 \times 3/2 \times 4/5 \text{ (recíproco de } 5/4) \times 1/2 = 27/20 \neq 4/3$$

Luego la voz superior deberá afinarse de acuerdo al E4 y al C4 de abajo, de manera que desde el E4 se puede obtener subiendo una quinta y bajando una tercera mayor y desde el C4 está a tan solo una quinta ascendente, tal como muestra la figura 11 de manera que:

$$G4' \text{ desde } C4 = 27/20 \times 3/2 = 81/40 \neq 2/1$$

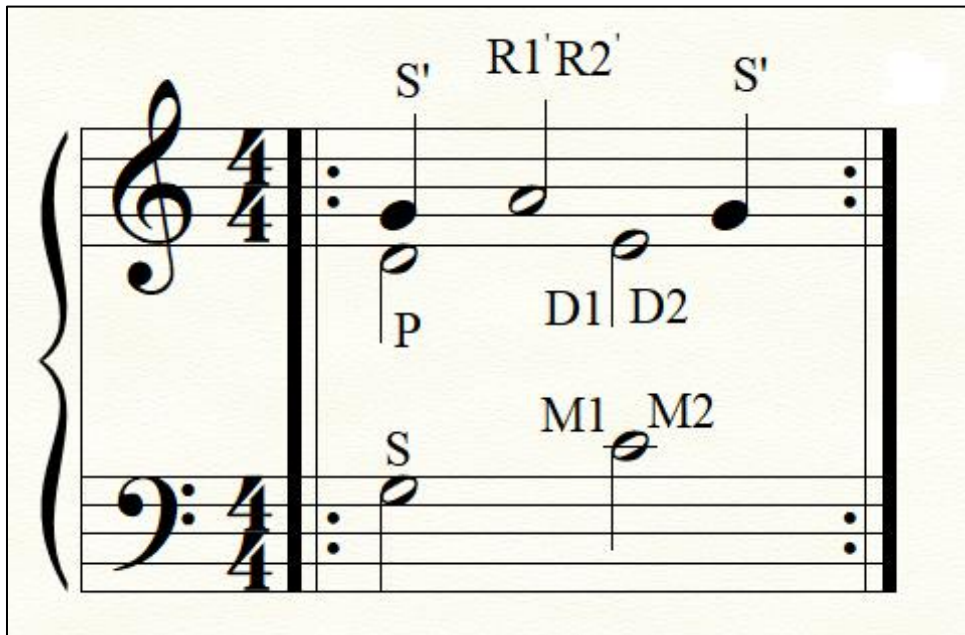
Mediante este procedimiento se genera un cambio en la altura tonal, ya que como cada intervalo compuesto dado que es una fracción mayor a 2/1 puede dividirse por 2 para obtener su altura tonal equivalente dentro de la octava para hallar el intervalo entre la nota de partida y la de llegada se obtiene como $81/40 \times 1/2 = 81/80$. Esa distancia recibe el nombre de *comma sintónica* que en los 22 *shrutis* sería el intervalo de *pramana shruti* (véase Figura 8).

Figura 21. Rompecabezas de Benedetti resuelto por Neely.



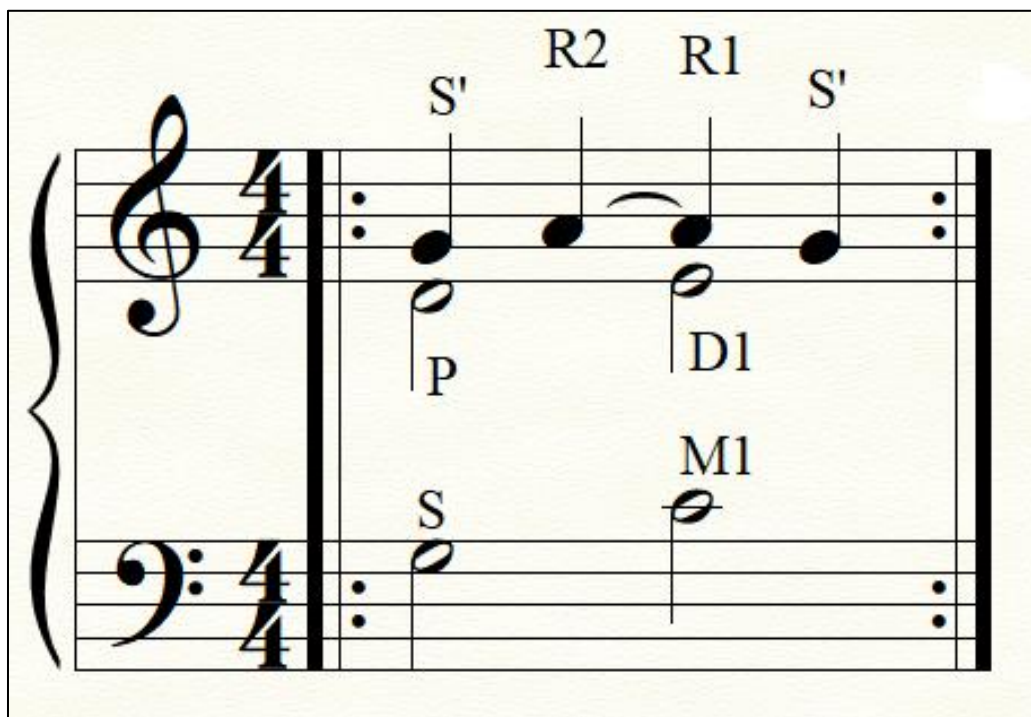
(Neely, 2020. Reescrito por el autor.)

Figura 22. *Shrutis* posibles para el rompecabezas de Benedetti considerando $S_a = G3$.



(Generado por el autor.)

Figura 23. Una solución del rompecabezas de Benedetti generada a partir de los datos.



(Generado por el autor.)

Este ejemplo cala hondo en la fragilidad que tiene el uso de intervalos puros y las conclusiones y tratamientos que surgieron sobre este generaron una bifurcación paradigmática que aisló el uso de intervalos puros para la interpretación de repertorio renacentista o barroco. La sentencia que dictamina Neely está completamente errónea, al afirmar la imposibilidad de un hecho, esta premisa se quiebra inmediatamente cuando existe un solo caso que lo refute, y ese es el caso de los 22 *shrutis*.

Oke (2020) señala que *Sa* solo es un punto inamovible y que no tiene variedades de *shruti* como malinterpreta Daniélou (1949). Además, sentencia que es imprescindible en un *Raga* si en este se considera *Pancham* (P) o *Madhyam* (M) como prominente, ya que no se pueden mantener todas las consonancias simultáneamente. De forma que las relaciones *Sa:Pa* (2:3) se presentan en S-P; R2-D2; P-R2; M1-S; R2-D2 y las relaciones *Sa:Ga* (4:5) se producen en M1-D1 y M2-D2. De esta manera si utilizamos R2 para formar una quinta con P, habrá que utilizar D2 y M2 para mantener la consonancia con R2, el problema de esto es que M2 no forma relación *Sa:Pa* con ningún *shruti*. Luego si iniciamos el procedimiento desde

adelante hacia atrás habría que utilizar M1 y D1 para formar un acorde perfecto (100:125:150) de forma M1: D1: S. Entonces para mantener la consonancia con D1 se debe utilizar R1, pero el problema último es que $R1: P \neq 3:2$, por lo que genera una disonancia inevitable. Es interesante como mediante la *entonación justa* se llega a las proporciones de los *shrutis*, sin embargo, la solución de subir la tónica en la razón 81:80 es inaceptable para la musicología hindú. Ante esto, Oke sostiene que *Shadja* (*Sa*) es un *bindu*, o sea que no tiene variación de *shrutis*, esto marca un error fatal en la investigación de Daniélou producto de una mala interpretación de un *sloka*¹⁰⁸ del *Natyashastra* de Bharata Muni referente a los conceptos de *Shadja* y *Madhyama Grama* como se señala a continuación:

ChatushChatushChatushchaiva; Shadja, Madhyam, Pancham; Dvaidvaid Nishad Gandharou; Trishri Rishabha Dhaivatashcha Esto es traducido como que hay cuatro (*Chatush* significa cuatro) *Shrutis* cada uno de estos para *Shadja*, *Pancham* y *Madhyam*. Dos (*Dvai* significa dos) cada uno para *Nishad* y *Gandhar*, y tres (*Trishri* significa tres) cada uno para *Rishabh* y *Dhaivat*. Y esto es erróneamente interpretado como que *Shadja*, *Madhyam* y *Panchama* tienen cuatro variantes (frecuencias distintas) cada una, *Nishad* y *Gandhar* tienen dos cada una y *Rishabha* y *Dhaivata* tienen tres cada una. Pero ¿cómo puede ser verdad esto? ¿Cómo puede *Shadja*, *Madhyama* y *Pancham* tener cada una cuatro frecuencias distintas? *Shadja*, *Madhyam* y *Pancham* tienen solo una frecuencia cada una a 100, 133.3333 y 150 (por ciento) respectivamente! Esta cita entonces debe tener otro significado. Y el verdadero significado es, *Shadja* está posicionado a una distancia de cuatro *shrutis* después de su nota previa, n1. De manera similar, tres *shrutis* de *Rishabha* (R1) significa que *Rishabha* está ubicado a 3 *shrutis* después de *Shadja*, y así sucesivamente. En otras palabras, la división en *Shruti* es *secuencial* y no *diferencial*. Lamentablemente el *shloka* (cita) anterior sigue siendo tomado de manera literal, malinterpretado y algunos fieles erróneamente creen e incluso cantan 4 *shrutis* diferentes para *Shadja*, *Madhyam* e incluso para *Panchama*, ¡hoy! Esta es una historia triste.

(Oke, 2008. Traducido por el autor¹⁰⁹)

¹⁰⁸ Término usado en India para referirse a un verso o pasaje de una escritura.

¹⁰⁹ "*ChatushChatushChatushchaiva; Shadja, Madhyam, Pancham; Dvaidvaid Nishad Gandharou; Trishri Rishabha Dhaivatashcha*" This is translated as "there are 4 (*Chatush* meaning 4) *Shrutis* each for *Shadja*, *Pancham* and *Madhyam*, 2 (*Dvai* meaning 2) each for *Nishad* and *Gandhar*, and 3 (*Trishri* meaning 3) each for *Rishabh* and *Dhaivat*. And, this is wrongly interpreted as *Shadja*, *Madhyama* and *Panchama* have 4 'variants' (different frequencies) each, *Nishad* and *Gandhar* have 2 each, and *Rishabha* and *Dhaivata* have 3 each. But how can this be true? How can *Shadja* *Madhyama* and *Pancham* each have 4 different frequencies? *Shadja*, *Madhyama* and *Pancham* have only 1 frequency each at 100, 133.3333 and 150 respectively! The citation must therefore have another meaning. And that true meaning is, *Shadja* is "placed at a distance of 4 *shrutis*" after its previous note, n1. Similarly, 3 *shrutis* of *Rishabha* (R1) means *Rishabha* is placed 3 *shrutis* after *Shadja*, and so on. In other words, the *Shruti* divisions are "Sequential" (as shown in the table below) and not "Differential". Unfortunately, the above *shloka* (citation) is still taken literally, misinterpreted and some stalwarts wrongly believe and even sing 4 different *shrutis* for *Shadja*, *Madhyama* and even for *Panchama*, today! This is a sad story" (22shruti.com)

Ahora, considerando lo que plantea Oke, existiría entonces una consideración en la composición con intervalos puros que en India consideraban, lo más probable, mucho antes que Benedetti, por lo que el problema puede ser no la afinación sino lisa y llanamente el tratamiento de los intervalos, es decir, que entonces la síncopa es el elemento que no funciona para enlazar ambos grados (I-IV), o en término contrapuntísticos, que la conducción 8-9 en la soprano y que la novena luego suene como retardo 6-5 transgrede el objetivo de preservar la tónica o altura inicial y las consonancias de manera simultánea.

Si se plantea una solución¹¹⁰ en base a esta información para conservar la síncopa y no sacrificar la consonancia, esta puede ser dividir la blanca de la soprano en dos negras siendo la primera R2 y la segunda R1 como se muestra en la Figura 23 para ello las voces inferiores deberían afinarse de acuerdo a ellas mismas o que la soprano bajase el intervalo 80:81 antes de la segunda mitad del compás, esto más que demostrar la imposibilidad de componer en base a intervalos puros demuestra que los *Ragas* siguen una especie de tratado de química en el que todas y cada una de las reacciones tienen su fórmula definida para que el efecto sonoro sea el esperado, mas, vale agregar que este problema del rompecabezas de Benedetti atañe al concepto de *nada* o *shruti*, no de *swara*, *shruti* es la unidad fundamental de un *That*, opuesto al *Raga*, inexpresivo según Jairazbhoy (1971) como *shruti* lo es de un *Raga*.

¹¹⁰ No debe asumirse esta como una solución que harían músicos de India en la práctica, sino como una especulación teórica con el objetivo único de graficar que sí hay solución fraccionaria para que $S:S' = 1:2$, desde las fracciones de la entonación *justa* el problema aparente es considerar que solo hay un sonido para ese A4 dado que 12 es el número máximo de grados diatónicos, no puede haber dos *la natural* distinta.

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Diseño metodológico.

La unidad de análisis está conformada en la parte teórica por textos y videos de acceso libre que expliquen y demuestren cómo funciona el sistema de 22 *shrutis*. La técnica de recolección de datos utilizada fue, en primer lugar, el análisis documental, donde se jerarquizaron los textos más actualizados de autores locales de India por sobre los autores occidentales. El criterio en la recolección de información fue la localización de palabras claves: *shrutis*, intervalos, afinación y notación escrita. Por otra parte, se aplicó la observación no experimental en videos y audios que utilizan este sistema, generando un catálogo descriptivo para cada uno. La selección de las muestras de audio fue hecha con base a los siguientes criterios:

- a) Calidad de la muestra de audio: la definición de la altura tonal en un contexto polifónico ya sea mediante la audición o mediante un algoritmo computacional es directamente proporcional a la cantidad de información que posee el espectro de frecuencias.
- b) Información previa: las demostraciones de los videos del Dr. Oke se apoyan en la información que brinda su aplicación para dispositivos móviles donde señala las frecuencias que utiliza en cada *Raga*. La cantidad de información previa es inversamente proporcional a la dificultad que enfrenta el proceso de transcripción.
- c) Densidad polifónica: a medida que aumenta el número de fuentes sonoras en la muestra auditiva la determinación de las alturas tonales incrementa su dificultad producto de las interferencias constructivas y destructivas entre las fuentes.

Luego, los elementos focalizados en la observación no experimental de donde surge la transcripción y el análisis fueron:

- a) Intervalos prominentes: Alturas con figuras de valor largo o repeticiones notorias en el discurso.
- a) Sucesión horizontal de *shrutis*: cambios de altura tonal en función del tiempo, es decir, el desplazamiento horizontal.
- b) Superposición vertical de *shrutis*: la relación entre las partes que componen la polifonía.

- c) Cambios de intensidad: el comportamiento de las partes en función de la intensidad sonora.
- d) Fluctuaciones agógicas: como cambia la percepción del pulso entre las frases o dentro de ellas. La dificultad es más alta cuando no hay instrumentos de percusión que enfaticen el pulso en la muestra.

Para resolver la pregunta de investigación y apoyar muestras auditivas con un lenguaje escrito, dígame, traducido a los códigos que domina un músico formado en la tradición occidental europea, es necesario efectuar un proceso de transcripción musical que está dado en un balance entre la transcripción como retrato y la información que aporta la transcripción automática como se definirán más adelante.

Este instrumento de recolección de datos se focaliza en los elementos que, de acuerdo a la semiología musical de Nattiez, se ubican dentro de su modelo tripartito en el nivel inmanente o neutro del *hecho musical total*¹¹¹, que de acuerdo a Caro (2020, p.30) es la materialización física de lo simbólico, el aspecto palpable de la muestra sonora misma, vale decir, los cambios de presión en el aire y la difracción en el sistema auditivo del oyente de forma aparentemente independientes para efectos de estudio, de los antecedentes antropológicos sobre los que origina el sonido.

La efectividad de la recolección de información mediante la transcripción musical se vuelve más precisa y veraz cuando se apoya en bases concretas sobre las teorías, ya sean de tradición oral, escrita o mixta, que originan el sonido, ya que según Cruces (2001) la música expresa un conjunto característico de necesidades o impulsos emocionales, estos elementos se estudiarían, de acuerdo a Nattiez, en la dimensión poiética¹¹².

La última del modelo de tripartición del fenómeno musical se denomina la dimensión estética, que viene a ser el efecto o repercusión de dicho fenómeno musical en la decodificación y percepción del oyente, para Cruces representa la satisfacción de ese impulso emocional originario, ante esto la Dra. Sangeeta Shankar señala:

¹¹¹ Véase *Music and Discourse: Toward a Semiology of Music* (1990).

¹¹² Del término griego *poiesis* que significa *creación*.

“Ahora... debemos entender que el propósito de todas las formas de arte en India es ayudar al ser humano a evolucionar espiritualmente y que el alma sea una con el universo en un estado permanente de bien. La música en India tiene el mismo propósito, crear un estado de sentimiento bueno”.

(Shankar, 2020, traducido por el autor¹¹³)

De acuerdo a Charles Seeger¹¹⁴ existe dos tipos de transcripciones musicales distintas: prescriptiva y descriptiva. La transcripción prescriptiva tiene el objetivo de decodificar y graficar una muestra sonora de forma detallada para que un instrumentista pueda reproducir la muestra lo más similar posible, esta se encuentra limitada a factores como la calidad de la grabación, la densidad polifónica, y el conocimiento de la forma musical en particular, ya que concierne a la percepción del tiempo y por ende a su compleja medición¹¹⁵. Por otra parte, la transcripción descriptiva tiene como fin único, valga la redundancia, dar una descripción del fenómeno musical sin el objetivo particular de ser decodificado y materializado en sonido (Berlango, 2002).

Las transcripciones que se realizaron sobre las muestras que contempla esta investigación deben ser consideradas de tipo descriptivas, ya que de acuerdo a Kamat (2014) la única forma de interpretar una forma musical de India ya sea en el canto o en un instrumento es aprendiendo con un maestro calificado que esté conectado a una tradición mediante la sucesión discípulo-maestro, si no es el caso, la transcripción prescriptiva caerá probablemente en el error de ser, como literalmente califica Berlango (2002), una *grosera caricatura* del fenómeno sonoro. Aunque una transcripción prescriptiva autorizada es superior en la práctica musical a una transcripción descriptiva, la validez de esta última, específicamente en la partitura occidental, estará directamente delimitada por la matriz temperamental sobre la que se trabaje, dicho esto el concepto de afinación, por lo tanto,

¹¹³ “Now we must understand that the purpose of all art forms in India is to aid the human to evolve spiritually and for the soul to be one with the universe, be in a permanent feel-good state. Music in India has the same purpose, to create a feel-good state”. (22 *Shrutis Simplified – Chapter 2: The Fundamentals*)

¹¹⁴ Citado por Berlango, 2002.

¹¹⁵ Cualquier fenómeno cuyo estudio dependa de la variable tiempo afronta uno de los problemas principales del cálculo, que es básicamente que el tiempo es infinitamente divisible. Por ejemplo, al calcular la velocidad instantánea de un vehículo se considera la distancia recorrida en un límite de tiempo que tiende a cero, pero no puede igualar a cero. Si un vehículo comienza a moverse desde el reposo, si no se mueve desde el segundo cero, ¿cuándo comienza a moverse? Este problema del tiempo se aplica claramente en la música, si la primera nota no comienza en el segundo cero de la muestra, ¿en qué segundo comienza?

remite a las variaciones de las alturas tonales de la muestra con las alturas ideales que provee la matriz determinada.

Para ejemplificar la importancia de la elección pertinente de una matriz en el proceso de transcripción supongamos que: dada una situación ideal sin desafinación en una muestra sonora que en un intervalo de tiempo presenta sinusoidales $\alpha = 888$ Hz y $\beta = 1110$ Hz, si se transcribe de acuerdo al 12-TET con $A(la) = 440$ Hz, los valores se aproximarán a $\alpha = A5 = 880$ Hz y $\beta = C\#/Db5 = 1108.72$ Hz generando un porcentaje de error en α de 0.901 % y en β de 0.116 %. Si se utiliza el 24-TET con $A(la) = 440$ Hz siendo el intervalo menor admisible un cuarto de tono, se repiten los resultados del 12-TET. Luego si se utiliza como matriz el 72-TET, con intervalo mínima igual a un sexto de tono, considerando $A(la) = 440$ Hz se obtiene que $\alpha = A5 + 1/6$ de tono = 888.5 Hz y $\beta = C\#/Db5 = 1108.72$ Hz dando un error en α de 0.057 % y en β de 0.116%. Luego, si se utilizan los 22 *shrutis* como matriz se obtiene sin la necesidad de asumir que alguna de las sinusoidales cumple función de tónica que $\frac{555 \text{ Hz}}{444 \text{ Hz}}$ simplificado da $\frac{5}{4}$, por lo que, considerando la situación ideal propuesta, existe una relación interválica de tipo *Sa:Ga* (S:G1) con error igual a 0 %, lo que no quiere decir que 444 Hz deba considerarse como *Sa* sino que están a una distancia secuencial en *shrutis* de tipo *Purna*, *Praman*, *Nyuna*, *Praman*, *Purna*, *Praman*, *Nyuna* (véase Figura 9. Cap. 2.3.2). Con esta información, teniendo en cuenta que los 22 *shrutis* funcionan en base al sistema de *do movable* las posibilidades diatónicas para la transcripción de $\alpha = 444$ Hz y $\beta = 555$ Hz son respectivamente de izquierda a derecha en la Figura 10 (Cap. 2.3.2): n1 y R1; M1 y D1; S y G1; P y N1; R2 y m1; r2 y M1; d2 y S; g2 y P; n2 y R2; M2 y D2. Dicho esto, es increíble como los 22 *shrutis* otorgan ni más ni menos que diez posibilidades de *shrutis* distintos para α con error igual a cero, mientras que los temperamentos iguales hasta el 72-TET no dan posibilidad alguna de que el error promedio baje de 0.0865 % con $A(la) = 440$ Hz. Ahora, si en los temperamentos iguales se varía el valor de $A(la)$ de 440 Hz a 444 Hz con el fin de disminuir el error se obtiene que $\alpha = A5 = 888$ Hz y que $\beta = C\#/Db -1/6$ de tono = 1108.08 Hz, dando un nuevo porcentaje de error en $\alpha = 0$ % y en $\beta = 0.113$ %, disminuyendo así el porcentaje de error promedio a 0.0565 %.

Por último, dado que el temperamento justo puede entenderse como una subcategoría parcial de los 22 *shrutis* (véase Tabla 2), provee de siete grados diatónicos posibles para que el error

sea igual a cero, por consiguiente, los 22 *shrutis* en este caso es la matriz que admite más grados diatónicos distintos para que el pasaje se escriba en función de una hipotética tónica invariable.

Fuera de la situación ideal antes planteada, la determinación de la altura tonal es un problema común en el componente sonoro del estudio etnomusicológico y en la investigación del discurso hablado, como plantea Rai (2010), quien establece la distinción dentro del espectro entre sonidos vocalizados y no vocalizados¹¹⁶, que paralelamente Oke (2018) distingue como *Nada* y *Dwani*. El enfoque de una transcripción debe estar, por lo tanto, en identificar las frecuencias fundamentales de los sonidos vocalizados y expresar su comportamiento en función del tiempo, los métodos posibles en la actualidad se dividen en dos categorías principales: en primer lugar, la traducción que puede realizar una persona educada en un código musical, que depende directamente de su capacidad para reconocer las alturas y su desplazamiento en el tiempo ya sea en función de un pulso constante¹¹⁷ o no y de su aptitud para balancear a voluntad la densidad de información que codifica, que implícitamente requiere de una jerarquización de los elementos de la muestra sonora, con la dificultad técnica para el intérprete que la decodifique. Por otra parte, está la transcripción automática que genera mediante algoritmos una codificación de la muestra en base a un límite mínimo de tiempo en la determinación de la altura tonal, proceso conocido como extracción de sinusoidal¹¹⁸.

3.2 La transcripción como retrato.

Para un compositor musical la transcripción llevada a cabo sin apoyo tecnológico representa esencialmente un ejercicio de destreza técnica de la misma manera que para un pintor lo es

¹¹⁶ En inglés *voiced sounds* y *unvoiced sounds*.

¹¹⁷ Conforme al problema sobre la medición exacta del tiempo, el pulso constante refiere a una percepción aproximada, ya que, tanto en la tradición occidental como oriental, existen variaciones del pulso en el tiempo que responden a factores propios de la interpretación musical como la cantabilidad y la expresividad de la frase, siendo la tradición oral un factor que delimita estos elementos, vale decir, una muestra musical de una tradición presentará continuidad en un porcentaje de sus elementos y discontinuidad en otro (que puede eventualmente tender a cero) a medida que se repite o reinterpreta la muestra. La detección de los elementos que demuestran jerárquicamente comportamiento continuo o discontinuo en el tiempo constituye una especie de coeficiente de verosimilitud de la codificación y depende de la comprensión de los factores culturales que están correspondidos con elementos en la música, como sugería el etnomusicólogo Lomax. (Savage, 2018).

¹¹⁸ Véase *A multipitch approach to tonic identification in Indian Classical Music*, Salamon et al. 2012.

el retrato, ambas acciones involucran un desenvolvimiento externo del lenguaje al servicio de la representación de un elemento tangible de la naturaleza. No obstante, esto implica una toma de decisiones en la selección de los elementos que constituyen la esencia del fenómeno, para determinar ese elemento característico. En el caso de la pintura Antonio García (2019)¹¹⁹ señala que el retrato para él es la visión subjetiva que el artista tiene del retratado y que si el artista conoce personalmente a quien pinta y además tiene imaginación podrá realizar un retrato exitoso que no sea una mera representación fotográfica. Sobre la pintura hiperrealista, cuya metodología se ha enfocado en el trabajo comparativo entre el cuadro y la ampliación de una fotografía para representar con los colores una suma de detalles milimétricos que resultan en un acabado casi idéntico a la foto y que requiere de un trabajo extenso, García señala tomando como ejemplo que el *retrato de la familia real española* (2015) de Antonio López cae en el error de ser una representación plana que no profundiza en la esencia del retrato como, según él, lo hacen ejemplares como el *retrato de la tía Pepa* (1896) de Picasso que logran expresar la esencia de la persona. Homólogamente en la música, Berlanga cuestiona el hecho de que para retratar una muestra sonora la transcripción musical deba apuntar a graficar un cúmulo de detalles propios de la acústica, como señala a continuación:

Es evidente que algunos elementos ligados al estilo interpretativo de muchas músicas (timbre de voz, ataque y emisión de las notas, portamentos, trémolos, melismas, dinámica y agógica, variaciones de intensidad, complejidad rítmica, etc.), no quedan suficientemente plasmados en las partituras, por muy detalladas que éstas sean: su aprendizaje y puesta en práctica siguen otros caminos, más auditivos que visuales. Éste es uno de los motivos por los que se ha cuestionado desde hace tiempo la validez de partituras detalladas (al estilo de las que hiciera Béla Bartók), que, por prodigarse en detalles, llegan a dificultar la percepción en términos musicales. Por otra parte, las posibilidades actuales de conocer los repertorios a través de grabaciones audio o vídeo de gran calidad, hacen menos necesarias que en el pasado las transcripciones absolutamente detalladas.

(Berlanga, 2002, p.149-150)

Con esto se respalda la idea de que la partitura representa una simplificación del fenómeno musical desde sus elementos acústicos y conforme a ese principio no puede representar, al menos sin dificultar la percepción para el intérprete, toda la información que sí puede almacenar una grabación. No obstante, si este instrumento se utiliza en el estudio de una música determinada debe involucrar consigo antecedentes sobre la matriz en cuestión porque

¹¹⁹ Véase: <https://www.youtube.com/watch?v=hUAl4NcKuW8> (min 21'30).

una muestra que abunda en intervalos puros no puede ser escrita en función de intervalos impuros sin comprometer el concepto de afinación a priori. En lo que concierne a la determinación de alturas tonales estas dependen de lo que se defina como afinación y desafinación, esto va más allá de la definición de consonancia y disonancia porque esta última sigue formando parte de la matriz; la desafinación, en cambio, está fuera de ella, representa técnicamente la desviación de una altura tonal en un intervalo de tiempo determinado con respecto a la matriz, y esto evidentemente va a variar de cultura en cultura, lo que es desafinación en una cultura en otra puede estar dentro de la matriz y ser disonancia o incluso consonancia.

La música como fenómeno sonoro puede prescindir en la práctica del lenguaje escrito de la misma manera que un mueble puede ser construido sin la necesidad de tener un diseño escrito a escala, dicho lo anterior, un retrato sonoro puede existir sin la necesidad pasar por un proceso de transcripción, mientras exista una emisión de sonido que cumpla el objetivo de imitar a otra el acto de representación está. Por ejemplo, las voces de las imitaciones de Kramer¹²⁰ representan, en esencia, un ejercicio de retrato sonoro que consigue desde una fuente emisora de sonido, en este caso su aparato fonador, ilustrar los aspectos característicos de otra fuente externa, las celebridades que imita.

Ahora en el caso del discurso musical donde el estudio de la altura tonal definida prevalece por sobre la articulación como en el discurso hablado: si un campesino que no tiene conocimientos sobre escritura musical imita aves con el silbido de manera tal que evoca la imagen de las aves en otra persona sin la necesidad de entregarle información previa, este debe considerarse un retrato sonoro exitoso; en cambio, si un músico que domina el lenguaje escrito desarrolla una transcripción prescriptiva sobre la misma muestra, si la interpretación de dicha transcripción no evoca la imagen de la aves en otra persona sino hasta entregarle información fuera del sonido mismo, este retrato debe considerarse defectuoso o una transcripción descriptiva que le falta calidad representativa como para ser prescriptiva.

Tanto el retrato pictórico como el retrato sonoro surgen a partir de las mismas acciones interrelacionadas: imitar y comparar. La primera de ellas está condicionada por la naturaleza

¹²⁰ Stefan Kramer (1985-) es un comediante chileno reconocido por caricaturizar e imitar con precisión la manera de hablar y los gestos de celebridades.

de quien la emite y si utiliza o no instrumentos de medición, vale decir, en el caso de la música es lo que popularmente se conoce como *sacar a oído* y es una acción condicionada por el sistema nervioso, auditivo y fonador (en el caso de utilizar el canto) de la persona que realice la imitación y por la congruencia entre matriz del instrumento musical que se utilice como referencia y la matriz de la muestra original. En segundo lugar, la acción de comparar consiste en la recepción alternada del fenómeno original y el retrato, en la actualidad la tecnología ofrece técnicas que ayudan a aumentar la precisión de la comparación en cuanto al contraste de las diferencias de ambas muestras. Por ejemplo, si se graba digitalmente la muestra de una imitación y se superpone con la grabación de la muestra original las diferencias de ritmo y de altura tonal se destacarán en la muestra resultante, más aún si utiliza la distribución espacial en la multipista y si se baja la velocidad de reproducción.

3.3 La transcripción automática.

La codificación automática de señales de audio mediante algoritmos computarizados cada vez está más presente en la tecnología actual, desde afinadores digitales hasta reconocimiento de grabaciones¹²¹, mediante estos procesos se hace posible entre otras cosas que los dispositivos móviles desencadenen determinadas acciones de acuerdo a estímulos compuestos por discurso hablado.

En la musicología occidental a diferencia de la oriental donde hay antecedentes concretos de que la entonación es parte inherente en el lenguaje, la transcripción del discurso hablado en alturas tonales representa un campo complejo de exploración ya que al asumirse el 12-TET como matriz por defecto cualquier secuencia de sinusoidales puede o bien aproximarse a la altura más cercana de la matriz (como son las populares transcripciones¹²² del bajista *MonoNeon*) o aproximarse a una división expandida de la matriz, en este caso a la utilización de divisiones enteras de los 100 *cents*. Para determinar una altura tonal es necesario la detección y estimación de sinusoidales (Taylan, 2006), el algoritmo más popular es la

¹²¹ Véase la aplicación para Android: *Shazam*.

¹²² No presenta notación escrita sino más bien acompaña una voz con el bajo imitando cada ataque con una nota cercana, si bien, podría no considerarse una transcripción funciona como retrato sonoro, que podría fácilmente traducirse al pentagrama occidental.

transformada de Fourier, que muy resumidamente consiste en el desglose de una señal compleja en la suma de sinusoidales simples.

La transcripción automática tiene defectos producto de la complejidad que conlleva la medición de un fenómeno tridimensional como es el sonido, ante esto Benetos señala:

La transcripción musical automática es considerada por muchos el Santo Grial en el campo del análisis de señales musicales. Sin embargo, la ejecución de los sistemas de transcripción está aun significativamente por debajo de la de un humano experto, y las exactitudes reportadas en los años recientes parece haber alcanzado un límite, no obstante, el campo está muy activo.

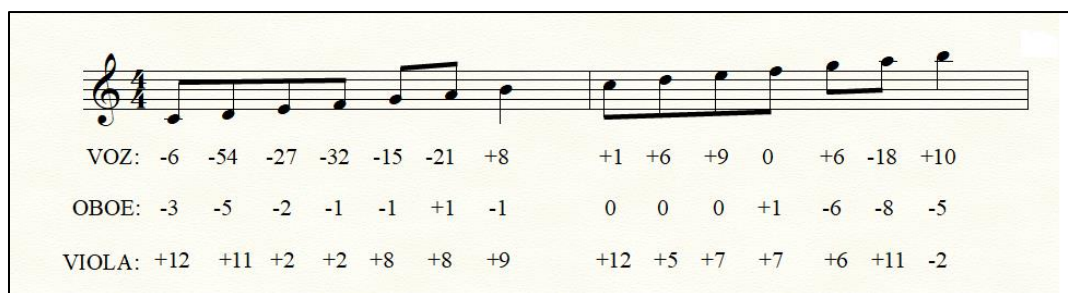
(Benetos, 2013. Traducido por el autor¹²³)

La imprecisión de aplicar dicho proceso en instrumentos que no tengan una matriz definida, como la voz o los instrumentos de cuerda sin traste, radica en la aún compleja determinación de la interferencia constructiva y destructiva en el análisis polifónico y además la limitación intrínseca del método de grabación determinado.

3.3.1 La anomalía de *Melodyne* en la muestra MIDI.

El programa computacional Melodyne se ha vuelto popular en la producción de música actualmente porque permite codificar y alterar una muestra monofónica o polifónica y aproximarla a voluntad a cualquier grado del 12-TET. Posee tres algoritmos (melódico, polifónico y percusivo) que entregan mediciones distintas de la altura tonal y sus respectivos tiempos de ataque, sostén y decaimiento.

Figura 18. Desviación expresada en *cents* de tres audios del mismo pasaje exportados del programa Finale y analizados mediante el algoritmo melódico de *Melodyne*.



(Elaborado por el autor.)

¹²³ "Automatic music transcription is considered by many to be the Holy Grail in the field of music signal analysis. However, the performance of transcription systems is still significantly below that of a human expert, and accuracies reported in recent years seem to have reached a limit, although the field is still very active".

La utilidad que provee este programa en la recolección de datos de las muestras que utilizan 22 *shrutis* se remite a la información que entregan sus algoritmos sobre los intervalos de tiempo de las alturas tonales, vale decir, el algoritmo percusivo, esto por lo que muestra la Figura 14. La medición de las sinusoidales, por su parte, genera imprecisiones inaceptables para el estudio de cualquier muestra fuera de la matriz 12-TET ya que entregar la información de las frecuencias en función de valores enteros en cents imposibilita la aproximación a intervalos en proporciones simples.

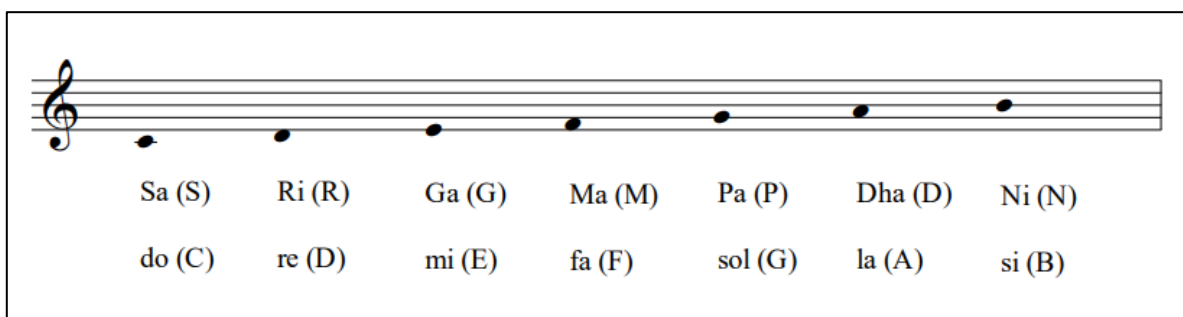
3.4 Sobre la notación escrita.

Propongo aquí una manera simple de rectificar el error de inteligibilidad de la notación de Daniélou y suplir, a la vez, la falta de información en la notación que proponen autores como Tagore, Fox, Popley y Gajardo, respetando los fundamentos físico matemáticos y diatónicos que describe el Dr.Oke.

3.4.1 El punto de compatibilidad diatónica.

Existe una semejanza en la agrupación de los grados diatónicos, concebido el diatonismo como independiente del concepto de altura tonal, entre la tradición de India y la tradición occidental, esto porque en el solfeo ambas utilizan solo siete sílabas, que pueden entenderse como una serie de recipientes cuyo contenido puede variar, pero sus abreviaciones silábicas no cambian.

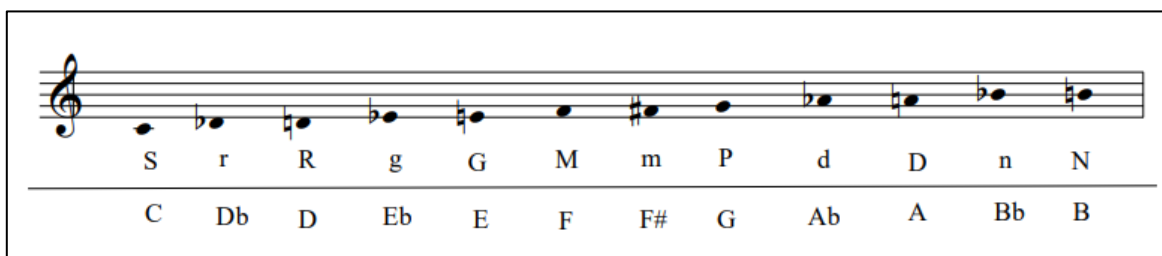
Figura 19. Notación para los siete grados diatónicos principales con sus abreviaciones silábicas indias y occidentales.



(Shankar, 2020. Reescrito por el autor)

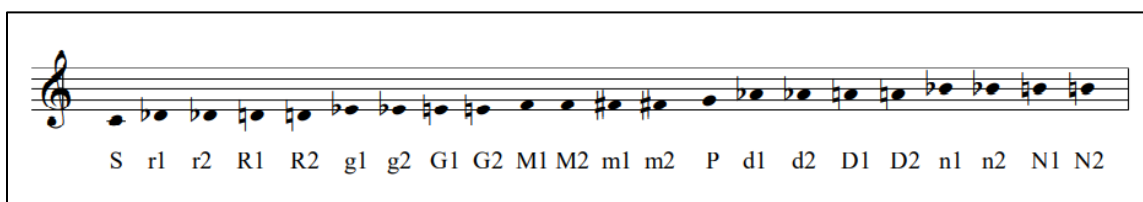
Esta división en siete grados diferentes es la base de la partitura occidental, cualquier altura tonal que esté fuera de las determinadas por la matriz para estos siete puntos debe ser graficada por medio de una alteración ya sea bemol o sostenido, *komola* o *tivra* en los 22 *shrutis*.

Figura 20. Notación para la división de los siete grados en doce en abreviación india y clave americana.



(Shankar, 2020. Reescrito por el autor)

Figura 21. Notación para la división de los 22 *shrutis* con sus abreviaciones cortas.



(Elaborado por el autor a partir de la información de la Figura 11.)

Luego, ambas tradiciones contemplan una división de los siete grados en doce nuevos grados equivalentes en la manera que señala la Figura 16, de manera que el sostenido solo se utiliza con *m* (F#) y el bemol se utiliza con *r* (Db), *g* (Eb), *d* (Ab) y *n* (Bb). En el 12-TET estos doce grados son suficientes como para definir cada altura tonal dada su exclusiva propiedad de enarmonía entre dos alteraciones colindantes ($D\# = Eb$), en el sistema indio sigue siendo una división diatónica hasta que diez de estos doce grados se dividen finalmente en dos grados más cada uno como muestra la Figura 17.

Finalmente, para graficar esta división de los 22 shrutis considero que la notación de Daniélou no es práctica dado que dichas formas de cabezas de las notas (véase Figura 4) por un lado, confunden su valor rítmico y, en segundo lugar, el rombo se asocia actualmente con

la ejecución de un armónico natural. Dado esto la solución más simple es adjuntar una abreviación (letra y número en los grados *chala*) del *shruti* determinado como muestra la Figura 17 y que dicha información, para efectos prácticos, pueda ser establecida al comienzo del primer sistema de forma adjunta a la armadura, que en este caso como la musicología india funciona en base al sistema de *do movable* va a ser siempre la de *do* y lo que va a variar es el valor de la frecuencia fundamental del *do central* y los *shrutis* específicos que se utilicen.

Si, por ejemplo, se establece que la alteración bemol para el segundo grado se le asigna el *shruti* r1, si en algún pasaje se utiliza su variación superior r2 debe colocarse su abreviación por debajo de la nota, como una forma de alteración expandida.

Luego, si en los 22 *shrutis* hay diez de un total de doce grados que tienen dos variaciones ¿cómo se pueden escribir los diez que comparten la misma alteración? Una especulación occidental podría ser escribir r1 como *do sostenido* y r2 como *re bemol*, pero esto estaría errado porque transgrede los fundamentos del diatonismo de India ya que la sílaba *Sa (do)* no tiene variante al igual que *Pa (sol)*, por esa razón es que las alteraciones para transcribir muestras que utilicen 22 *shrutis* deben regirse por las de la de la Figura 20.

3.4.2 La armadura secundaria.

Si en los 22 *shrutis* hay diez de un total de doce grados que tienen dos variaciones ¿cómo se pueden escribir los diez que comparten la misma alteración? Una especulación occidental podría ser escribir r1 como *do sostenido* y r2 como *re bemol*, pero esto no puede ser correcto porque transgrede los fundamentos del diatonismo de India ya que la sílaba *Sa (do)* no tiene variante al igual que *Pa (sol)*, por esa razón es que las alteraciones para transcribir muestras que utilicen 22 *shrutis* deben regirse por las de la de la Figura 17.

Como en los *Ragas* se utiliza una selección de los 22 *shrutis* (Oke, 2018), es posible juntar esta información y dejarla expresada al comienzo del primer sistema de forma adjunta a la armadura occidental convencional, a esto se le llama armadura secundaria (véase Figura 22) cuya información esencial es la matriz de afinación y los puntos de esta matriz que se utilizan, en este caso los *shrutis* específicos.

Por otra parte, como las armaduras que admiten los *softwares* de edición de partituras como *Finale* se remiten a las del círculo de quintas del 12-TET no es práctico utilizar una armadura distinta a la de *do* para ningún Raga, ya que, en primera instancia, un cambio de armadura en la tradición occidental supone un cambio de la altura tonal con el rol de tónica, y por otra parte, existen *Ragas* como *Madhukouns* que utiliza g2 (Eb) y m2 (F#) por lo que es imposible que dos alteraciones distintas compartan lugar en la armadura, debido a esto es que todas las alteraciones de tipo bemol o sostenido deberán ser escritas y sus respectivas alturas tonales deben ser indicadas en la armadura doble.

Figura 22. Ejemplo de armadura secundaria en transcripción de *Raga Todi*.

Matriz: 22 shrutis
 Shrutis Raga Todi: S, r1, g1, m1, P, d1, N1
 Sa (C5) = 349.23 Hz

Violín

Armonio de 22 shrutis

$60 < \text{♩} < 65$

mp

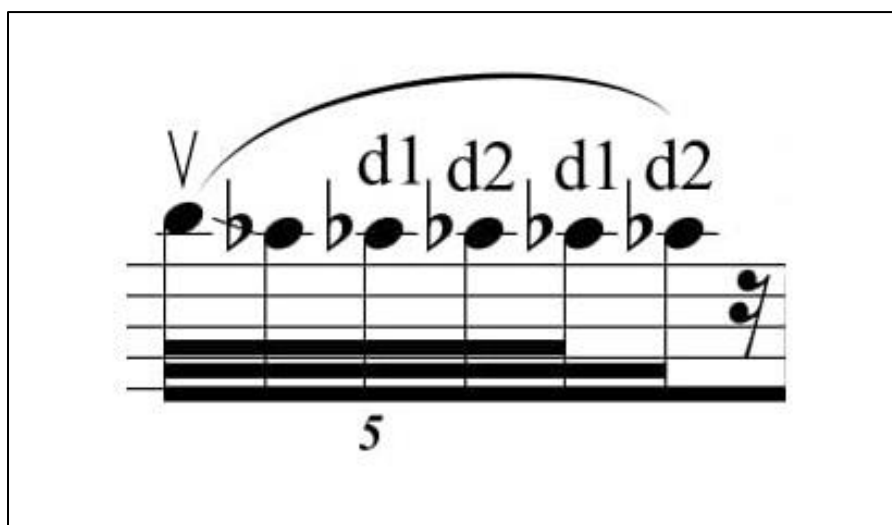
(Elaborado por el autor a partir de la aplicación *22 shrutis in 500 Ragas*.)

En el caso de la Figura 22, por ejemplo, no se entrega información específica sobre la altura tonal de *re natural* sino de *re bemol*, si hipotéticamente en algún pasaje aparece *re natural* debe necesariamente indicarse si su altura corresponde a R1 o a R2, de otra forma se considerará indeterminado, ya que en la *armadura de shrutis*, entiéndase esta como la información dada sobre la frecuencia fundamental para la tónica y las distancias dentro de la matriz que son escogidas.

3.4.3 La alteración secundaria.

Si dos variantes de un mismo grado (por ejemplo: d1-d2) aparecen juntos dentro de un compás el símbolo *bemol* por sí solo no es suficiente para señalar dicha diferencia. Dado esto, la notación propuesta responde a una solución simple para resolver este problema que es adjuntar a la nota la abreviación del *shruti* específico, a esto se le denominará *alteración doble*, porque al símbolo occidental de alteración (becuadro, bemol o sostenido) se le agrega la información específica de la variante en su forma más concisa (véase Figura 21).

Figura 23. Pasaje de la transcripción del *Raga Adana* donde se utiliza la alteración secundaria.



(Elaborado por el autor.)

El uso de la *alteración secundaria* tiene utilidad práctica cuando existe una *armadura doble*, que no existe en los temperamentos iguales (12-TET, 24-TET, 36-TET, 72-TET) porque se ha desarrollado un sistema de notación de alteraciones para expresar cada uno de sus intervalos por lo que utilizar dichos símbolos, a modo de reciclaje, para expresar *shrutis* puede resultar confuso.

Para facilitar su inserción en la notación occidental estandarizada, la *alteración doble* se registrará por las mismas reglas que la *alteración simple*, es decir, que su condición se prolongan dentro de un compás y se anulan con la barra de compás posterior a ella. Además, para evitar confusiones, la *alteración secundaria* podría eventualmente ir acompañada de una *alteración*

primaria o simple, aunque esta sea redundante a la armadura, esto con el mismo objetivo práctico de la *alteración de cortesía*.

3.4.4 Sobre la escritura del ritmo.

Hay que señalar que en las transcripciones de tipo descriptivas que se realizaron la expresión del ritmo no pretende ser rigurosamente correcta ni representar la percepción del pulso de los intérpretes sino más bien servir de apoyo al oyente en el reconocimiento secuencial de los intervalos en la muestra auditiva. Para rectificar las expresiones propuestas será necesario en un futuro establecer un estado del arte sólido exclusivamente sobre el concepto de ritmo y su percepción desde las fuentes de India.

Dicho lo anterior, el criterio en la determinación de las variables: pulso, métrica, figura rítmica, barra de compas, alteración interna de agógica; está guiado por el concepto de frase musical, con respecto a la relación de estos dos conceptos se señala en las fuentes europeas lo siguiente:

El ritmo es particularmente importante al moldear la frase. Contribuye al interés y la variedad; establece el carácter; y es, a menudo, el factor determinante al establecer la unidad de la frase. El final de la frase usualmente diferenciado rítmicamente para proveer puntuación.

Los finales de frase pueden estar señalados por una combinación de características distintivas, tales como reducción rítmica, relajación rítmica mediante una caída en la altura tonal, el uso de intervalos más pequeños y menos notas; o por otra diferenciación apropiada.

(Schönberg, p.3, 1967. Traducido por el autor)¹²⁴

Siguiendo este parámetro, cada frase de las muestras auditivas fue analizada de manera independiente de manera que cada una de las figuras dentro de la frase es aproximada por la sensación que produce junto a las notas adyacentes, y de acuerdo a esto, la misma figura en frases distintas puede variar su valor de tiempo si se examina en un límite de tiempo que tienda a cero. Lo anterior se debe a que, como plantea Clayton (2002), el concepto de pulso constante no aplica a toda la música de India, sino que se hace prominente tal concepto cuando hay instrumentos de percusión, que en gran parte de la unidad de análisis no hay.

¹²⁴ "Rhythm is particularly important in moulding the phrase. It contributes to interest and variety; it establishes character; and it is often the determining factor in establishing de unity of the phrase. The end of the phrase is usually differentiated rhythmically to provide punctuation.

Phase endings may be marked by a combination of distinguishing features, such as rhythmic reduction, melodic relaxation through a drop in pitch, the use of smaller intervals and fewer notes; or by any other suitable differentiation".

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1 Transcripción con información previa.

Del video 22 *Shrutis Simplified - Chapter 4: Demonstrations*¹²⁵ fueron extraídas las muestras de la Parte I (min. 7'03-16'46) y Parte III (min. 16'46-22'19); la Parte II fue extraída del video 22 *Shrutis Simplified - Chapter 1 - In a Nutshell*¹²⁶ (min 10'55-12-21) y la información cuantitativa previa¹²⁷ fue extraída del mismo vídeo y de la aplicación para dispositivos móviles 22 *shrutis in 500 Ragas*¹²⁸.

Para analizar las transcripciones se sugiere seguirlas en conjunto con los videos y para analizar las tablas hay que considerar que la columna izquierda representa información de clasificación general y la columna derecha presenta la información específica de cada muestra. Las observaciones fueron hechas en base a las partituras adjuntas en el capítulo 7.1. que, vale reiterar, son transcripciones de tipo descriptivas cuyo fin no es explicar cómo se debe ejecutar el *Raga* sino desglosar su comportamiento en una interpretación a partir de los fundamentos expuestos. Al contrario de la transcripción prescriptiva, que es homologable a una receta de cocina, las transcripciones de esta investigación son comparables a una descripción guiada de una preparación ya hecha, en donde se sabe qué ingredientes se utilizan, pero no los procedimientos aplicados a estos para llegar al resultado final.

4.1.1 r1.

<i>Raga:</i>	<i>Todi</i>
<i>Sa (do)</i> , Tónica:	349.23 Hz (<i>fa</i> en 12-TET)
<i>Shrutis:</i>	S, r1, g1, m1, P, d1, N1
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, r1, g1, m1, d1, N1, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', N1, d1, P, m1, g1, r1, S

¹²⁵ Véase en el url <https://www.youtube.com/watch?v=KfmCpWLLgmY&t=1007s>

¹²⁶ Véase en el url: <https://www.youtube.com/watch?v=U1absCjaZFQ>

¹²⁷ El nombre del *Raga* junto con su selección específica de *shrutis*.

¹²⁸ Búsquese con ese nombre en *Playstore*.

Fracciones de intervalos:	S: 1/1; r1: 256/243; g1 32/27; m1: 45/32; P: 3/2; d1: 128/81; N1: 15/8; S': 2/1
Distancias interválicas ¹²⁹ en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); r1: 30.849 cm; g1: 27.421 cm; m1: 23.111 cm; P: 21.667 cm; d1: 20.566 cm; N1: 17.333 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; r1: 367.91 Hz; g1: 413.87 Hz; m1: 491.09 Hz; P: 523.85 Hz; d1: 551.85 Hz; N1: 654.81 Hz; S': 698.46 Hz
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	P-N1
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	r1-d1; d1-g1'; N1-m1'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: m1-d1' (décima)

- Ámbito del armonio: m1-d1' (décima), sin considerar el armónico natural del compás 2.

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: se visualizan solo intervalos de segunda y tercera, a excepción exclusivamente del intervalo de sexta r1'-m1 entre la redonda del compás 3 y la nota de gracia del compás 4. Se presenta la segunda aumentada g1-m1.

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: al igual que en el violín la trayectoria melódica está conformada mayoritariamente por segundas, terceras y un caso aislado de desplazamiento de sexta S-d1 en el compás 2. Se presentan las segundas aumentadas g1-m1 y d1-N1.

¹²⁹ La medida de cada *shruti* expresa la longitud vibrante de la nueva cuerda desde el punto donde se presione.

- Trayectoria melódica: En el compás 2 el armonio imita el motivo d1-m1-g1 (Ab - F# - Eb) del violín con una disminución rítmica en el tercer tiempo que resuelve en una octava en el compás 3, donde el armonio utiliza una nota de gracia S-r1. Luego en el compás 4 se presenta un contrapunto nota contra nota en movimiento contrario que resuelve en r1 al igual que el compás 3. En el compás 5 el violín presenta la frase con más notas de la muestra que puede ser descrita en los dos primeros tiempos como una bordadura del *shruti* r1 y en el último tiempo el motivo N1-S-N1-g1 sugiere un tiempo de cadencia al r1 en nota larga del compás 6. El armonio en el compás 5 imita en el tiempo 2 el motivo r1-g1-r1 del violín en el tiempo 1 y en lugar de resolver en g1 lo hace en S y luego reitera el motivo r1-g1-r1-S generando un retardo r1-S en el compás 6. En el compás 7 ambos instrumentos presentan un movimiento descendente g1-r1-S desde la segunda mitad del tiempo 1; en el violín es antecedido por r1 ornamentado y llega a S con una nota de gracia r1-S con *glissando* y en el armonio es antecedido por S y resuelve en el S final con una nota de gracia N1-S. En el tiempo 1 del último compás se presenta un contrapunto alternado de dos notas contra una, luego en los dos tiempos posteriores se presenta una situación de alternancia rítmica donde ambos instrumentos no se vuelven a encontrar en ningún ataque, resolviendo ambos últimamente en la tónica.

b) Verticalidad: En el compás 2 se produce en el primer tiempo dos intervalos armónicos: S-g1 y S-m1; el segundo tiempo presenta el intervalo S-d1 y luego en el tercer tiempo el ritmo armónico se estrecha generándose los intervalos: d1-m1', m1-g1 y g1-g1'. En el tiempo 1 del compás 4 se genera dos intervalos nota contra nota: r1-d1 (considerado consonante dada su proporción 2:3) y S-N1; luego en el tiempo 2 el intervalo prominente es r1-N1 (puede ser considerado disonante dado que la inversión de r1 es N2 y no N1). En el compás 5 se presentan los intervalos S-g1, g1-S', y octavas: r1-r1', S-S', g1-g1'. Luego en el compás 6 se produce una situación curiosa porque el desplazamiento desde la superposición r1-r1' a S-r1', ¿genera una sensación de reposo o de tensión?

c) Aspectos técnicos: El violín presenta duraciones de arco cortas en la primera frase (sin considerar la ornamentación sería un arco por cada nota) y luego en las frases posteriores los arcos se prolongan por más tiempo y abarcan más notas llegando al pico de notas por arco en el compás 5. La ubicación del arco es casi sobre el traste a excepción del compás final.

En el armonio se destaca el *legato* de la primera frase que requiere de una presión alta de aire que genera el armónico en el compás 2 al soltar la tecla.

4.1.2 r2.

<i>Raga:</i>	<i>Bhairav</i>
<i>Sa (do)</i> , Tónica:	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, r2, G1, M1, P, d2, N1
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, G1, M1, d2, N1, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', N1, d2, P, M1, G1, M1, r2, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; r2: 16/15; G1: 5/4; M1: 4/3; P: 3/2; d2: 8/5; N1: 15/8; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); r2: 30.46 cm; G1: 26 cm; M1: 24.375 cm; P: 21.666 cm; d2: 20.312 cm; N1: 17.333 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; r2: 372.51 Hz; G1: 436.53 Hz; M1: 465.64 Hz; P: 523.85 Hz; d2: 558.76 Hz; N1: 654.81 Hz; S': 698.46 Hz
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	S-G1; r2-M1; P-N1; d2-S'
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P; r2-d2; G1-N1

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-N1 (séptima).

- Ámbito del armonio: S-P (quinta).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Predomina el desplazamiento de segunda (G1-M1, N1-d2, P-d2) luego se hayan los movimientos de tercera y tanto en el comienzo de la primera frase (cc.1) como en el comienzo de la última (cc.9) se presentan saltos de cuarta S-M1.

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: Predominan las segundas; casos aislados de terceras (cc.1 y cc.7). En el compás 3 existe la disyuntiva de que se puede considerar como un desplazamiento de quinta o como la incorporación de una voz independiente en la textura, lo mismo aplica para el compás 6-7.

- Trayectoria melódica: En líneas generales se presenta una interacción de diálogo entre los dos instrumentos, ya que cuando uno hace notas cortas el otro acompaña con notas largas y viceversa (en los compases 1 y 2 es más notorio). En el violín las frases comparten un contorno melódico de movimiento ascendente con notas cortas y resolución descendente en notas largas. El armonio cuando presenta líneas simples (de una sola voz) genera una textura contrapuntística con el violín, no obstante, desde el compás 3 adopta un rol más de acompañamiento, es decir, que las voces reducen su movimiento comparado con las notas cortas de los inicios de frase del violín, hasta el compás 7 donde se retoma la idea de diálogo alternado de los primeros compases.

b) Verticalidad: Los primeros tres tiempos del compás 1 pueden interpretarse como un acorde S-G1-P con M1 como adorno; el cuarto tiempo puede ser visto como un acorde de fundamental M1, sin tercera en la disposición S-G1-M1 desde la nota más baja. Luego el compás 2 sugiere un acorde de fundamental r2 y en el último tiempo anticipa un acorde M1-d2-S-G1 con S como nota más baja. Luego en la segunda mitad del compás 3 se establece un acorde de configuración S-P-N1 (sin tercera G1) con d2 como adorno. Luego se prolonga el acorde S-P que en el compás 5 también puede ser interpretado desde la intuición occidental como un acorde d2-S-P invertido (S en el bajo) sin quinta. La superposición anterior resuelve en M1 doblado (cc.6). En el compás 7 se genera una especie de progresión con S como nota pedal entre el acorde de fundamental M1 y el acorde de tónica S-G1 que se prolonga en el compás 8. El compás 9 gira entorno a M1 y en el último tiempo se presenta un doblaje de G1 que se desliza paralelamente hacia r2 y luego a la resolución final a S en el compás 11.

c) Aspectos técnicos: En los primeros dos compases las primeras notas de las frases son ejecutadas con el tercio de arco más cercano a la punta, esto probablemente para preparar la arcada de punta que abarca siete notas. Se destaca el uso de *glissando* en notas cortas (cc.1, cc.2, cc.3, cc.5, cc.7, cc.9). Los cambios de arco se dan intervalos de tiempo menor en los primeros compases y luego desde el compás 6 se evidencian arcos más largos.

4.1.3 g1.

<i>Raga:</i>	<i>Malakouns</i>
<i>Sa (do)</i> , Tónica:	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, g1, M1, d1, n1
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, g1, M1, d1, n1, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', n1, d1, M1, g1, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; g1: 32/27; M1: 4/3; d1: 128/81; n1: 16/9; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); g1: 27.42 cm; M1: 24.375 cm; d1: 20.566 cm; n1: 18.281 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; g1: 413.87 Hz; M1: 465.64 Hz; d1: 551.85 Hz; n1: 620.85 Hz; S': 698.46 Hz.
Relaciones Sa:Ga (4:5):	No hay
Relaciones Sa:Pa (2:3):	g1-n1; M1-S'; d1-g1', n1-M1'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-n1 (séptima).

- Ámbito del armonio: S-M1' (oncena).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: En la primera frase (cc.1-4) se presenta una cuarta S-M1; se destaca el movimiento M1-g1 a modo de trino; se presenta nota repetida g1 (cc.2 y cc.3); aparece luego la tercera descendente g1-S (cc.3, cc.6, cc.8) y ascendente (cc.7). Finalmente se presenta la cuarta ascendente M1-n1 y la quinta descendente n1-g1 una sola vez en el compás 7.

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: Se presentan casi en la misma cantidad (9 y 8 respectivamente) desplazamientos de tercera (S-g1) y de segunda (d1-n1, S-n1, M1-g1). En momentos aislados se presentan desplazamientos de cuarta n1-g1 (cc.1 y cc.2), S-M1 (solo si se considera que en el cc.5 se produce la sensación de movimiento melódico)

- Trayectoria melódica: El armonio comienza en el cc.1 con una frase de contorno ascendente de ámbito d1-g1 que es respondida en el cc.2 (con un alzar del cc.1) en el ámbito S-g1. En el cc.2 se genera movimiento paralelo y oblicuo entre el violín y el armonio. Luego en los compases 3-6 el armonio presenta una nota pedal de tónica sin movimiento considerable hasta el cc.5 donde genera momentos de movimiento contrario con el violín. En cuanto a la focalización de la atención en el contrapunto se da que la situación inicial (cc.1-2) se comparte el protagonismo, luego en los cc.3-6 el violín pasa a primer plano con una figuración más rápida. Finalmente, en los cc.7-8 se da un protagonismo repartido en el que el armonio presenta figuras más cortas que el violín.

b) Verticalidad: El alzar de la primera frase entra en un intervalo g1-S', luego en el cc.2 se destaca la cuarta n1-g1 (consonante dado que n1: g1 = 3:4) que presenta antes una doble apoyatura de la cuarta S-M1. En el cc.3 se destaca el intervalo S-g1 ornamentado. En los cc.3-5 se hace prominente la cuarta S-M1. Finalmente, los cc.7-8 presentan combinaciones verticales que agrupadas formarían un acorde de configuración S-g1-M1-n1.

c) Aspectos técnicos: En la primera frase el violín presenta una arcada de taco en el alzar que es ejecutada desde el tercio de arco más cercano a la punta, luego en el cc.2 la arcada de punta

abarca 6 notas entre ellas 3 que se repiten en la misma dirección de arco, esto es posible por la articulación que da la intérprete en las notas repetidas con un leve *crescendo*. Se destaca uso reiterado del glissando entre dos notas en movimiento continuo (cc.3, cc.5, cc.7-8) y también como nota de gracia (cc.6, cc.7).

4.1.4 g2.

<i>Raga:</i>	<i>Multani</i>
<i>Sa (do)</i> , Tónica:	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, r1, g2, m1, P, d2, N1
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, g2, m1, P, N1, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', N1, d2, P, m1, g2, r1, S
Fraciones de intervalos:	S: 1/1; r1: 256/243; g2: 6/5; m1: 45/32; P: 3/2; d2: 8/5; N1: 15/8; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (al aire); r1: 30.849 cm; g2: 27.083 cm; m1: 23.111 cm; P: 21.667 cm; d2: 20.312 cm; N1: 17.333 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; r1: 367.91 Hz; g2: 419.07 Hz; m1: 491.09 Hz; P: 523.85 Hz; d2: 558.76 Hz; N1: 654.81 Hz; S': 698.46 Hz
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	g2-P; P-N1; d2-S'
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P; d2-g2'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-P (quinta).

- Ámbito del armonio: S-P' (docena).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Se presentan desplazamientos de segundas g2-m1 (segunda aumentada), m1-P, N1-S, g2-r1 y r1-S; en todos los comienzos de frase se presenta una tercera (S-g2, P-N1 y P-g2 respectivamente). Las dos primeras frases resuelven en g2 (cc.4, cc.11) y la última frase resuelve en la tónica S (cc.13).

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: En la primera frase (cc.1-5) predominan las segundas (S-N1-S, m1-P-m1, m1-g2) y aparecen también desplazamientos aislados de cuarta (S'-P¹³⁰ y S-m1). Aparece la segunda aumentada m1-g2 en el cc.8; luego aparecen intervalos amplios como la octava (cc.11) y la docena (cc.12).

- Trayectoria melódica: En la primera frase se generan momentos de movimiento contrario entre las partes (cc.2-3) seguido por una imitación del intervalo m1-P (cc.3) que conduce a la resolución en unísono g2 donde luego el armonio agrega la tónica S (cc.4-5). En la segunda frase (cc.6-11) se forma una textura de melodía con acompañamiento (cc.6-7) hasta que el armonio introduce el motivo m1-P-m1-g2 en nota corta, generando en el cc.8 una situación de polifonía horizontal. El motivo anterior es imitado con variación en el violín en los cc.10-11 y resuelve en otro unísono g2 (cc.11). Finalmente, el armonio se desplaza al registro bajo y presenta el motivo g2-r1-S que es imitado en el violín con notas largas en el cc.12 pero agregando la nota P (P-g2-r1-S) que, a su vez, genera una inversión diatónica del motivo inicial de la primera frase (S-g2-m1-P). La sensación de puntuación en el final la brinda el movimiento descendente hacia la tónica, las notas largas, y la octava del armonio en el cc.14.

b) Verticalidad: Los primeros dos compases sugieren un acorde de fundamental S y al agrupar sus notas resulta una configuración P-N1-S'-g2'-m1'-P', destacándose la superposición P-S-m1 en el cc.2 y cc.3, que resuelve en el intervalo S-g2. Luego primera nota de la segunda frase (cc.6) genera un acorde S-g2-P con el armonio, a diferencia de la demostración del *Raga Malakouns* que utiliza g1, aquí se cumple que g2-P = S-G1, por lo que se considera consonante dicha superposición, no así g1-P = S-G2 que se utiliza más en

¹³⁰ Solo si se considera una sensación de desplazamiento melódico, de no ser así se considera una cuarta vertical.

un contexto melódico. Dicho acorde S-g2-P se repite en el cc.9 y en el cc.12 se sugiere de manera arpegiada.

c) Aspectos técnicos: El violín presenta el uso de nota de gracia con *glissando* ascendente (cc.6, cc.7, cc.9, cc.10) y descendente (cc.1). En el cc.12 la sucesión descendente P-g2-r1 posee nota de gracia con *glissando* desde abajo en cada nota, aunque van en la misma dirección de arco están separadas en la articulación.

4.1.5 m1.

<i>Raga:</i>	<i>Basant</i>
<i>Sa (do), Tónica:</i>	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, r1, G1, M1, m1, P, d1, N1
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, M1, G1, m1, d1 N1, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', N1, d1, P, m1, G1, m1, G1, r1, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; r1: 256/243; G1: 5/4; m1: 45/32; P: 3/2; d1: 128/81; N1: 15/8; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); r1: 30.849 cm; G1: 26 cm; m1: 23.111 cm; P: 21.667 cm; d1: 20.566 cm; N1: 17.333 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; r1: 367.91 Hz; G1: 436.53 Hz; m1: 491.09 Hz; P: 523.85 Hz; d1: 551.85 Hz; N1: 654.81 Hz; S': 698.46 Hz
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	S-G1; P-N1
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P; r1-d1; G1-N1; M1-S'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-r1' (novena).

- Ámbito del armonio: S-N1' (séptima más una octava).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Predominan los desplazamientos de segunda (m1-P, G1-m1, G1-r1, r1-S, d1-N1, d1-P) y en menor medida de tercera (P-G1, N1-P, S-G1); existe también nota repetida P (cc.2, cc.13) y un movimiento de cuarta ascendente y descendente d1-r1'-d1 (cc.9-10), consonante dada su relación $r1:d1 = S-P = 2:3$.

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: Presenta desplazamientos de octava (cc.1, cc.17), segundas (P-m1, G1-r1, m1-G1, d1-N1, d1-P, r1-S), terceras (P-G1, m1-d1, G1-S) y casos aislados de cuartas S-m1 (cc.1-2, cc.8) y P-S' (cc.9-10).

- Trayectoria melódica: En el cc.2 el violín presenta el motivo m1-P-P-G1 que se reitera en el cc.13 y aparece variado con m1-P interpolado en el cc.4 y cc.15. En la primera frase (cc.1-3) existe un contorno melódico en dirección contraria entre los instrumentos, resolviendo en m1, que en el armonio es ornamentado con la nota de gracia G1-m1. Luego en los cc.4-7 cuando el violín presenta nota corta el armonio acompaña con nota larga (cc.4) y cuando el violín resuelve en nota larga el armonio introduce motivos con figuras cortas generando una interacción a modo de diálogo entre las partes. En los cc.8-11 comienza con un contorno ascendente en ambos instrumentos con un gesto de contracción, es decir, que genera una transición de figura larga a figura corta; resuelve con un movimiento cadencial de cuarta P-S' en el armonio (cc.9-10) con una cadencia en el violín donde llega a su nota más alta por medio del movimiento ascendente d1-r1 y que refuerza su carácter de clímax con el *crescendo*. Luego desde el cc.12-17 existe una disminución progresiva del movimiento dada por las figuras largas del armonio que toman un rol de acompañamiento armónico y no vuelve a introducir semicorcheas. Desde el cc.13 hasta el cc.17 el violín presenta una reexposición variada de lo que presenta al comienzo resolviendo por movimiento descendente gradual hacia la tónica en la cadencia final (cc.16) que el armonio imita de forma sincopada.

b) Verticalidad: Se genera una especie de progresión entre la superposición S-G1 y S-m1 que se reitera a lo largo de la muestra. En el cc.2 se muestra la alternancia del eje S-m1 y S-G1

que luego resuelven en S-m1 en el cc.3. y cuyo eje armónico se prolonga por el cc.4 y la mitad del cc.5 donde resuelve en el eje S-G1 (cc.6-7). Luego en los cc.8-12 se prolonga el eje S-G1 y en los cc.12-14 adquiere protagonismo el eje S-m1 para finalmente resolver en S-G1 (cc.15-17). Se generan reiteradas superposiciones de unísono entre las partes (cc.2, cc.3, cc.14), terceras de tipo S-G1 (cc.6), m1-d1 (tercera disminuida en la nomenclatura occidental). Además, se presenta superposiciones de tres notas en las configuraciones S-P-r1 (cc.10) y S-m1-P, dicha relación vertical m1-P se presenta en el armonio en el cc.15 y se ve reforzada por el motivo m1-P-m1-P del violín que resuelve en el unísono G1.

c) Aspectos técnicos: El violín presenta un abundante uso de *glissando* entre dos o más notas. Las arcadas abarcan siempre más de una nota a excepción del cc.8. Los comienzos de frase tienden a ser con movimiento de arco de punta (cc.2, cc.3, cc.5, cc.8, cc.13) y los movimientos de talón suelen presentarse sin espacios de silencio antes (cc.2, cc.4, cc.8, cc.13, cc.14). El armonio, por su parte, presenta uso de nota tenida, generando una textura polifónica en el cc.4, cc.5, cc.9-10, cc.13).

4.1.6 m2.

<i>Raga:</i>	<i>Madhukauns</i>
<i>Sa (do), Tónica:</i>	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, g2, m2, P, n2
<i>Aroha (escala ascendente):</i>	S, g2, m2, P, n2, S'
<i>Avaroha (escala descendente):</i>	S', n2, P, m2, g2, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; g2: 6/5; m2: 729/512; P: 3/2; n2: 9/5; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); g2: 27.083 cm; m2: 22.825 cm; P: 21.667 cm; n2: 18.055 cm; S': 16.25 cm

Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; g2: 419.07 Hz; m2: 497.23 Hz; P: 523.85 Hz; n2: 628.61 Hz; S': 698.46 Hz
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	g2-P
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P; g2-n2

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-S' (octava).

- Ámbito del armonio: P-n2' (décima).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Se presentan solo desplazamientos de tercera (S-g2, g2-P, P-n2), segunda (m2-P) y nota repetida P (cc.2-3, cc.5-6) y S (cc.15-16). Se presentan alturas fuera de la armadura doble (g1, D2, n1) que se desplazan a un *shruti* de la armadura (cc.4, cc.5, cc.11).

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: Los desplazamientos de cada voz no superan el intervalo de cuarta (P-S', m2-n2), presentando segundas de tipo m2-g2, m2-P, n2-S', y terceras de tipo g2-P, n2-P ascendente y descendente.

-Trayectoria melódica: El violín presenta en los cc.1-3 una figuración expansiva (de nota corta a larga) y el intervalo de resolución m2-P es imitado por el armonio (cc.2). Luego en los cc.4-6 se repite el contorno melódico que va hacia P. pero con más agitación dada por la adición de notas cortas en el cc.4, entre ellas se destaca un desplazamiento de *Praman shruti* (80:81) de tipo g2-g1 y luego en el cc.5 existe una nota de gracia desde D2 a n2. En los cc.7-9 existe una resolución con figura larga a m2, que en el armonio es ornamentado con la nota de gracia P-m2. La *acciaccatura* del cc.7 en el violín solo es perceptible al reproducir la muestra a un 25% de la velocidad normal. En los cc.10-11 existe un contorno ascendente en ambas partes, se presenta movimiento contrario en el cc.11 en el armonio, pero a modo de arpeggio quebrado cuya nota del tiempo fuerte marca el ascenso. Se imita el motivo m2-P-

m2-P-g2, con un m2-P interpolado, mientras el armonio destaca la nota m2. Las terceras del cc.1 son imitadas en el cc.14 con variación (P-g2-g2-S en lugar de g2-S-P-g2) para luego establecer la cadencia final a la tónica (cc.15-16), generando un contorno descendente mientras el armonio lo hace en desplazamientos ascendentes (cc.14-16).

b) Verticalidad: En los cc.1-3 se sugiere un arpeggio del acorde de configuración S-g2-P con la nota agregada m2, Se genera en momentos la segunda g2-m2. Luego en los cc.4-5 se le agrega a dicha configuración la nota n2, generando en el cc.5 la superposición S-P-n2. En el cc.6 se genera la superposición más densa y estrecha de la muestra de configuración S-m2-P-n2 (en la teoría occidental sería una especie de *dominante lidio* sin tercera). Se generan algunos momentos destacados de unísono (cc.5, cc.6, cc.8) y por momentos algunas sextas de tipo n2-P' (cc.5), P-g2'. El acorde de resolución final prescinde de la tercera g2, dejando una configuración S-P con S duplicado.

c) Aspectos técnicos: Se destacan los desplazamientos con *glissando* en arcos que abarcan dos notas en cc.1, cc.2, cc.6, cc.10, cc.11, cc.14; arcos de punta que abarcan muchas notas en cc.4-5, cc.9, cc.10-11, cc.12-13. Además, se reitera el gesto del cambio rápido de arco que resuelve en un arco largo (cc.1-2, cc.10-11). Por otra parte, el armonio presenta uso de nota tenida (cc.1-3, cc.6); la alternancia entre voz simple y doble (cc.5, cc.15) y el uso de notas gracia (cc.7, cc.8, cc.9, cc.12).

4.1.7 d1.

<i>Raga:</i>	<i>Puriya Dhanashree</i>
<i>Sa (do), Tónica:</i>	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, r1, G1, m1, P, d1, N1
<i>Aroha (escala ascendente):</i>	r1, G1, m1, P, d1, P, m1, d1, N1, S'
<i>Avaroha (escala descendente):</i>	S', N1, d1, P, m1, r1, G1, r1, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; r1: 256/243; G1: 5/4; m1: 45/32; P: 3/2; d1: 128/81; N1: 15/8; S': 2/1

Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); r1: 30.849 cm; G1: 26 cm; m1: 23.111 cm; P: 21.667 cm; d1: 20.566 cm; N1: 17.333 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; r1: 367.91 Hz; G1: 436.54 Hz; m1: 491.09 Hz; P: 523.85 Hz; d1: 551.85 Hz; N1: 654.81; S': 698.46 Hz
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	P-N1
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P; r1-d1; G1-N1; N1-m1'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-d1 (sexta).

- Ámbito del armonio: S-d1' (sexta más una octava).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Se presentan mayoritariamente desplazamientos de segunda y en tres casos aislados se presentan terceras m1-d1 (cc.8, cc.9) y r1-m1 (cc.9).

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: Predominan los desplazamientos de segunda, tercera m1-d1 y se hallan casos de quinta S-P (cc.4) y cuarta P-S' (cc.5).

-Trayectoria melódica: El armonio presenta en el cc.2-3 una frase de figuras cortas que al resolver en la figura larga es sucedida por la frase inicial del violín (cc.3-5) de comportamiento expansivo que resuelve en P, luego en los cc.6-7 se repite en el violín el motivo S-N1-S-N1, pero transpuesto a P-m1-P-m1 y que resuelve en d1, mientras el armonio toma un rol más de acompañamiento, imitando los intervalos de resolución del violín de manera simplificada (con menos movimiento). Luego en los cc.7-10 se forma un contorno desde d1 hasta G1 que se repite tres veces, y en la última (cc.9) es antecedita por un movimiento ascendente desde r1.

b) Verticalidad: Se producen situaciones de unísono entre las partes (cc.6, cc.7), una resolución en la quinta S-P (cc.5) y S-G1 (cc.8), y terceras (cc.8, cc.9, cc.11). En el cc.5 se genera una progresión entre la superposición S-P (P duplicado por el violín con apoyatura m1), P (triplicado) y S-P (P duplicado).

c) Aspectos técnicos: La sucesión inicial de figuras cortas en el armonio presenta articulación de tipo *legato*, en el video se ve que presiona el fuelle un par de veces antes y en medio de la secuencia utiliza dicha presión de aire sin agregar más. El violín presenta uso de *glissando*, llegando en momentos a difuminar el ataque de las alturas (cc.8, cc.10) y en ciertos pasajes presenta arcos extensos que abarca un grupo de notas cortas (cc.9, cc.10, cc.11).

4.1.8 d2.

<i>Raga:</i>	<i>Adana</i>
<i>Sa (do)</i> , Tónica:	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, R2, g2, M2, P, d2, n2
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, R2, M2, P, d2, n2, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', n2, P, M2, P, g2, M2, R2, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; R2: 9/8; g2: 6/5; M2: 27/20; P: 3/2; d2: 128/81; n2: 9/5; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); R2: 28.888 cm; g2: 27.083 cm; M2: 24.074 cm; P: 21.667 cm; d1: 20.566 cm; n2: 18.055 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; R2: 392.88 Hz; g2: 419.08 Hz; M2: 471.46 Hz; P: 523.85 Hz; d1: 628.61 Hz; n2: 628.61 Hz; S': 698.46 Hz
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	g2-P; d2-g2'; n2-R2
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P; g2-n2; P-R2'; d2-g2'; n2-M2'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-S' (octava).

- Ámbito del armonio: S-S'' (dos octavas).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Se presentan segundas M2-G2, M2-P, n2-d2, S'-n2; las terceras P-n2, R2-M2 y la cuarta S-M2.

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: Cuando es melodía simple (cc.5, cc.7) se destaca la nota d2 con desplazamientos de segunda d2-n2, P-M2, S-n2; tercera n2-P, d2-S' (cc.8) y cuarta P-S'.

-Trayectoria melódica: El violín presenta en el cc.2 los motivos M2-G2-M2 y n2-d2-n2-d2 que luego repite con variaciones (cc.4, cc.5, cc.7). El motivo S-n2-S-n2-S del cc.3 también es variado en el cc.6 y cc.8. En el cc.5 el armonio presenta el motivo P-n2-d2 retrogradado, es decir, en la sucesión d2-n2-P, luego en el cc.6 presenta una variación del contorno de dicho motivo en la secuencia P-S-n2 que repite en el cc.7. En el tiempo 4 del cc.7 se produce un doblaje del motivo n2-d2-n2-d2 con discrepancia en las figuras (semicorcheas contra saltillo inverso de fusa).

b) Verticalidad: El armonio presenta en la mayoría de los pasajes la tónica S en la superposición vertical a excepción del cc.5. En el cc.1-2 se genera sobre el acorde S-P del armonio la superposición de los *shrutis* M2, G2, P, n2, d2 (en orden de aparición). En el cc.3-4 se enfatiza la superposición S-d2 y luego en el cc.5 se ausenta la tónica, destacándose el intervalo M2-d2. En el cc.6 se presenta el acorde S-P-n2. Se producen superposiciones de segunda M2-P, g2-M2 en el cc.7. El acorde cadencial final presenta la configuración S-P-S' (cc.8-9).

c) Aspectos técnicos: El violín utiliza *pizzicato* de mano izquierda en los primeros compases como pedal de tónica; en el cc.3 el tiempo 1 y 2 mantienen el arco de talón, no obstante, la intérprete separa dichos tiempos dando la sensación de un silencio de duración negligible.

Los motivos principales mantienen los movimientos de arco que se exponen al comienzo en el cc.2-3 (punta de mediana duración, talón de corta duración, punta de larga duración y talón de larga duración); en el cc.6 se exagera el desplazamiento de glissando con un solo dedo. Se presenta también un marcado *crescendo* con arco de punta en el cc.8.

El armonio, por su parte, presenta alternancia entre superposición de 2 y 3 notas y líneas melódicas simples. Finalmente, se destaca la incorporación de la mano izquierda en la cadencia final (cc.8) que genera un bloque denso del intervalo S-P que es posible solo con una presión alta (o conservación optimizada dentro de la caja) de aire para la duración que presenta (dos negras y una corchea).

4.1.9 N1.

<i>Raga:</i>	<i>Bihag</i>
<i>Sa (do)</i> , Tónica:	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, R2, G1, M1, m1, P, D2, N1
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, G1, M1, P, N1, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', N1, D2, P, m1, P, G1, G1, R2, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; R2: 9/8; G1: 5/4; M1: 4/3; m1: 45/32; P: 3/2; D2: 27/16; N1: 15/8; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); R2: 28.888 cm; G1: 26 cm; M1: 24.375 cm; m1: 23.111 cm; P: 21.667 cm; D2: 19.259 cm; N1: 17.333 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; R2: 392.88 Hz; G1: 419.08 Hz; M1: 471.46 Hz; m1: 491.01 Hz; D2: 589.33 Hz; N1: 654.81 Hz; S': 698.46 Hz
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	S-G1; R2-m1; P-N1

Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P; R2-D2; G1-N1; M1-S'; P-R2'; N1-m1'
--------------------------------	---

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: G1-R2' (séptima).

- Ámbito del armonio: S-S'' (dos octavas).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Se presenta alternancia de segundas G1-M1, D2-P, N1-S', R2-S, y terceras P-N1, m1-D2, N1-R2', P-G1. Aparece una sola nota repetida N1 (cc.2).

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: Si se considera la aparición de notas en la superposición como desplazamiento horizontal entonces se presenta la tercera P-N1 (cc.1, cc.3), la quinta P-S (cc.2, cc.4), y la segunda N1-S' (cc.4, cc.5-6).

-Trayectoria melódica: El armonio presenta la tercera P-N1 para luego adoptar un rol de acompañamiento armónico con figuras largas. El violín presenta en el cc.2 un contorno melódico ascendente que resuelve en N1, este se repite en el cc.3 y cc.4 con cada vez más notas cortas en medio. En el cc.3 se genera movimiento directo entre las partes entre P-G1, P-N1 en el violín y N1-P, P-N1 en el armonio. Finalmente, ambas partes presentan el desplazamiento cadencial final N1-S (cc.5-6).

b) Verticalidad: Se destaca en el armonio la superposición P-N1, siendo el cc.5 el único que no la presenta y destaca el acorde S-P-N1. Si se agrupa el desplazamiento del violín en el cc.2 y cc.3 se obtiene la superposición S-G1-M1-P-N1. Luego en el cc.4 se produce una especie de progresión entre la superposición S-G1-N1 y P-N1-R2, siendo el único pasaje donde se presenta R2, resolviendo finalmente en S-P-N1. Vale agregar que el armonio presenta un pasaje con la superposición N1-S' en el cc.5, siendo el intervalo más estrecho, además muestra un cambio notable en la densidad de la polifonía presentando pasajes con una (cc.1, cc.3), dos (cc.1, cc.3, cc.4, cc.5, cc.6), tres (cc.5, cc.6) y cuatro voces (cc.2-3).

c) Aspectos técnicos: En el cc.2 el violín presenta un trino de *Praman shruti* que se percibe a bajar la velocidad de reproducción de la muestra, el ritmo en que se cambia la dirección del arco expande su valor llegando al punto cúlmine en el cc.4 con ese arco de punta que destaca el uso de *glissando* en casi todas las notas que contiene. En el cc.5 y cc.6 se presentan *decrescendos*. El armonio presenta un acorde extendido en el cc.2 que es interpretado agregando un dedo de la mano izquierda (ver video). Luego genera una alternancia entre la nota tenida abajo y un desplazamiento arriba (cc.3) y viceversa (cc.4-6).

4.1.10 N2.

<i>Raga:</i>	<i>Chandrakauns</i>
<i>Sa (do), Tónica:</i>	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, g2, M1, d2, N2
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, g2, M1, d2, N2, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', N2, d2, M1, g2, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; g2: 6/5; M1: 4/3; d2: 8/5; N2: 243/128; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); g2: 27.083 cm; M1: 24.375 cm; d2: 20.312 cm; N2: 17.119 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; g2: 419.08 Hz; M1: 465.63 Hz; d2: 558.57 Hz; N2: 662.98 Hz; S': 698.46 Hz.
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	d2-S'
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	M1-S'; d2-g2'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-g2' (décima).

- Ámbito del armonio: S-S'' (dos octavas).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Se presentan las terceras g2-S, M1-N2, segundas M1-g2, d2-N2, N2-S (cc.8, cc.11-12), cuarta M1-N2 (cc.4), quinta G1-N2 (cc.9) y sexta G2-S' (cc.7). No se presenta la nota P¹³¹, dado que P: N2 $\neq$ 4:5. En el cc.4 se presenta un desplazamiento de *Praman shruti* d1-d2.

- Intervalos diatónicos prominentes en el armonio: En las líneas simples (una voz) predominan las cuartas S-M1, g2-d2, M1, N2 (cc.1, cc.5, cc.7); mientras que en las texturas polifónicas existen desplazamientos de segunda N2-d2 (cc.9), N2-S' (cc.11), tercera d2-M1 (cc.3), cuarta S-M1 (cc.5) y quinta M1-S' (cc.7).

- Trayectoria melódica: El armonio introduce un contorno ascendente que resuelve en N2 que es imitado en el violín en el cc.2, resolviendo en el cc.3 en la tónica mediante la sucesión N2-S'. Desde el cc.2 el armonio expande las figuras rítmicas adoptando un rol de acompañamiento que luego en los cc.5-8 agrega movimiento que refuerza la relación S-M1. El contorno motivo M1-g2-M1 del violín en el cc.4 se presenta invertido en G2-M1-G2 (cc.7, cc.9).

b) Verticalidad: En el cc.2 se genera la superposición 'S-S-g2-N2 que luego varía en S-d2-N2 (última figura cc.2, cc.3). Luego el armonio destaca el acorde de configuración S-M1-N2 al cual el violín le superpone un adorno que gravita hacia d2 (cc.3). En el cc.5 se reitera la séptima S-N2 que genera una progresión con M1-N2-S' (cc.5-6, cc.7-8). En el cc.8 se destaca la octava S-S' con N2 de adorno en el violín. Se refuerza la superposición S-d2-N2 en el cc.9 que luego reposa en la tónica doblada a la octava entre las partes (cc.10). Finalmente, en el cc.11 se presenta por única vez la relación S-g2' (décima) que luego cadencia con el movimiento N2-S en ambos instrumentos.

¹³¹ Vale recordar que el Dr. Vidyadhar Oke señala en el video que es importante saber si un *Raga* tiene *Pancham* prominente o *Madhyam* dado que, por lo que se explicó en el capítulo 2.4, no pueden tener la misma jerarquía ambos sin generar disonancias.

c) Aspectos técnicos: El violín comienza con un *glissando* corto y amplio (g2-S) en el cc.2; se destacan el *glissando* entre figuras cortas (cc.4, cc.7, cc.9). En el cc.7-8 se presentan notas alternadas con silencios con la misma dirección de arco que vienen de otra frase ejecutada también con punta (cc.7), en el silencio de corchea en el tiempo 4 la intérprete reubica el arco para repetir la dirección de punta y no utiliza el talón sino hasta el tiempo 4 del cc.8, el *crescendo* es una constante en ambas que podría justificar dicha elección. En el cc.11-12 el violín presenta un movimiento de *glissando* que no conecta con la nota adyacente, sino que va hacia una nota diatónica (g2 probablemente) sin acentuarla ni reposar en ella, lo que produce un efecto dramático parecido a un llanto.

El armonio presenta una frase ágil con *legato* en el cc.1 que resuelve en un bloque de tres notas donde utiliza la mano izquierda para ejecutar el S más bajo de la superposición. En los cc.2-12 presenta movimientos melódicos contra notas tenidas donde alterna también la densidad polifónica de una a tres voces.

4.2.1 G1 y D1.

<i>Raga:</i>	<i>Bhupali (Bhoop)</i>
<i>Sa (do), Tónica:</i>	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, R1, G1, P, D1
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, R1, G1, P, D1, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', D1, P, G1, R1, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; R1: 10/9; G1: 5/4; P: 3/2; D1: 5/3; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); R1: 29.25 cm; G1: 26 cm; P: 21.667 cm; D1: 19.5 cm; S': 16.25 cm

Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; R1: 388.03 Hz; G1: 436.54 Hz; P: 523.85 Hz; D1: 582.03 Hz; S': 698.46 Hz.
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	S-G1
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P, R1-D1; D1-G1'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-S' (octava).

- Ámbito del armonio: S-P (quinta).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Se presentan solo segundas S-R1, R1-G1, D1-P, P-D1, y terceras S'-D1 (cc.3, cc.4 cc.9), S'-D2 (cc.7), G1-S (cc.4).

-Trayectoria melódica: En los cc.1-3 se presenta un contorno que asciende gradual de S a G1 y resuelve en una tercera descendente S'-D1. Luego los cc.4-5 son una especie de respuesta a lo anterior, generando un recorrido de S-G1-D1 y resuelve en S. Los cc.6-7 presentan un contorno S-S'-D2 que el cc.8 complementa a modo de respuesta mostrando un motivo P-G1-R1, que podría ser una variación del motivo R1-S-D1 del cc.3. El cc.9 reitera el desplazamiento D1-S-D1 (que se presenta antes en cc.4-5, cc.7) conduciendo a la cadencia final en la tónica en el desplazamiento ascendente¹³² P-D1-S'. Por último, el armonio no presenta desplazamiento melódico.

b) Verticalidad: Dado que el armonio mantiene un pedal de la superposición S-P las relaciones verticales prominentes son las que tienen figuras más largas o atacan en tiempo fuerte, estas se distribuyen de la siguiente manera: S (cc.1, cc.4, cc.5, cc.6, cc.7, cc.8), R1 (cc.8), G1 (cc.2-3), P (cc.6, cc.8) y D1 (cc.4).

¹³² Nótese que esto genera un contraste con las muestras del capítulo 4.1 donde se destacan las cadencias graduales descendentes.

c) Aspectos técnicos: Se evidencia en el violín el uso de *glissando* en todos los compases, notas de gracia con *glissando* (cc.6, cc.7, cc.8, cc.9) y uso de *glissando* que conecta notas de arcos opuestos (cc.6).

4.2.2 G2 y D2.

<i>Raga:</i>	<i>Deshkar (Deshakar)</i>
<i>Sa (do), Tónica:</i>	349.23 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, R2, G2, P, D2
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	S, R2, G2, P, D2, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', D2, P, G2, R2, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; R2: 9/8; G1: 5/4; P: 3/2; D2: 27/16; S': 2/1
Distancias interválicas en violín de escala 4/4 (32,5 cm de cuerda vibrante):	S: 32.5 cm (<i>al aire</i>); R2: 28.888 cm; G1: 26 cm; P: 21.667 cm; D2: 19.259 cm; S': 16.25 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 349.23 Hz; R2: 392.88 Hz; G1: 436.54 Hz; P: 523.85 Hz; D2: 589.33 Hz; S': 698.46 Hz.
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	S-G1
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P, R1-D1; D1-G1'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: S-S' (octava).

- Ámbito del armonio: S-P (quinta).

- Intervalos diatónicos prominentes en el violín: Se presentan segundas G2-R2 (cc.1), D2-P (cc.3), R2-S (cc.5-6), terceras S'-D2 (cc.3), P-G2 (cc.4, cc.5), una cuarta G2-D2 y una quinta R2-D2.

- Trayectoria melódica: El cc.1-2 presenta un contorno G2-D2; cc.3-4 un descenso de S' a G2 y finalmente, en los cc.5-6 un contorno cadencial G2-D2-S.

b) Verticalidad: En el cc.2 es prominente la superposición S-P-D2; en el cc.4 y cc.5 se presenta la configuración S-G2-P, que probablemente no da la sensación de cadencia dado que $S:G2 = 64:81 \neq 4:5$.

c) Aspectos técnicos: Se presenta uso de apoyatura con glissando (cc.2, cc.5) y la única nota de arco corto es el G2 del cc.5.

4.3.1 R2 y D2.

<i>Raga:</i>	<i>Yaman</i>
<i>Sa (do), Tónica:</i>	293.66 Hz (<i>re</i> en 12-TET)
<i>Shrutis:</i>	S, R2, G1, m1, P, D2, N1
<i>Aroha</i> (escala ascendente):	R2, G1, m1, D2, N1, S'
<i>Avaroha</i> (escala descendente):	S', N1, D2, P, m1, G1, R2, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; R2: 9/8; G1: 5/4; m1: 45/32; P: 3/2; D2: 27/16; N1: 15/8; S': 2/1
Distancias interválicas en guitarra de escala 24.75'' (62.865 cm de cuerda vibrante):	S: 62.865 cm (<i>al aire</i>); R2: 55.88 cm; G1: 50.292 cm; m1: 44.704; P: 41.91 cm; D2: 37.253 cm; N1: 33.528 cm; S': 31.432 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 293.66 Hz; R2: 330.37 Hz; G1: 367.08 Hz; m1: 412.94 Hz; P: 440.49 Hz; D2: 495.55 Hz; N1: 550.61; S': 587.32 Hz

Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	S-G1; R2-m1; P-N1
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P; R2-D2; G1-N1; P-R2

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito *Guitarra Slide*: G1-m1'' (segunda más dos octavas)

- Ámbito del armonio: S-N1 (séptima)

- Intervalos diatónicos prominentes en *Guitarra Slide*: Predominan los desplazamientos de segundas G1-R2 (cc.2, cc.4, cc.5, cc.7, cc.20), m1-P (cc.4, cc.6, cc.7, cc.11, cc.19, cc.20), N1-S (cc.3, cc.17, cc.23), D2-N1 (cc.5, cc.11, cc.23); terceras S'-D2 (cc.5, cc.11, cc.13), R2-m1 (cc.5, cc.14, cc.20), N1-R2' (cc.14, cc.22, cc.23), m1-D2 (cc.10), G1-P (cc.21); cuartas S'-P (cc.3), R2-P (cc.4), G1-D2 (cc.7), m1-N1 (cc.17), N1-G1' (cc.21); y la nota repetida N1 (cc.14, cc.18).

-Trayectoria melódica: En el cc.2 se presenta un contorno que desciende y asciende que en el cc.3 es respondido por su movimiento contrario, luego en los cc.4-6 se repite el esquema anterior pero la respuesta es variada, es decir, desciende y asciende dos veces. En los cc.7-11 se presenta una estructura de frase similar a la de los cc.2-6 pero el registro sube (la nota más alta de los cc.2-6 es P y de los cc.7-11 es S'. En los cc.13-14 se conduce hacia m1' que es la nota más alta de la muestra, además se presenta por primera vez la nota repetida N1 con figura corta. Los cc.16-17 responden a los cc.13-14 con un movimiento cadencial N1-S'.

Finalmente, en los cc.18-23 se recapitulan los motivos antes presentados con más variaciones y alternando la resolución en P y en S' respectivamente.

b) Verticalidad: Se destacan en el armonio tres triadas de proporción 4:5:6, son: S-G1-P, R2-m1-D2 y P-N1-R2. La progresión que se forma va de la fundamental S a R2 (cc.1-6, cc.6-11, cc.17-20); de S a P (cc.12-17) y resuelve finalmente en S-G1-P (cc.20-23). El acorde pedal que hace con las cuerdas al aire (cc.1, cc.7, cc.10, cc.11, cc.13, cc.14, cc.15, cc.16, cc.17, cc.18, cc.22, cc.23) forma la configuración G1-P-N1-S'.

c) Aspectos técnicos: Se destaca el uso de *legato* donde con una jalada de cuerda se reproducen varias notas con *glissando* (cc.4, cc.5-6, cc.7, cc.11). El arpeggio corto del acorde G1-P-N1-S'

4.3.2 R1 y D1.

<i>Raga:</i>	<i>Gorakh Kalyan</i>
<i>Sa (do), Tónica:</i>	293.66 Hz
<i>Shrutis:</i>	S, R1, M1, D1, n1
<i>Aroha (escala ascendente):</i>	S, R1, M1, D1, n1, S'
<i>Avaroha (escala descendente):</i>	S', n1, D1, M1, R1, M1, P, M1, R1, S
Fracciones de intervalos:	S: 1/1; R1: 10/9; M1: 4/3; P: 3/2; D1: 5/3; n1: 16/9; S': 2/1
Distancias interválicas en guitarra de escala 24.75'' (62.865 cm de cuerda vibrante):	S: 62.865 cm (<i>al aire</i>); R1: 56.578 cm; M1: 47.148 cm; P: 41.91 cm; D1: 37.719 cm; n1: 35.361 cm; S': 31.423 cm
Frecuencias fundamentales:	S: 293.66 Hz; R1: 10/9; M1: 4/3; P: 3/2; D2: 27/16; N1: 15/8; S': 2/1
Relaciones <i>Sa:Ga</i> (4:5):	M1-D1; n1-R1'
Relaciones <i>Sa:Pa</i> (2:3):	S-P; R1-D1; M1-S'; n1-M1'

-Observaciones:

a) Horizontalidad:

- Ámbito del violín: R1-M1' (décima).

- Ámbito del armonio: S-n1 (séptima).

- Intervalos diatónicos prominentes en *Guitarra Slide*: Predominan desplazamientos de segunda S-R1 (cc.1, cc.2), G2-M1 (cc.1-2), D1-n1 (cc.4, cc.6, cc.11), S'-n1 (cc.4, cc.11), R1-G1 (cc.8, cc.9, cc.10); tercera M1-R1 (cc.2), D1-M1 (cc.6), R1'-n1 (cc.10-11); y una octava M1-M1' (cc.9-10).

-Trayectoria melódica: En los cc.1-3 se produce un movimiento ascendente R1-G2-M1 que luego desciende y resuelve en S, este se presenta transportado en el cc.4 como D1-n1-S' que resuelve en n1. Luego en los cc.6-7 se presenta un movimiento descendente que resuelve en R1, seguido por un contorno ascendente que resuelve en M1. En los cc.10-11 se presenta un descenso cadencial desde M1 a D1.

b) Verticalidad: El armonio presenta triadas de configuración S-M1-D1, R1-M1-n1, S-R1-M1. En general, la guitarra utiliza figuras largas en notas que presenta el armonio, a excepción del cc.5-6 donde se forma un acorde S-M1-D1-n1 y en el cc.11 donde se presenta la superposición S-R1-M1-n1 que resuelve en el acorde final S-R1-M1-D1.

c) Aspectos técnicos: La guitarra presenta uso de *glissando* y adornos de figuras cortas en legato y en el cc.6 usa el desplazamiento desde la nota D1 pulsada y M1 al aire, generando un leve acento. El armonio presenta acordes de tres voces en figuras largas.

CAPÍTULO 5: REFLEXIONES.

Queda demostrado en la revisión bibliográfica que los 22 *shrutis* son el sistema de afinación en base a intervalos puros más antiguo que ha perdurado hasta la actualidad y que sigue teniendo un repertorio masivo y diverso dentro de India. Ciertas ideas como el de hacer llover con música o calmar a una serpiente con un aerófono son reflejos de historias que tienen su origen en las manifestaciones musicales hindúes, además, las afinaciones justa y pitagórica son parcialmente congruentes con los 22 *shrutis* por lo que la línea de tiempo en el estudio de la música en Chile debería comenzar en India para aspirar a ser universal y así no encasillarse en el dogma colonial europeo y complementar las referencias sobre las que se imparte el conocimiento musical.

La puerta que abre esta investigación en el uso práctico de la notación escrita occidental conduce a una concepción del pentagrama simplemente como un gráfico bidimensional del sonido que expresa la altura tonal en función del tiempo y cuyos puntos en el gráfico pueden ubicarse sobre una línea o sobre un espacio en medio o adyacente a una línea y dichas líneas o espacios representan frecuencias fundamentales que están determinadas previamente por una matriz o temperamento que define sus valores. Dicho esto, la variación de la frecuencia fundamental entre dos puntos en una misma línea o espacio puede existir mediante la alteración (becuadro, sostenido, bemol) que también debe tener sus valores asignados y cuyo uso excesivo dificulta la interpretación de la muestra, es decir, que la utilidad práctica del pentagrama depende del concepto de diatonismo que varía de acuerdo a la cultura.

El concepto occidental de armadura musical toma como base la escala mayor, jonia o *that bilawal* en el que el número de grados diatónicos es siete, conforme a esto en la partitura occidental no es correcto afirmar que cuando no hay alteraciones no hay armadura porque la única forma de que el pentagrama grafique los doce grados del 12-TET es mediante el uso de la alteración, por lo que, en síntesis, el pentagrama como en su uso tradicional ha estado regido por siete nombres silábicos de notas que luego se dividen en doce y en el caso de los *shrutis* se vuelve a dividir en veintidós.

5.1 Miradas hacia la *multi-matriz* o *multi-temperamento*.

Considerando la definición del concepto de intervalo musical que se desarrolló en la investigación la propuesta que surge es integrar tanto en el lenguaje como en la práctica musical en Sudamérica el concepto de *multi-temperamento*¹³³, o dígase *multi-matriz* para quienes no acepten una definición de temperamento que no involucre el sacrificio de la consonancia natural de la serie de armónicos.

Para esto se sugiere la utilización de la *notación multi-matriz* compuesta por la *armadura secundaria* y *alteración secundaria* que se describe en los capítulos 4.3.2 y 4.3.3 y que se utilizó en las transcripciones del capítulo 7.1. Esto a primera vista puede parecer nuevo, pero solo la forma de presentar la información lo es porque ella siempre estuvo implícita en la partitura, si por ejemplo vemos una pieza cualquiera para piano de Chopin, no existe armadura doble, pero se da por sentado que está compuesta para ser interpretada bajo el 12-TET y que la frecuencia a utilizar al leer un *re doble bemol* será la misma que al leer un *do natural* o un *si sostenido*.

Como el pentagrama y las alteraciones convencionales (*sostenido* y *bemol*) abarcan todas las frecuencias del 12-TET no es necesario el uso de la *alteración doble*, no obstante, para graficar las frecuencias de los 22 *shrutis* sí se hizo necesario y no se diseñó una notación nueva por lo que se mencionó en el capítulo 3.4.1.

Dada la incapacidad del ser humano para producir intervalos impuros sin ayuda de dispositivos tecnológicos es que, al efectuar un proceso de transcripción ya sea sobre voces o instrumentos fuera del 12-TET o con batimento se deberían considerar los 22 *shrutis* como una matriz superior a los temperamentos iguales (12-TET, 24-TET, 36-TET, 72-TET) en cuanto a que permite reproducir intervalos puros y conceptualmente, la altura tonal a considerar tónica puede tomar cualquier valor escalar de frecuencia dentro del rango audible humano.

Lo anterior es importante porque son dos procedimientos distintos que proporcionan resultados distintos el, por un lado, aproximar cada frecuencia de una muestra a la frecuencia más cercana de la matriz o aproximar su valor natural en *cents*, y por otro, considerar los

¹³³ Bajo la definición de temperamento de Rotem (2020).

cocientes de las frecuencias y aproximarlos a valores racionales simples. El criterio que rige lo anterior es la determinación de una tónica invariable o variable, y lo que se defina dentro de la muestra como desafinación, vale decir, las desviaciones que son o no negligibles de cada frecuencia con la matriz, para esto, además, debe definirse la amplitud y flexibilidad de la matriz, que en el caso del estudio de música de culturas donde no hay tratados escritos o existe una conciencia dada desde la tradición oral, debe ser en primera instancia lo más amplia posible.

Dicho esto, el objetivo de cualquier transcripción descriptiva que se realice sobre música que no posee traducciones en un código escrito debe ser hallar la matriz que rige la afinación, o acercarse lo más posible a ella. Y vista dicha transcripción como el reportaje selectivo que describe Berlanga (2002), puede ser complementada con otros ejemplares conforme a la selección de los elementos significativos, a diferencia de las transcripciones prescriptivas que pueden contradecirse unas a otras¹³⁴. Lo que puede ser afinación en una cultura puede ser desafinación en otra de la misma manera en que una palabra puede tener sentido semántico o ser considerada ruido dependiendo del idioma desde la que sea analizada. No obstante, existe un punto en común de todos los idiomas y es que el emisor del sonido es un ser humano, cuyo aparato fonador puede variar de acuerdo a la raza, pero se mantienen elementos en común en gran parte de ellos como el uso de la lengua (órgano móvil). De igual manera, lo que converge todas las matrices bajo una referencia imparcial es el comportamiento del oído humano y las relaciones de la serie de armónicos que están presente en cualquier sonido de la naturaleza.

Por lo anteriormente mencionado, el compositor del siglo XXI debería considerar estos descubrimientos sobre el uso de intervalos puros y conocer cómo trabajar con ellos, aprendiendo de las extensas referencias que brinda el repertorio musical de India que utiliza 22 *shrutis*. Si bien, se habla de intervalos puros cuando se estudian las referencias musicológicas de Grecia, su uso en el mundo occidental se ha remitido a la interpretación de

¹³⁴ Por ejemplo, si se tienen dos fotografías de una misma persona y en una de ellas aparece con ojos de color azul y en la otra aparece con los ojos de color café oscuro, lo más común es que quien las vea piense que solo una de ellas es verdadera, y que en la otra o usó lentes de contacto o se editó la foto, pero dicha diferencia de ambas muestras genera un punto de conflicto sobre la veracidad de lo que capta un instrumento imparcial como una cámara fotográfica.

música de antes del siglo XIX y se pasan por alto las deficiencias del 12-TET, tomándose como la matriz universal en la enseñanza de la composición musical.

El compositor musical es una especie de arquitecto de obras que en lugar de estar hechas de materiales concretos están hechas de sonido, por consiguiente, un compositor que no sabe cómo medir intervalos es como un arquitecto que no sabe dimensionar y solo trabaja en base a moldes predeterminados sin siquiera conocer sus limitaciones.

Con los conocimientos expuestos en esta investigación se hace inminente la reformulación del concepto de *oído absoluto*¹³⁵, entendido en la actualidad como aquella persona que puede reconocer alturas tonales de cualquier instrumento musical y asociarlo a una altura del 12-TET. ¿Una persona que presuma tener oído absoluto puede distinguir el intervalo de *Praman shruti* (80:81) que diferencia las frecuencias fundamentales que presenta el *Raga Bhupali* del *Raga Deshkar*? ¿Puede distinguir en un contorno melódico una quinta de proporción 3:2 de una quinta de 700 cents? ¿Puede distinguir entre una tercera de proporción 5:4 y una tercera de proporción 81:64 o una tercera de 400 cents?

Al ampliar el concepto de intervalo en la práctica musical se amplían, por lo tanto, las materias sobre contrapunto, armonía y orquestación que, a su vez, solicitan una innovación organológica que permita al compositor elegir a voluntad las frecuencias fundamentales sobre las que quiere trabajar y proveerle de la información necesaria para que el intérprete pueda hallarlas con exactitud. Si bien, existe consciencia en el mundo de las cuerdas frotadas sobre los intervalos puros, no se ha vislumbrado el problema al superponer dichos intervalos con instrumentos de viento regidos por el 12-TET, lo que, producto del batimento que se genera, debería producir incomodidad en el oyente de acuerdo a las fuentes indias¹³⁶.

Por último, se asume en el mundo occidental que el estudio de la armonía se hace en el piano (regido por el 12-TET), el descubrimiento de Oke demuestra una manera de alterar las frecuencias adjuntas a cada tecla a voluntad¹³⁷, por ende, el estudio de la armonía bajo el concepto de *multi-matriz* debería ser con un piano al que se le puedan asignar las frecuencias

¹³⁵ *Perfect pitch* en inglés.

¹³⁶ Véase 22 *Shrutis Simplified - Chapter 4: Demonstrations*, en los primeros dos minutos se explica dicho problema del armonio regido por el 12-TET que genera incomodidad en ciertos intervalos en el cantante.

¹³⁷ En el video de demostraciones, entre el ejemplo del *Raga Yaman* y el *Raga Gorakh Kalyan*, se ve cómo el Dr. Oke mueve unos botones para cambiar en las mismas teclas las frecuencias de los *shrutis* R2-D2 a R1-D1.

específicas de acuerdo a la materia de estudio¹³⁸; y el estudio de la melodía debería ser en la cuerda tensa, ya que es de suma importancia para un compositor por lo anteriormente dicho, comprender de manera gráfica y matemática las proporciones interválicas que trabaja. Para esta propuesta será necesario desarrollar *softwares* de edición de partituras que permitan determinar las frecuencias en Hertz asignadas a cada punto en el pentagrama y no limitarse a desviaciones en valores naturales de la unidad *cents* o a desviaciones en fracciones simples del semitono de 100 *cents* de la afinación estándar 12-TET con A = 440 HZ, ya que se debe entender que esa magnitud escalar solo es apta para temperamentos iguales y por ende no abarca todas las posibilidades de matriz.

5.1.1 El concepto de tonalidad y atonalidad en la *multi-matriz*.

La tonalidad entendida como la jerarquización y distribución de roles dentro de una agrupación de frecuencias categorizadas en tres sensaciones (tónica, subdominante y dominante) que se describen en tratados de armonía como el de Hindemith o Schönberg se amplía también conforme al concepto de *multi-matriz* y al complemento que proporcionan los 22 *shrutis* y sus fundamentos en las fuentes históricas occidentales. La nueva forma de entender la tonalidad es que el rol de tónica puede estar adjunto a cualquier frecuencia dentro del rango audible, no como en el 12-TET que solo brinda doce posibilidades. Conforme a esto todas las frecuencias halladas entre la razón 1:1 y 2:1 con dicha tónica van a constituir la escala, expresándose cada grado de esta como fracción en el caso de intervalos puros o como número irracional en el caso de temperamentos iguales.

Dado lo anterior, la modulación consiste técnicamente en cambiar la frecuencia que recibe el rol de tónica por otra que no esté en la relación 1: 2^n en el caso de cualquier matriz que considere que la relación 1:2 conserva la altura tonal diatónica, por ejemplo, 440 Hz y 880 Hz reciben el mismo nombre *la* en el 12-TET. Si utilizamos el sistema de *do* movable entonces la modulación se puede expresar con un cambio de *armadura secundaria* como se propone hipotéticamente una modulación de desplazamiento de tónica S-P en la Figura 24. Si en el cambio de armadura doble no se entrega información sobre la matriz o sobre los

¹³⁸ Ya sea el estudio de los 22 *shrutis*, el estudio de batimentos o el estudio de temperamentos irregulares.

componentes de dicha matriz que rigen las alturas en el pentagrama, entonces debe asumirse la información

Por otra parte, el concepto de atonalidad puede aparecer en el estudio de muestras donde el objetivo sea descubrir una matriz que no ha sido definida matemáticamente como ejercicio previo a aproximar a una matriz existente, y donde se presenten copiosas alturas tonales distintas sin una constancia aparente. Para ello se puede en la práctica musical, o establecer armaduras dobles distintas en los instrumentos de un ensamble, o si es requerido, diseñar alteraciones que permitan abarcar todas sus alturas desde un solo instrumento.

Otro caso distinto a los antes mencionados es que exista una tónica de frecuencia variable¹³⁹, esto puede ocurrir producto de ciertos desplazamientos de intervalos puros como se analizó en el rompecabezas musical de Benedetti (véase capítulo 2.4) y puede ser resuelto de la misma manera que una modulación como la de la Figura 24.

Figura 24. Hipotética modulación en la *multi-matriz* mediante cambio de *armadura secundaria*.

Matriz: 22 shrutis
 Shrutis: S, R1, G1, M1, P, D1, N1.
 Sa (do) = 293.66 Hz

$60 < \text{♩} < 65$

Sa (do) = 440.49 Hz

(Elaborado por el autor)

¹³⁹ Dígase, variable en intervalos cortos como la coma sintónica, ya que puede colindar con el concepto de modulación, que puede ser definido en estos casos como que una altura tonal distinta a la tónica dentro de la matriz pase a tomar el rol de tónica.

5.1.2 Repercusiones en la organología y en el estudio de la orquestación.

La *multi-matriz* propone nuevos desafíos en la organología occidental y es el ampliar las posibilidades de alturas tonales que puedan ser determinadas y fijadas a voluntad del compositor en instrumentos determinados por el 12-TET, como son gran parte de los instrumentos de viento (flauta, oboe, clarinete, fagot, corno, trompeta, entre otros). Esto presenta un problema físico más complejo en los aerófonos que en las cuerdas, ya que las proporciones interválicas en la cuerda se grafican de manera bidimensional, no así en los vientos donde el cálculo es tridimensional.

No obstante, hay instrumentos de uso orquestal que por naturaleza admiten el concepto de *multi-matriz* como son las cuerdas frotadas, las voces humanas y el trombón, aunque con ciertas dificultades técnicas como la afinación micrométrica ideal en longitudes de cuerda vibrante cortas.

Esto también repercute en el estudio de la orquestación, dada la ampliación de los conceptos de armonía y contrapunto, el tratamiento del empaste en matrices como los 22 *shrutis* puede conducir a resultados inexplorados hasta la escena actual por la orquesta contemporánea que se ha estancado en la incorporación del 24-TET, 36-TET y 72-TET como formas exclusivas de abordar la microtonalidad.

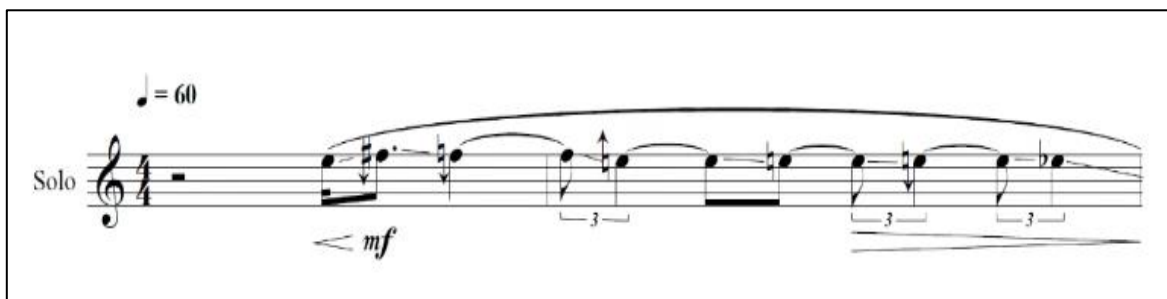
5.1.3 Otra forma de abordar la *fotografía musical*.

Así como el hiperrealismo en la pintura para conseguir su efecto característico utiliza la fotografía y el tratamiento de ella conforme a los avances tecnológicos actuales, el compositor/transcriptor que pretenda retratar fuentes sonoras de la naturaleza como cantos de animales mediante el estudio detallado de grabaciones de audio debería considerar el uso de los 22 *shrutis* por los antecedentes ancestrales que brinda el Gandharva Veda sobre el sonido en general, incluyendo, a diferencia de las fuentes occidentales, información sobre los intervalos de los animales (Daniélou, 1949, p.43).

Muchos compositores occidentales han buscado retratar la naturaleza en sus obras, como Olivier Messiaen y su serie de piezas para piano *Catalogue d'oiseaux* (1958) donde retrata el canto de trece especies distintas de aves utilizando el 12-TET. O también está el caso del

compositor Alexander Liebermann, quien se ha vuelto popular por sus transcripciones de sonidos de animales, pero, como muestra la Figura 25, utiliza los temperamentos iguales como paleta de colores, generando al reproducir dichas partituras en un instrumento un resultado que dista de la sensación hiperrealista y necesita del contraste con el audio original para cobrar sentido.

Figura 25. Fragmento de transcripción de aullido de lobo gris (*Canis lupus*) donde se presentan intervalos del 36-TET.



(Liebermann, 2020)¹⁴⁰

El dar por sentado las matrices de proporción $^{12n}\sqrt{2}$ para dicho propósito condiciona el resultado final de las transcripciones, ¿será posible generar resultados más cercanos a la sensación del hiperrealismo utilizando los 22 *shrutis*? ¿será posible ampliar también la exactitud del retrato tímbrico en un ensamble instrumental bajo dicha matriz? Las respuestas a tal pregunta podrían conducir en la composición musical a un *neo espectralismo*, donde se abran nuevas perspectivas para abordar el análisis de cualquier espectro de frecuencias donde los 22 *shrutis* representa una matriz más amplia y consonante en relación a la naturaleza del sonido que el 12-TET y sus asociados, para esto se requieren de tecnologías que permitan distintas formas de aproximar las frecuencias más allá de valores naturales de *cents*.

5.2 Contribución a la metodología aplicada en la transcripción musical en Chile.

Creo que los sistemas temperados son directamente proporcionales a la naturaleza humana, e inversamente proporcionales a las tablas de ratio acústicas... Creo que los temperamentos reflejan una visión del mundo, tal como lo hacen las lenguas, que reflejan la idiosincrasia de los pueblos. Un temperamento no es transferible, tal como el sentido poético de una lengua no es traducible... La arqueo-musicología aspira a determinar el número en Hertz de un patrón de afinación, pero debiera aspirar a comprender la razón

¹⁴⁰ Véase la transcripción completa con audio en la url: <https://www.youtube.com/watch?v=ExQS8Pemcfg>

de ser de un temperamento. Creo que importa más qué "oye" un sistema de temperamento, qué idiosincrasia se despierta en la mente con una determinada banda de afinación...

En mi opinión, lo que la arqueo-musicología debiera responder, no es el número, es la sensación del número... ¿Qué sensación despertaba la tromba marina? Me parece que la sensación del peligro inminente, pero esa sensación no es traducible, pienso.

(Díaz, 2019, p.216-217)

En Chile se ha abordado la microtonalidad tomando como referencia casi exclusiva los temperamentos iguales, y se demuestra en referentes como el etnomusicólogo chileno Rafael Díaz una comprensión deficiente de los conceptos de afinación, temperamento y medición de intervalos. La primera oración que sentencia pareciera ser una mezcla *poética* confusa del concepto de temperamento, de la serie de armónicos y probablemente de la proporcionalidad inversa que rige la relación entre la longitud de cuerda vibrante en una cuerda tensa y su variación de frecuencia fundamental. Con lo que agrega después, Díaz parece aceptar la definición ampliada de temperamento como la forma de organizar las frecuencias fundamentales dentro de las proporciones 1:1 y 1:2 sin implicar un sacrificio de la consonancia de la serie de armónicos como plantea Goldáraz (2009).

Luego, si se aplica el modelo de tripartición de Nattiez (véase capítulo 3.1), lo que plantea el autor es que a su juicio la dimensión poética y la dimensión estética son más importantes que la dimensión neutra en el estudio arqueo-musicológico, esto ya es refutable y pone en duda la precisión de sus transcripciones porque al decir que los temperamentos reflejan la idiosincrasia de los pueblos se asume que la dimensión neutra sí es importante en la comprensión del *hecho musical total* a la par con los otros dos aspectos.

Si vemos las figuras que presenta en su libro *La música originaria: lecturas de etnomusicología vol.II* (2019), en todas las transcripciones utiliza los temperamentos iguales como matriz interválica como se ve en la Figura 26, eso demuestra una falta de investigación sobre la importancia de los intervalos puros en la música vocal y con las cuales podría eventualmente retratarse mejor dicha sensación que generan dichos espectros. Además, existe una convención en occidente al afirmar que ciertas muestras no son traducibles en partitura, como el ejemplo que da él sobre la tromba marina o como la prosa o el discurso hablado dentro de formas musicales, ¿será que con la aplicación del concepto de *multi-matriz*

en el futuro se pueda demostrar lo contrario y que los métodos occidentales han sido los deficientes?¹⁴¹

Figura 26. Extracto del *canto fueguino* transcrito por Rafael Díaz con intervalos del 12-TET y 36-TET.



(Díaz, 2013, p.18)

Porque vale recordar que el *número* que describe Díaz es la frecuencia fundamental que se obtiene de muestras de señal continua de audio a partir de algoritmos como la transformada de Fourier, y dichos métodos automatizados poseen de por sí un grado significativo de error que va de acuerdo a la calidad de la muestra y a las distorsiones que pueden surgir en el cálculo producto de las interferencias constructivas y destructivas.

Para corroborar aún más lo importante que es para el músico chileno conocer los fundamentos de los 22 *shrutis* y así no caer en una cadena de conceptos mal aprendidos y, por consiguiente, mal aplicados, Díaz comenta lo siguiente sobre el concepto de temperamento, ahora curiosamente, contradiciendo su definición anterior y ligándolo al sacrificio de la consonancia natural:

En este sistema es permitido que aparezca algún número irracional en los parciales de una nota fundamental. Los intervalos ya no son justos sino aproximados, es decir, en este sistema existe una leve diferencia de afinación de algunos intervalos, generalmente las quintas, lo que le da a la sonoridad una cualidad inconfundible, una cualidad que nos

¹⁴¹ ¿Qué hace la diferencia entre el acento del lenguaje hablado formal (sin expresiones coloquiales) de un chileno a un colombiano? ¿no tendrá que ver eso con un fenómeno musical, con las articulaciones, con los intervalos? Porque en Asia es abundante la presencia de lenguas tonales como el chino mandarín, el japonés o el coreano, donde la dirección melódica o interválica es parte intrínseca del discurso hablado. Con el concepto de multi-matriz se pueden en el futuro realizar investigaciones que puedan aportar más información sobre dichos fenómenos que son pasados por alto por la musicología latinoamericana.

recuerda lo ancestral. Todas las músicas de los pueblos originarios del mundo son “temperamentales”.

Luego, ¿vale la pena temperar el temperamento como lo hizo Bach? Para su música sí, para la música occidental sí, porque de otro modo no podrían existir las orquestas ni las agrupaciones de cámara (que requieren un sistema de afinación concertado). Pero los músicos de las culturas originarias no las necesitan. Por eso una quinta justa de una trutruka mapuche jamás ha sido una quinta justa, está más cerca de un tritono. Y tritonos es lo que canta la machi en el machitún. Y a nadie le molesta.

(Díaz, 2019, p.217-218)

Lo que afirma sobre la presencia de números irracionales en los parciales de una fundamental solo aplica para instrumentos como el piano digital, porque en el piano acústico, si bien, sus intervalos deberían (por convención hasta ahora) estar en proporciones irracionales (raíz duodécima de dos) sus parciales siempre serán fracciones simples de la fundamental. Luego dice que las quintas son las que generalmente están en discordancia con la afinación justa, pero, de acuerdo a todos los autores que contempla esta revisión bibliográfica, son las terceras las que sufren la mayor desviación (1 *cent* de desviación en las quintas y 14 *cents* en las terceras aproximadamente).

El segundo párrafo sirve, además, para reforzar la interrogante planteada en el capítulo 5.1.2, ya que sí existen agrupaciones que pueden amoldarse a la *multi-matriz* como el cuarteto o quinteto de cuerdas y agrupaciones corales mixtas. El 12-TET en realidad lo que hizo fue proponer un sistema estándar a modo de lengua franca con el mismo propósito que tiene el sistema internacional de unidades en la física, mas no quiere decir que haya unidades fuera de este que sean populares en ciertos territorios, dicha lectura es superficial y conformista, sumado a que dicha *cualidad ancestral* de los intervalos del 12-TET que menciona no posee ningún fundamento desarrollado.

Además, lo que señala después sobre que las culturas originarias no requieren de un sistema de afinación concertado es una premisa débil, ya que como se planteó anteriormente el concepto de afinación viene dado por la matriz, ¿cómo es posible negar la existencia de un sistema de afinación en una cultura determinada sin una investigación profunda sobre la matriz? Y lo que dice sobre la música mapuche no es más que una superposición de los fundamentos teóricos del diatonismo occidental y el 12-TET en el análisis de ella.

Por otra parte, si se busca el uso de la transcripción en la escena actual de música docta contemporánea en Chile, está el caso del compositor Miguel Farías, quien señala que desarrolló transcripciones de cantos de Lola Kiepja¹⁴² y las utilizó como material sonoro principal del primer movimiento de su obra para ensamble *Rituales del habla* (2019)¹⁴³.

Al ver la partitura de dicha obra se aprecia un tratamiento de los intervalos desde el 24-TET, lo que demuestra nuevamente que los temperamentos iguales son el límite de complejidad que se han adoptado los académicos chilenos y que parecen no considerar lo que postula Rotem (2020) sobre la incapacidad del ser humano para vocalizar intervalos impuros con exactitud, ¿compositores como Farías no trabajan la transcripción fuera de los temperamentos iguales porque no quieren o porque no saben cómo?

El compositor anterior señala¹⁴⁴ que la búsqueda de la identidad latinoamericana va desde lo social y lo político, no desde lo técnico del arte, ¿no es esto negar la importancia de la dimensión neutra de Nattiez? ¿no es parte de la identidad de cada cultura la forma de organizar las frecuencias fundamentales? ¿no es una visión colonial plantear a priori que las comunidades originarias no son conscientes de su propio concepto de afinación? Por otra parte, obras como *Cantos araucanos* de Carlos Isamitt, ¿no son una forma de expropiación cultural con un esfuerzo ínfimo por buscar la identidad desde la matriz interválica propia?

5.3 El sincretismo musical como fusión de matrices.

Si se recuerda el concepto de *Nada* (véase el capítulo 2.3.1) se puede inferir que la selección de *Nadas* en cada cultura es lo que define la matriz interválica, luego el tratamiento de dichas alturas tonales, sea ornamentación, articulación y expresión es lo que forma el concepto de *Swara*, que si se realiza una analogía con el lenguaje hablado, el espectro de la muestra posee características que varían de acuerdo al idioma, así mismo las *Swaras* de cada pueblo es lo que le da su identidad sonora.

El sincretismo musical desde la dimensión neutra del *hecho musical total* puede entenderse como la fusión de dichos conceptos entre dos o más culturas distintas, esto mediante la

¹⁴² Fue una chamana y cantante selk'nam de quien se registraron grabaciones de audio (véase memoriachilena.gob.cl). Falleció en el año 1966.

¹⁴³ Véase la obra completa en el url: <https://www.youtube.com/watch?v=jj6y5l6PhoM>

¹⁴⁴ En el Coloquio inaugural del Postgrado en Artes UC, 2021. Véase en el url: <https://www.youtube.com/watch?v=lyZMSTyAHLQ&t=2265s>.

mezcla de instrumentos como se presenta en la música andina actual en el charango (afinado en 12-TET), la incorporación de instrumentos de bronce en géneros como el Huayno.

Esto lleva a preguntarse, ¿hasta qué punto la fusión de matrices puede desintegrar las características originales de alguna de ellas? En el caso de India con la investigación del Dr. Oke queda demostrado que como cultura poseen un conocimiento afianzado de su matriz interválica, lo que les permite fusionar en la práctica musical sin poner en peligro la deteriorización de su identidad sonora propia.

5.4 Conclusiones finales.

La pregunta de investigación principal sobre cómo expresar en notación occidental muestras que utilicen 22 shrutis sin transgredir los fundamentos teóricos de dicho sistema queda resuelta mediante la incorporación de la armadura secundaria y la alteración secundaria. Luego, el cómo se expande la utilidad de la notación occidental con la respuesta de la pregunta anterior se expone con el concepto de notación *multi-matriz*, donde se plantea que todo punto en una altura determinada del pentagrama está vinculado un valor de frecuencia de fundamental en la magnitud escalar Hertz que el compositor puede regular a voluntad, pero para conocer las ventajas y desventajas de cada forma posible de establecer las proporciones de las alturas tonales debe dominar las herramientas físico matemáticas que involucran los conceptos de afinación, temperamento y medición de intervalos.

Por último, el concepto de intervalo musical no se amplía en la definición matemática sino más bien en la práctica de la composición e interpretación musical que debe promover el estudio de dichos fundamentos científicos e históricos, donde India presenta antecedes anteriores a Grecia y con fundamentos sólidos que permiten resolver problemas históricos de la afinación como el que se plantea en el rompecabezas musical de Benedetti, completando así la línea de tiempo que contempla la formación académica occidental en Chile y los países de habla hispana, y reformulando así los métodos aplicados en la transcripción musical hasta la fecha.

CAPÍTULO 6: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arca, N. (17 de Diciembre de 2015). *Teoría musical: Comparación de sistemas de afinación*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2021, de <http://cms.dm.uba.ar>
- Basu, S. (Diciembre de 2011). *Tuning Modernity: Musical Knowledge and Subjectivities in Colonial India, c. 1780s - c. 1900*. (S. University, Ed.) Recuperado el 6 de Mayo de 2021, de https://surface.syr.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1177&context=socsci_etd
- Benetos, E. (Diciembre de 2013). *Automatic Music Transcription: Challenges and future directions*. Recuperado el 7 de Septiembre de 2021, de <https://homes.cs.washington.edu/~thickstn/media/benetos.pdf>
- Berlanga, M. (2002). *Métodos de transcripción y análisis en Etnomusicología: El concepto de Pertinencia Constructiva*. Recuperado el 7 de Septiembre de 2021, de https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/4630/2002_M%c3%a9todos%20transcripc%20y%20an%c3%a1lisis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bhattacharyya, A. (7 de Julio de 2016). *Pioneering a Modernist Thought in Indian Musicology*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, de <https://www.sahapedia.org/sourindro-mohun-tagore-1840-1914>
- Broeckaert, J. (29 de Septiembre de 2019). *Well Temperaments based on the Werckmeister definition*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2021, de <https://arxiv.org/pdf/1912.10918.pdf#cite.Kelletat1981>
- Cáceres, J.-P. (Agosto de 2007). *Transformada de Fourier*. (S. University, Ed.) Recuperado el 29 de Agosto de 2021
- Caro, F. (2020). *Rosa, Romero y el Alelí: Cosmovisiones presentes en el canto a lo poeta*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2021
- Chatterjee, P. (1993). *The Nation and Its Fragments: Colonial and Postcolonial Histories*. Princeton, New Jersey, EE.UU.: Princeton University Press. Recuperado el 11 de

- Abril de 2021, de https://metalib.ie.edu/ayuda/PDFs_PIB/The-Nation-and-Its-Fragments-Colonial-and-Post-Colonial-Histories.pdf
- Chuaqui, A. (6 de Octubre de 2020). *Meantone Temperament and Other Historical Tuning Systems, Part 1 and 2*. Recuperado el 23 de Mayo de 2021 , de <https://www.youtube.com/watch?v=y6iwiQwVUIc>
- Clayton, M. (1999). “*Time in Indian Music: Rhythm, metre and form in North Indian rag performance*”. Oxford, England: Oxford University Press. Recuperado el 5 de Abril de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/42796823_Time_in_Indian_Music_Rhythm_Metre_and_Form_in_North_Indian_Rag_Performance
- Corea, C. (3 de Octubre de 2020). *How much do you need to know before you play?* Recuperado el 27 de Agosto de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=4XxK_oEmFTU
- Cruces, F. (2001). *Las culturas musicales: lecturas de etnomusicología*. España: Trotta. Recuperado el 16 de Septiembre de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=10605>
- Daniélou, A. (1943). *Introduction To The Study Of Musical Scales*. London, England: The India Society. Recuperado el 7 de Abril de 2021, de <http://www.ibiblio.org/guruguha/MusicResearchLibrary/Books-English/BkE-AlainDanielou-IntroductionToTheStudyOfMusicalScales-1943-0003.pdf>
- Daniélou, A. (1949). *Northern Indian Music Vol I. Theory and Technique*. Calcutta: The Alcuin Press. Recuperado el 2 de Abril de 2021, de https://www.academia.edu/4010434/Northern_Indian_Music_by_Alain_Danielou_Vol_01_Calcutta_1949
- Daniélou, A. (1954). *Northern Indian Music Vol. II The Main Ragas*. Calcutta: The Alcuin Press. Recuperado el 2 de Abril de 2021, de https://www.academia.edu/11236946/Northern_Indian_Music_Vol_02_The_Main_Ragas_by_Alain_Danielou

- Desconocido. (19 de Enero de 2020). *How many languages are spoken in India*.
Recuperado el 4 de Mayo de 2021, de <https://www.kjtranslations.com/blog/how-many-languages-are-spoken-in-india/>
- Desconocido. (2021). *Biografía de Alain Daniélou*. Recuperado el 3 de Mayo de 2021 , de <https://www.alaindanielou.org/biography/english/>
- Dhar, P. N. (Enero de 1987). *Bengal Renaissance: A Study in Social Contradictions*.
Recuperado el 4 de Mayo de 2021
- Díaz, R. (2013). *La música originaria: lecturas de etnomusicología Vol. I*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile. Recuperado el 14 de Noviembre de 2021, de https://www.academia.edu/43205633/LA_M%C3%9ASICA_ORIGINARIA._VOL._I
- Díaz, R. (2019). *La música originaria: lecturas de etnomusicología Vol. II*. Amapola.
Recuperado el 14 de Noviembre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/344330508_LA_MUSICA_ORIGINARIA_VOL_II_2019
- Fox Strangeways, A. H. (1914). *The Music Of Hindostan*. Obtenido de <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.283525/page/n157/mode/2up>
- Gajardo, M. (1970). "El Raga Hindú: un mundo en sí mismo". *Revista Musical Chilena* , 16. Recuperado el 16 de Abril de 2021, de <https://revistamusicalchilena.uchile.cl/index.php/RMCH/article/view/11244/11577>
- García, A. (1 de Junio de 2017). *El fraude de Antonio López. Crítica a su pintura*.
Recuperado el 16 de Septiembre de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=yXhPfg1Sitg>
- Gérard, A. (14 de Octubre de 2008). *Sonidos ondulantes en silbatos dobles arqueológicos*.
Recuperado el 2 de Septiembre de 2021
- Goldáraz, J. J. (2004). *Afinaciones y temperamentos históricos*. Madrid: Alianza Editorial.
Recuperado el 29 de Agosto de 2021

- Gunasekara, A. D. (s.f.). Recuperado el a de 2021, de
https://www.researchgate.net/publication/284166510_Survey_on_Prime_Numbers/link/564d58a308ae1ef9296a99dd/download
- Gunasekara, A. D. (Noviembre de 2015). *Survey on Prime Numbers*. Recuperado el 31 de Agosto de 2021, de
https://www.researchgate.net/publication/284166510_Survey_on_Prime_Numbers/link/564d58a308ae1ef9296a99dd/download
- Humięcka-Jakubowska, J. (Enero de 2009). *The spectralism of Gérard Grisey: from the nature of the sound to the nature of listening*. (A. M. University, Ed.) Recuperado el 29 de Agosto de 2021
- Jairazbhoy, N. A. (1971). *The Rags of North Indian Music*. London, England: Faber and Faber. Recuperado el 3 de Mayo de 2021, de
<https://eprints.soas.ac.uk/29748/1/10752720.pdf>
- Jeffrey M. Valla, J. A. (19 de Diciembre de 2017). *Music and Emotion: A Case for North Indian Classical Music*. Recuperado el 3 de Mayo de 2021, de
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.02115/full>
- Kamat, A. (18 de Octubre de 2014). *Ep 6: Alankaar (ornamentation) in Indian Music*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=9t4WcumdnR0>
- Kamat, A. (16 de Junio de 2014). *Introductory episode: Basic theory of Indian Classical Music*. Recuperado el 4 de Mayo de 2021, de
<https://www.youtube.com/watch?v=9VQjH0RrdXU&t=4s>
- Kamat, A. (30 de Agosto de 2017). *History of Indian Music #2 Mythological origin of Indian Music*. Recuperado el 4 de Mayo de 2021, de
<https://www.youtube.com/watch?v=5qdK9XTMdw>
- Kamat, A. (5 de Septiembre de 2017). *History Of Indian Music #3: Music is pre-historic and Indus Valley Civilization times*. Recuperado el 4 de Mayo de 2021, de
<https://www.youtube.com/watch?v=8ntaLEtGaeY>

- Kamat, A. (22 de Agosto de 2017). *History of Indian Music: #1 Origin of Music*. Recuperado el 4 de Mayo de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=AnGJ7zwyCAk>
- Lai, A. (29 de Enero de 2008). *La imagen del sonido y la escritura espectral*. Recuperado el 29 de Agosto de 2021
- Lentz, D. A. (Enero de 1961). *Tones and Intervals of Hindu Classical Music*. Recuperado el 13 de Mayo de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/237301139.pdf>
- Neely, A. (13 de Abril de 2020). *Benedetti's Puzzle (mathematically impossible music)*. Recuperado el 24 de Agosto de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=TYhPAbsIqA8>
- Oke, D. V. (2008). <http://www.22shruti.com/index.asp>. Recuperado el Junio de 2021, de <http://www.22shruti.com/index.asp>
- Oke, D. V. (6 de Enero de 2018). *Lecture Demonstration on 22 Shruti harmonium*. Recuperado el Junio de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=YfF8ZEVOYks>
- Pande, M. (7 de Noviembre de 2016). *Margin notes: The pioneering conference a century ago that aimed to preserve Indian classical music*. Recuperado el 4 de Mayo de 2021, de <https://scroll.in/article/820040/100-years-after-the-first-all-india-music-conference-the-discourse-in-india-is-painfully-shrill>
- Popley, H. A. (1921). *The Music Of India*. Calcutta, India: Association Press. Recuperado el 10 de Mayo de 2021, de <http://www.ibiblio.org/guruguha/MusicResearchLibrary/Books-English/BkE-PopleyHA-The%20Music%20of%20India-1921-0057.pdf>
- Quijano, A. (2000). *Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina*. Buenos Aires, Argentina: CLACSO. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20140507042402/eje3-8.pdf>
- Rai, S. (Enero de 2010). *Pitch Estimation of Notes in Indian Classical Music*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de

https://www.researchgate.net/publication/224112671_Pitch_Estimation_of_Notes_in_Indian_Classical_Music

Ranganathan, S. (2015). *Dwelling in my Voice: Tradition as musical judgment and aesthetic sense in North Indian classical Dhrupad*. Recuperado el 3 de Junio de 2021, de https://escholarship.org/content/qt6d52h9cj/qt6d52h9cj_noSplash_9152627edcd8380e898ea676fd70b547.pdf

Rodríguez, E. A. (2002). *Afinaciones y Temperamentos: Historia y Presente*. Recuperado el 27 de Agosto de 2021, de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/76610/Documento_completo.pdf-PDFA1b.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rotem, E. (12 de Marzo de 2016). *Tuning and Temperaments in the Renaissance - PART I*. Recuperado el 31 de Agosto de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=R75unSXXJXQ>

Rotem, E. (12 de Marzo de 2016). *Tuning and Temperaments in the Renaissance - PART II*. Recuperado el 31 de Agosto de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=nLa7GOKGMaQ>

Rotem, E. (9 de Mayo de 2020). *Temperaments - What you need to know*. Recuperado el 8 de Agosto de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=TgwaiEKnMTQ&list=RDCMUCJOiqToQ7kiaKqTLE7Hdd5g&start_radio=1&rv=TgwaiEKnMTQ&t=1102

Ruth, V. (Abril de 1997). *French Spectral Music: an Introduction*. Recuperado el 27 de Agosto de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/231967300_French_Spectral_Music_an_Introduction

Salamon, J. (Octubre de 2012). *A multipitch approach to tonic identification in Indian Clasical Music*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/254201240_A_Multipitch_Approach_to_Tonic_Identification_in_Indian_Classical_Music

- Savage, P. (Julio de 2018). *Alan Lomax's Cantometrics Project: A comprehensive review*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/326630001_Alan_Lomax%27s_Cantometrics_Project_A_comprehensive_review
- Schönberg, A. (1967). *Fundamentals of musical composition*. (G. S. Stein, Ed.) London: Faber and faber. Recuperado el 26 de Octubre de 2021, de https://monoskop.org/images/d/da/Schoenberg_Arnold_Fundamentals_of_Musical_Composition_no_OCR.pdf.
- Shankar, D. S. (5 de Junio de 2020). *22 shrutis simplified - Chapter 4: demonstrations*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=KfmCpWLLgmY&t=1506s>
- Shankar, S. (5 de Junio de 2020). *22 Shrutis Simplified - Chapter 1: In a Nutshell*. Recuperado el 14 de Junio de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=U1absCjaZfQ>
- Shankar, S. (5 de Junio de 2020). *22 Shrutis Simplified - Chapter 2: The Fundamentals*. Recuperado el 14 de Junio de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=SdBD7ZJLgoI>
- Tagore, S. M. (1875). *English Verses Set to Hindu Music*. Calcutta, India: J. N. Ghose & Co. Recuperado el 15 de Mayo de 2021, de [https://imslp.org/wiki/English_Verses_set_to_Hindu_Music_\(Tagore%2C_Sourindro_Mohun\)](https://imslp.org/wiki/English_Verses_set_to_Hindu_Music_(Tagore%2C_Sourindro_Mohun))
- Tagore, S. M. (1884). *The Musical Scales of the Hindus: with Remarks of the Applicability of Harmony to Hindu Music*. London: Oxford University Press. Recuperado el 20 de Mayo de 2021, de <https://www.indianculture.gov.in/rarebooks/musical-scales-hindus-remarks-applicability-harmony-hindu-music>
- Taylan, A. (2006). *A Generative Model For Music Transcription*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/3457528_A_Generative_Model_for_Music_Transcription

- Terasawa, H. (19 de Marzo de 2004). *Pitch Drift in Coral Music*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2021, de
<https://ccrma.stanford.edu/~hiroko/pitchdrift/paper221A.pdf>
- Thiyyadi, S. (19 de Noviembre de 2020). *RK Bijapure and Akashvani's Infamous Harmonium Ban*. Recuperado el 6 de Abril de 2021, de
<https://indiaartreview.com/2020/11/19/rk-bijapure-and-akashvanis-infamous-harmonium-ban/>
- Vadya, S. (25 de Abril de 2021). *Harmonium*. Recuperado el 13 de Junio de 2021, de
<https://indianculture.gov.in/musical-instruments/sushir-vadya/harmonium>
- Welch, J. P. (Septiembre de 2011). *The British Raj and India: Colonial Influence: 1612-1948*. Recuperado el 14 de Junio de 2021, de
https://www.researchgate.net/publication/272383606_The_British_Raj_and_India_British_Colonial_Influence_1612_-_1948
- Yost, W. (2009). *Pitch perception*. Recuperado el 29 de Agosto de 2021, de
https://www.researchgate.net/publication/40026915_Pitch_Perception/link/00b495314a1bdb9a01000000/download

CAPÍTULO 7: ANEXOS.

7.1 Partituras.

7.1.1 Transcripciones descriptivas con información previa, Parte I.

Transcripciones descriptivas con información previa

PARTE I

Dra. Rajam: Violín

Dr. Oke: Armonio de 22 shrutis

Transcripción: J.Tenorio

GLOSARIO

GENERAL:

Matriz: 22 shrutis
Shrutis Raga Todi: S, r1, g1, m1, P, d1, N1
Sa (C5) = 349.23 Hz



Armadura secundaria:

Información que se adjunta sobre la armadura convencional para indicar tres variables: la matriz interválica (los valores de las frecuencias fundamentales asignados a cada espacio y línea del pentagrama), los intervalos específicos que se utilizan de la matriz y el valor de la frecuencia fundamental del *do central*.



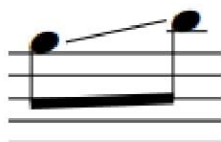
Alteración secundaria: Indica el uso de un intervalo externo a la armadura doble pero perteneciente a la matriz. En el caso de los 22 shrutis se indica con la abreviación de consonante (S,r,R,g,G,m,M,P,d,D,n, N) junto a un número (1-2). S y P no pueden tener alteración doble porque solo tienen un intervalo asignado.

VIOLÍN:

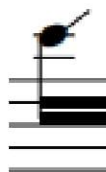
Distancias en violín 4/4:



S: 32.5 cm (al aire)	P: 21.667 cm
R1: 29.25	d1: 20.566 cm
R2: 28.888 cm	D2: 19.259 cm
g2: 27.083 cm	n1: 18.281 cm
G1: 26 cm	n2: 18.055 cm
m1: 23.111 cm	N1: 17.333 cm
M1: 24.375 cm	N2: 17.119 cm
M2: 24.074 cm	S': 16.25 cm



Se ejecuta deslizando el dedo desde una nota a la otra.



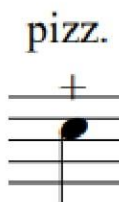
Deslizamiento del dedo hacia una nota diatónica a la armadura doble



Agrupación de cuatro semicorcheas con leve aceleración y desaceleración respectivamente.

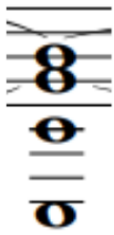


Mordente compuesto por la secuencia r1-r2-r1.



Pizzicato de mano izquierda.

ARMONIO DE 22 SHRUTIS:



Extensiones de este tipo requieren incorporar la mano izquierda para ser interpretados y solo son factibles al cargar de aire el armonio mediante múltiples movimientos de fuelle.



Armónico natural producido al soltar la tecla mientras existe una presión alta de aire dentro de la caja de resonancia. Su uso parece ser involuntario.



El arco en el armonio significa que no hay movimiento de fuelle en las notas que encierra, suele producir una articulación de tipo *legato*.

r1 (256:243)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Todi: S, r1, g1, m1, P, d1, N1

Sa (C5) = 349.23 Hz

Violín

60 < ♩ < 65

sul tasto

mf

Armonio de 22 shrutis

mp

3

pp *mp* *mf* *pp* *mp*

3

The image displays a musical score for 'The Swan' by Camille Saint-Saëns, specifically the section from measures 5 to 8. The score is written for two staves, each in 3/4 time. The first staff begins with a treble clef and a key signature of one flat (B-flat). The music is characterized by a melodic line with various dynamics and articulations. The second staff continues the melodic line, also in treble clef and one flat key signature. The score includes dynamic markings such as *mf* (mezzo-forte), *pp* (pianissimo), and *mp* (mezzo-piano). There are also articulations like *r2* (ritardando) and *sul pont.* (sul ponticello). The notation includes various note values, rests, and slurs, indicating a complex and expressive piece of music.

r2 (16:15)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Bhairav: S, r2, G1, M1, P, d2, N1

Sa (C5) = 349.23 Hz

105 < ♩ < 110

sul tasto *poco rit.* *poco más movido*

Violín *mf*

Armonio de 22 shrutis *mp*

p *poco más lento* *mf*

6

mp *f*

9

3 3

g1 (32:27)

Matriz: 22 shrutis
Shrutis Raga Malakouns: S, g1, M1, d1, n1.
Sa (C5) = 349.23 Hz

90 <  < 100

Violín

Armonio de 22 shrutis

mp *mf*

mf

p < *mf*

poco más movido

5

poco rit.

espress.

5 8

3 3

6

3/4

This block contains the first system of a musical score, measures 5 and 6. The top staff is in treble clef with a key signature of two flats (Bb, Eb) and a 4/4 time signature. It features a melodic line with eighth and quarter notes, a trill marked with a 'V' in measure 5, and a half note in measure 6. The bottom staff is also in treble clef with the same key signature and 4/4 time signature. It contains a bass line with eighth and quarter notes, including two triplet markings over eighth notes in measure 5. Both staves end with a 3/4 time signature change. Performance markings include 'poco rit.' above the top staff and 'espress.' below the bottom staff.

7

mp *mf* *p*

7 8

mp

0'31

This block contains the second system of the musical score, measures 7 and 8. The top staff is in treble clef with a key signature of two flats and a 3/4 time signature. It features a melodic line with eighth and quarter notes, a long slur spanning across the bar line, and a final quarter rest. The bottom staff is in treble clef with the same key signature and 3/4 time signature. It contains a bass line with eighth and quarter notes, including a triplet of eighth notes in measure 7. Both staves end with a 4/4 time signature change. Performance markings include 'mp' (mezzo-piano) and 'mf' (mezzo-forte) with a crescendo hairpin above the top staff, and 'p' (piano) with a decrescendo hairpin above the bottom staff. A 'mp' marking is also present below the bottom staff in measure 7. A time signature change to 4/4 occurs between measures 7 and 8. The score concludes with a double bar line and the time '0'31' at the bottom right.

g2 (6:5)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Multani: S, r1, g2, m1, P, d2, N1

$$\text{Sa (C5)} = 349.23 \text{ Hz}$$

Violín

Armonio de 22 shrutis

70 < ♩ < 75

mf

mf

subito *pp*

mf

4

8

5

3

3

3

5

3

4

8

8

pp *mf*

3

11

p *mp*

3

13

m1 (45:32)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Basant: S, r1, G1, M1, m1, P, d1, N1

Sa (C5) = 349.23 Hz

Violín

Armonio de 22 shrutis

135 < ♩ < 145

mf

poco rit.

a tempo

p

pp

8 *más movido*

rubato

muy expresivo
mp *mf*

11

mf *mp*

13

p *mf*

16

mp

16 8

p

0'32

m2 (729:512)

Matriz: 22 shrutis
Shrutis Raga Madhukauns: S, g2, m2, P, n2
Sa (C5) = 349.23 Hz

$165 < \bullet < 170$

Violín

Armonio de 22 shrutis

mf *p* *mf* *poco rit.*

mp

a tempo *f* *g1* *V* *D2* *muy expresivo* *poco más lento* *mf*

7

pp mp

7 8

10 *más movido*

f mf

10 8

12 *expresivo*

mp p mp

12 8

15 *rit.*

p *mp*

0'27

d1 (128:81)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Puriya Dhanashree: S, r1, G1, m1, P, d1, N1

Sa (C5) = 349.23 Hz

95 < ♩ < 100

Violín

Armonio de 22 shrutis

mf

M2

4

r2

r1

V

4

The image shows a musical score for two instruments: Violín and Armonio de 22 shrutis. The Violín part is written in 4/4 time and begins with a whole rest, followed by a half note G4, and then a quarter note G4. The Armonio part is written in 8/4 time and begins with a whole note G4, followed by a half note G4, and then a quarter note G4. The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamics. The tempo is indicated as 95 < ♩ < 100. The dynamics are marked as mf. The score also includes a box with information about the matrix (22 shrutis), the shrutis Raga Puriya Dhanashree (S, r1, G1, m1, P, d1, N1), and the frequency of Sa (C5) = 349.23 Hz. The score is divided into two systems, each with a 4-measure and an 8-measure section.

6

mp > *mf*

6

8

mp

8

más lento $60 < \text{♩} < 65$

9

mf

9

5

10

3

mp

no rit.

10 8

d2 (8:5)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Adana: S, R2, g2, M2, P, d2, n2

Sa (C5) = 349.23 Hz

Violín

Armonio de 22 shrutis

60 < ♩ < 65

pizz. arco

G2

3 6

pizz.

mp

8

4

arco

V G2 d1 d2

mf 3 *mp* *mf* 3

4

8

MÁS MOVIDO

6

mp

3

6

8

8

mp *f*

p

0'25

0'25

N1 (15:8)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Bihag: S, R2, G1, M1, m1, P, D2, N1

Sa (C5) = 349.23 Hz

Violín

80 < ♩ < 85

mf *espress. fp* < *mf*

Armonio de 22 shrutis

mf

mp

3

3

pp

N2 (243:128)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Chandrakouns: S, g2, M1, d2, N2

Sa (C5) = 349.23 Hz

85 < ♩ < 90

Violin

mp *mf* *fp*

A-22

mf

3 *no rit.* *mf* > *mp*

d1 d2 d1 d2 d1 d2 d1 d2

5 5

The musical score is written for Violin and A-22. The Violin part starts in 4/4 time, then changes to 3/4, and finally to 4/4. It includes a triplet of eighth notes, a slur over a series of notes, and a crescendo leading to a fortissimo (fp) section. The A-22 part also starts in 4/4, then changes to 3/4, and finally to 4/4. It includes a triplet of eighth notes, a slur over a series of notes, and a crescendo leading to a fortissimo (fp) section. The score includes various musical notations such as triplets, slurs, and fingerings.

5

G2

mf *pp* *mf*

5 8

7

pizz. arco

G2

mf *p* *f*

5

7 8

9

G2 G1

mf *mp* *mf*

3 3 3

9 8

11

mf

11 8

0'42

7.1.2 Transcripciones descriptivas con información previa, Parte II.

Transcripciones descriptivas con información previa

PARTE II

Dra. Shankar: Violín

Transcripción: J.Tenorio

G1 (5:4) - D1 (5:3)

Matriz: 22 shrutis
Shrutis Raga Bhupali (Bhoop): S, R1, G1, P, D1
Sa (C5) = 349.23 Hz

65 < ♩ < 70

Violín

mp < *mf* > *con vibrato*

Armonio de 22 shrutis

p

4

D2 D1 D2 D1 D2 D1

mp < *mf* > *pp*

Más rápido

6

mf

D2

The musical score is written for Violín and Armonio de 22 shrutis. The Violín part is in treble clef, and the Armonio part is in bass clef. The time signature is 2/4. The Violín part starts with a melody that includes a vibrato section. The Armonio part provides a sustained harmonic drone. The score is divided into three systems, with the tempo increasing in the third system. Dynamics include mp, mf, p, and pp. The Violín part includes a section marked 'Más rápido' (Faster). The Armonio part includes a section marked 'D2'.

Lento **Rápido**

8 8

pp *pp*

0'27

G2 (81:64) - D2 (27:16)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Deshkar: S, R2, G2, P, D2

$$S_a(C5) = 349.23 \text{ Hz}$$

115 < ♩ < 120

Violín

Armonio de 22 shrutis

3

5

8

espress.

pp

0'12

7.1.3 Transcripciones descriptivas con información previa, Parte III.

Transcripciones descriptivas con información previa

PARTE III

Pt. Vishwa Mohan Bhatt: Guitarra *slide*

Dr. Oke: Armonio de 22 shrutis

Transcripción: J.Tenorio

R2 (9:8) - D2 (27:16)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Yaman: S, R2, G1, m1, P, D2, N1

Sa (C5) = 293.66 Hz

105 <  < 110

Guitarra Slide

Armonio de 22 shrutis

mp

let ring - - - - -

3

mf

M2

3

5

mf

3

3

mp



65 <  < 70

7

7 8

9

9 8

11

11 8

12

12 8

N2 N1 n1 m2

3

The image displays a musical score for the song "The Rose Tree". It consists of two staves. The top staff is a treble clef with a key signature of one sharp (F#) and a 2/4 time signature. It begins with a measure number of 14. The melody is written in a simple, folk-like style, featuring eighth and quarter notes. There are two measures of rests, each marked with a "V" above the staff. The bottom staff is a bass clef with a key signature of one sharp (F#) and a 2/4 time signature. It also begins with a measure number of 14. The bass line is written in a simple, folk-like style, featuring eighth and quarter notes. There are two measures of rests, each marked with a "V" above the staff. The score is presented in a clean, black-and-white format.

Más lento

18

3

tr

3

18

8

3

The image displays a musical score for the song "The Rose Tree". It consists of two systems of music, each with a vocal line and a piano accompaniment line.

System 1:

- Vocal Line:** Starts with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a 3/4 time signature. The melody begins with a quarter note G4, followed by a dotted quarter note A4, and an eighth note B4. This is followed by a quarter rest, then a quarter note G4, and a dotted quarter note F#4. The line ends with a double bar line.
- Piano Accompaniment:** Starts with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a 3/4 time signature. The accompaniment features a series of eighth notes: G4, A4, B4, G4, A4, B4, G4, A4, B4. This is followed by a quarter rest, then a quarter note G4, and a dotted quarter note F#4. The line ends with a double bar line.

System 2:

- Vocal Line:** Continues with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a 3/4 time signature. The melody begins with a quarter note E4, followed by a dotted quarter note D4, and an eighth note C4. This is followed by a quarter rest, then a quarter note E4, and a dotted quarter note D4. The line ends with a double bar line.
- Piano Accompaniment:** Continues with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a 3/4 time signature. The accompaniment features a series of eighth notes: E4, D4, C4, E4, D4, C4, E4, D4, C4. This is followed by a quarter rest, then a quarter note E4, and a dotted quarter note D4. The line ends with a double bar line.

21 *poco accel.*

21 8

pp

23 *a tempo*

mf

3

23 8

1'25

R1 (10:9) - D1 (5:3)

Matriz: 22 shrutis

Shrutis Raga Gorakh Kalyan: S, R1, (G1), M1, D1, n1

Sa (C5) = 293.66 Hz (Fa en 12-TET)

60 < ♩ < 65

Guitarra Slide

mf

G2 *tr* G2

A-22

mp

4 *poco más movido*

5

6

6

8

0

tr

>

This system contains measures 6 and 7. Measure 6 (top staff) features a melodic line with a trill (tr) on the second measure and a natural (0) on the third. Measure 7 (bottom staff) shows a sustained chord in the left hand and a melodic line in the right hand.

8

8

3

6

3/4

2/4

>

This system contains measures 8 and 9. Measure 8 (top staff) includes a triplet (3) and a sixteenth note (6). Measure 9 (bottom staff) shows a change in time signature from 3/4 to 2/4.

10

10

8

2/4

0'22

This system contains measures 10 and 11. Measure 10 (top staff) features a melodic line with a natural (0) and a sixteenth note (2). Measure 11 (bottom staff) shows a sustained chord in the left hand and a melodic line in the right hand.

7.2 Tabla de cálculos de frecuencias y longitud de cuerda vibrante.

Las tablas a continuación muestran el cálculo de las frecuencias fundamentales y de las longitudes de cuerda vibrantes de los 22 *shrutis* y del 12-TET aplicados a las dimensiones del violín, viola, violoncello y contrabajo, afinadas por quintas y cuartas puras (S:P y S:M1), y por quintas y cuartas del 12-TET (700 y 500 *cents*).

Los datos al comienzo de cada instrumento presentan en los números del uno al cuatro las frecuencias fundamentales de cada cuerda al aire y abajo en los números del uno al tres se presentan longitudes de cuerda vibrante de diversas escalas del instrumento, por ejemplo, si es un violín 4/4 entonces solo se considera la columna 1 y la columna 4, que presenta una modulación de S a M1, o sea que la distancia donde se produce M1 (24,375 cm) pasa a ser S.

Hay que considerar que al afinar por quintas puras los valores que se presentan en las tablas son considerando que cada cuerda al aire es S (tónica), para obtener todos los valores de frecuencias fundamentales en función de una sola tónica el procedimiento es distinto, ya que se deben hallar las 22 alturas tonales replicadas en todo el registro de las cuatro cuerdas y en ese caso puede haber cuerdas que al aire produzcan fundamentales fuera de la matriz, y por ende deban omitirse o cambiar su fundamental al aire y establecer las secuencias de *shrutis* correspondientes desde ese *shruti* específico que puede no ser S. Para eso es necesario recordar lo que dice Oke (2018) sobre los tres tipos de proporciones que originan todos los 22 *shrutis*: *Purna*, *Praman* y *Nyuna shrutyantar*¹⁴⁵.

¹⁴⁵ Distancia entre *shrutis*.

VIOLÍN	1	2	3	4
f (Hz)	661,5	441	294	196
L (Cm)	32,5	34,5	32,8	24,375

Afinación por quintas puras				
Shruti	f1	f2	f3	f4
S	661,500000	441,000000	294,000000	196,000000
r1	696,888889	464,592593	309,728395	206,485597
r2	705,600000	470,400000	313,600000	209,066667
R1	735,000000	490,000000	326,666667	217,777778
R2	744,187500	496,125000	330,750000	220,500000
g1	784,000000	522,666667	348,444444	232,296296
g2	793,800000	529,200000	352,800000	235,200000
G1	826,875000	551,250000	367,500000	245,000000
G2	837,210938	558,140625	372,093750	248,062500
M1	882,000000	588,000000	392,000000	261,333333
M2	893,025000	595,350000	396,900000	264,600000
m1	930,234375	620,156250	413,437500	275,625000
m2	941,862305	627,908203	418,605469	279,070313
P	992,250000	661,500000	441,000000	294,000000
d1	1.045,333333	696,888889	464,592593	309,728395
d2	1.058,400000	705,600000	470,400000	313,600000
D1	1.102,500000	735,000000	490,000000	326,666667
D2	1.116,281250	744,187500	496,125000	330,750000
n1	1.176,000000	784,000000	522,666667	348,444444
n2	1.190,700000	793,800000	529,200000	352,800000
N1	1.240,312500	826,875000	551,250000	367,500000
N2	1.255,816406	837,210938	558,140625	372,093750
S'	1.323,000000	882,000000	588,000000	392,000000
r1'	1.393,777778	929,185185	619,456790	412,971193
r2'	1.411,200000	940,800000	627,200000	418,133333
R1'	1.470,000000	980,000000	653,333333	435,555556
R2'	1.488,375000	992,250000	661,500000	441,000000
g1'	1.568,000000	1.045,333333	696,888889	464,592593
g2'	1.587,600000	1.058,400000	705,600000	470,400000
G1'	1.653,750000	1.102,500000	735,000000	490,000000
G2'	1.674,421875	1.116,281250	744,187500	496,125000
M1'	1.764,000000	1.176,000000	784,000000	522,666667
M2'	1.786,050000	1.190,700000	793,800000	529,200000
m1'	1.860,468750	1.240,312500	826,875000	551,250000
m2'	1.883,724609	1.255,816406	837,210938	558,140625
P'	1.984,500000	1.323,000000	882,000000	588,000000
d1'	2.090,666667	1.393,777778	929,185185	619,456790
d2'	2.116,800000	1.411,200000	940,800000	627,200000
D1'	2.205,000000	1.470,000000	980,000000	653,333333
D2'	2.232,562500	1.488,375000	992,250000	661,500000

n1'	2.352,000000	1.568,000000	1.045,333333	696,888889
n2'	2.381,400000	1.587,600000	1.058,400000	705,600000
N1'	2.480,625000	1.653,750000	1.102,500000	735,000000
N2'	2.511,632813	1.674,421875	1.116,281250	744,187500
S''	2.646,000000	1.764,000000	1.176,000000	784,000000
r1''	2.787,555556	1.858,370370	1.238,913580	825,942387
r2''	2.822,400000	1.881,600000	1.254,400000	836,266667
R1''	2.940,000000	1.960,000000	1.306,666667	871,111111
R2''	2.976,750000	1.984,500000	1.323,000000	882,000000
g1''	3.136,000000	2.090,666667	1.393,777778	929,185185
g2''	3.175,200000	2.116,800000	1.411,200000	940,800000
G1''	3.307,500000	2.205,000000	1.470,000000	980,000000
G2''	3.348,843750	2.232,562500	1.488,375000	992,250000
M1''	3.528,000000	2.352,000000	1.568,000000	1.045,333333
M2''	3.572,100000	2.381,400000	1.587,600000	1.058,400000
m1''	3.720,937500	2.480,625000	1.653,750000	1.102,500000
m2''	3.767,449219	2.511,632813	1.674,421875	1.116,281250
P''	3.969,000000	2.646,000000	1.764,000000	1.176,000000
d1''	4.181,333333	2.787,555556	1.858,370370	1.238,913580
d2''	4.233,600000	2.822,400000	1.881,600000	1.254,400000
D1''	4.410,000000	2.940,000000	1.960,000000	1.306,666667
D2''	4.465,125000	2.976,750000	1.984,500000	1.323,000000
n1''	4.704,000000	3.136,000000	2.090,666667	1.393,777778
n2''	4.762,800000	3.175,200000	2.116,800000	1.411,200000
N1''	4.961,250000	3.307,500000	2.205,000000	1.470,000000
N2''	5.023,265625	3.348,843750	2.232,562500	1.488,375000
S'''	5.292,000000	3.528,000000	2.352,000000	1.568,000000

	Longitud de cuerda vibrante			
Shruti	L1	L2	L3	L4
S	32,500000	34,500000	32,800000	24,375000
r1	30,849609	32,748047	31,134375	23,137207
r2	30,468750	32,343750	30,750000	22,851563
R1	29,250000	31,050000	29,520000	21,937500
R2	28,888889	30,666667	29,155556	21,666667
g1	27,421875	29,109375	27,675000	20,566406
g2	27,083333	28,750000	27,333333	20,312500
G1	26,000000	27,600000	26,240000	19,500000
G2	25,679012	27,259259	25,916049	19,259259
M1	24,375000	25,875000	24,600000	18,281250
M2	24,074074	25,555556	24,296296	18,055556
m1	23,111111	24,533333	23,324444	17,333333
m2	22,825789	24,230453	23,036488	17,119342
P	21,666667	23,000000	21,866667	16,250000
d1	20,566406	21,832031	20,756250	15,424805
d2	20,312500	21,562500	20,500000	15,234375
D1	19,500000	20,700000	19,680000	14,625000
D2	19,259259	20,444444	19,437037	14,444444
n1	18,281250	19,406250	18,450000	13,710938
n2	18,055556	19,166667	18,222222	13,541667
N1	17,333333	18,400000	17,493333	13,000000
N2	17,119342	18,172840	17,277366	12,839506
S'	16,250000	17,250000	16,400000	12,187500
r1'	15,424805	16,374023	15,567188	11,568604
r2'	15,234375	16,171875	15,375000	11,425781
R1'	14,625000	15,525000	14,760000	10,968750
R2'	14,444444	15,333333	14,577778	10,833333
g1'	13,710938	14,554688	13,837500	10,283203
g2'	13,541667	14,375000	13,666667	10,156250
G1'	13,000000	13,800000	13,120000	9,750000
G2'	12,839506	13,629630	12,958025	9,629630
M1'	12,187500	12,937500	12,300000	9,140625
M2'	12,037037	12,777778	12,148148	9,027778
m1'	11,555556	12,266667	11,662222	8,666667
m2'	11,412894	12,115226	11,518244	8,559671
P'	10,833333	11,500000	10,933333	8,125000
d1'	10,283203	10,916016	10,378125	7,712402
d2'	10,156250	10,781250	10,250000	7,617188
D1'	9,750000	10,350000	9,840000	7,312500
D2'	9,629630	10,222222	9,718519	7,222222

n1'	9,140625	9,703125	9,225000	6,855469
n2'	9,027778	9,583333	9,111111	6,770833
N1'	8,666667	9,200000	8,746667	6,500000
N2'	8,559671	9,086420	8,638683	6,419753
S''	8,125000	8,625000	8,200000	6,093750
r1''	7,712402	8,187012	7,783594	5,784302
r2''	7,617188	8,085938	7,687500	5,712891
R1''	7,312500	7,762500	7,380000	5,484375
R2''	7,222222	7,666667	7,288889	5,416667
g1''	6,855469	7,277344	6,918750	5,141602
g2''	6,770833	7,187500	6,833333	5,078125
G1''	6,500000	6,900000	6,560000	4,875000
G2''	6,419753	6,814815	6,479012	4,814815
M1''	6,093750	6,468750	6,150000	4,570313
M2''	6,018519	6,388889	6,074074	4,513889
m1''	5,777778	6,133333	5,831111	4,333333
m2''	5,706447	6,057613	5,759122	4,279835
P''	5,416667	5,750000	5,466667	4,062500
d1''	5,141602	5,458008	5,189063	3,856201
d2''	5,078125	5,390625	5,125000	3,808594
D1''	4,875000	5,175000	4,920000	3,656250
D2''	4,814815	5,111111	4,859259	3,611111
n1''	4,570313	4,851563	4,612500	3,427734
n2''	4,513889	4,791667	4,555556	3,385417
N1''	4,333333	4,600000	4,373333	3,250000
N2''	4,279835	4,543210	4,319342	3,209877
S'''	4,062500	4,312500	4,100000	3,046875

Afinación por quintas de 700 cents				
12-TET	f1	f2	f3	f4
C	659,262790	440,005123	293,668187	196,000000
C#/Db	698,464595	466,169189	311,130606	207,654766
D	739,997461	493,889052	329,631395	220,002561
D#/Eb	784,000000	523,257223	349,232298	233,084595
E	830,619066	554,371716	369,998731	246,944526
F	880,010246	587,336374	392,000000	261,628611
F#/Gb	932,338378	622,261212	415,309533	277,185858
G	987,778103	659,262790	440,005123	293,668187
G#/Ab	1.046,514446	698,464595	466,169189	311,130606
A	1.108,743433	739,997461	493,889052	329,631395
A#/Bb	1.174,672748	784,000000	523,257223	349,232298
B	1.244,522425	830,619066	554,371716	369,998731
C'	1.318,525579	880,010246	587,336374	392,000000
C#/Db'	1.396,929190	932,338378	622,261212	415,309533
D'	1.479,994922	987,778103	659,262790	440,005123
D#/Eb'	1.568,000000	1.046,514446	698,464595	466,169189
E'	1.661,238132	1.108,743433	739,997461	493,889052
F'	1.760,020492	1.174,672748	784,000000	523,257223
F#/Gb'	1.864,676756	1.244,522425	830,619066	554,371716
G'	1.975,556206	1.318,525579	880,010246	587,336374
G#/Ab'	2.093,028891	1.396,929190	932,338378	622,261212
A'	2.217,486866	1.479,994922	987,778103	659,262790
A#/Bb'	2.349,345497	1.568,000000	1.046,514446	698,464595
B'	2.489,044849	1.661,238132	1.108,743433	739,997461
C''	2.637,051158	1.760,020492	1.174,672748	784,000000
C#/Db''	2.793,858380	1.864,676756	1.244,522425	830,619066
D''	2.959,989845	1.975,556206	1.318,525579	880,010246
D#/Eb''	3.136,000000	2.093,028891	1.396,929190	932,338378
E''	3.322,476264	2.217,486866	1.479,994922	987,778103
F''	3.520,040983	2.349,345497	1.568,000000	1.046,514446
F#/Gb''	3.729,353513	2.489,044849	1.661,238132	1.108,743433
G''	3.951,112412	2.637,051158	1.760,020492	1.174,672748
G#/Ab''	4.186,057783	2.793,858380	1.864,676756	1.244,522425
A''	4.434,973732	2.959,989845	1.975,556206	1.318,525579
A#/Bb''	4.698,690993	3.136,000000	2.093,028891	1.396,929190
B''	4.978,089699	3.322,476264	2.217,486866	1.479,994922
C'''	5.274,102316	3.520,040983	2.349,345497	1.568,000000

	Longitud de cuerda vibrante			
12-TET	L1	L2	L3	L4
C	32,500000	34,500000	32,800000	24,375000
C#/Db	30,675915	32,563664	30,959077	23,006936
D	28,954208	30,736006	29,221478	21,715656
D#/Eb	27,329133	29,010926	27,581402	20,496850
E	25,795267	27,382668	26,033377	19,346450
F	24,347490	25,845797	24,572236	18,260617
F#/Gb	22,980970	24,395184	23,193102	17,235728
G	21,691148	23,025987	21,891374	16,268361
G#/Ab	20,473717	21,733638	20,662705	15,355288
A	19,324616	20,513823	19,502997	14,493462
A#/Bb	18,240008	19,362470	18,408378	13,680006
B	17,216275	18,275738	17,375195	12,912206
C'	16,250000	17,250000	16,400000	12,187500
C#/Db'	15,337958	16,281832	15,479539	11,503468
D'	14,477104	15,368003	14,610739	10,857828
D#/Eb'	13,664567	14,505463	13,790701	10,248425
E'	12,897634	13,691334	13,016689	9,673225
F'	12,173745	12,922899	12,286118	9,130309
F#/Gb'	11,490485	12,197592	11,596551	8,617864
G'	10,845574	11,512994	10,945687	8,134180
G#/Ab'	10,236859	10,866819	10,331353	7,677644
A'	9,662308	10,256911	9,751498	7,246731
A#/Bb'	9,120004	9,681235	9,204189	6,840003
B'	8,608138	9,137869	8,687597	6,456103
C''	8,125000	8,625000	8,200000	6,093750
C#/Db''	7,668979	8,140916	7,739769	5,751734
D''	7,238552	7,684001	7,305369	5,428914
D#/Eb''	6,832283	7,252732	6,895351	5,124213
E''	6,448817	6,845667	6,508344	4,836613
F''	6,086872	6,461449	6,143059	4,565154
F#/Gb''	5,745243	6,098796	5,798276	4,308932
G''	5,422787	5,756497	5,472843	4,067090
G#/Ab''	5,118429	5,433410	5,165676	3,838822
A''	4,831154	5,128456	4,875749	3,623365
A#/Bb''	4,560002	4,840618	4,602094	3,420002
B''	4,304069	4,568935	4,343799	3,228052
C'''	4,062500	4,312500	4,100000	3,046875

VIOLA	1	2	3	4
f (Hz)	441	294	196	130,666667
L (Cm)	37	37,5	38	27,75

Afinación por quintas puras				
Shruti	f1	f2	f3	f4
S	441,000000	294,000000	196,000000	130,666667
r1	464,592593	309,728395	206,485597	137,657064
r2	470,400000	313,600000	209,066667	139,377778
R1	490,000000	326,666667	217,777778	145,185185
R2	496,125000	330,750000	220,500000	147,000000
g1	522,666667	348,444444	232,296296	154,864198
g2	529,200000	352,800000	235,200000	156,800000
G1	551,250000	367,500000	245,000000	163,333333
G2	558,140625	372,093750	248,062500	165,375000
M1	588,000000	392,000000	261,333333	174,222222
M2	595,350000	396,900000	264,600000	176,400000
m1	620,156250	413,437500	275,625000	183,750000
m2	627,908203	418,605469	279,070313	186,046875
P	661,500000	441,000000	294,000000	196,000000
d1	696,888889	464,592593	309,728395	206,485597
d2	705,600000	470,400000	313,600000	209,066667
D1	735,000000	490,000000	326,666667	217,777778
D2	744,187500	496,125000	330,750000	220,500000
n1	784,000000	522,666667	348,444444	232,296296
n2	793,800000	529,200000	352,800000	235,200000
N1	826,875000	551,250000	367,500000	245,000000
N2	837,210938	558,140625	372,093750	248,062500
S'	882,000000	588,000000	392,000000	261,333333
r1'	929,185185	619,456790	412,971193	275,314129
r2'	940,800000	627,200000	418,133333	278,755556
R1'	980,000000	653,333333	435,555556	290,370370
R2'	992,250000	661,500000	441,000000	294,000000
g1'	1.045,333333	696,888889	464,592593	309,728395
g2'	1.058,400000	705,600000	470,400000	313,600000
G1'	1.102,500000	735,000000	490,000000	326,666667
G2'	1.116,281250	744,187500	496,125000	330,750000
M1'	1.176,000000	784,000000	522,666667	348,444444
M2'	1.190,700000	793,800000	529,200000	352,800000
m1'	1.240,312500	826,875000	551,250000	367,500000
m2'	1.255,816406	837,210938	558,140625	372,093750
P'	1.323,000000	882,000000	588,000000	392,000000
d1'	1.393,777778	929,185185	619,456790	412,971193
d2'	1.411,200000	940,800000	627,200000	418,133333
D1'	1.470,000000	980,000000	653,333333	435,555556
D2'	1.488,375000	992,250000	661,500000	441,000000

n1'	1.568,000000	1.045,333333	696,888889	464,592593
n2'	1.587,600000	1.058,400000	705,600000	470,400000
N1'	1.653,750000	1.102,500000	735,000000	490,000000
N2'	1.674,421875	1.116,281250	744,187500	496,125000
S''	1.764,000000	1.176,000000	784,000000	522,666667
r1''	1.858,370370	1.238,913580	825,942387	550,628258
r2''	1.881,600000	1.254,400000	836,266667	557,511111
R1''	1.960,000000	1.306,666667	871,111111	580,740741
R2''	1.984,500000	1.323,000000	882,000000	588,000000
g1''	2.090,666667	1.393,777778	929,185185	619,456790
g2''	2.116,800000	1.411,200000	940,800000	627,200000
G1''	2.205,000000	1.470,000000	980,000000	653,333333
G2''	2.232,562500	1.488,375000	992,250000	661,500000
M1''	2.352,000000	1.568,000000	1.045,333333	696,888889
M2''	2.381,400000	1.587,600000	1.058,400000	705,600000
m1''	2.480,625000	1.653,750000	1.102,500000	735,000000
m2''	2.511,632813	1.674,421875	1.116,281250	744,187500
P''	2.646,000000	1.764,000000	1.176,000000	784,000000
d1''	2.787,555556	1.858,370370	1.238,913580	825,942387
d2''	2.822,400000	1.881,600000	1.254,400000	836,266667
D1''	2.940,000000	1.960,000000	1.306,666667	871,111111
D2''	2.976,750000	1.984,500000	1.323,000000	882,000000
n1''	3.136,000000	2.090,666667	1.393,777778	929,185185
n2''	3.175,200000	2.116,800000	1.411,200000	940,800000
N1''	3.307,500000	2.205,000000	1.470,000000	980,000000
N2''	3.348,843750	2.232,562500	1.488,375000	992,250000
S'''	3.528,000000	2.352,000000	1.568,000000	1.045,333333

Shruti	Longitud de cuerda vibrante			
	L1	L2	L3	L4
S	37,000000	37,500000	38,000000	27,750000
r1	35,121094	35,595703	36,070313	26,340820
r2	34,687500	35,156250	35,625000	26,015625
R1	33,300000	33,750000	34,200000	24,975000
R2	32,888889	33,333333	33,777778	24,666667
g1	31,218750	31,640625	32,062500	23,414063
g2	30,833333	31,250000	31,666667	23,125000
G1	29,600000	30,000000	30,400000	22,200000
G2	29,234568	29,629630	30,024691	21,925926
M1	27,750000	28,125000	28,500000	20,812500
M2	27,407407	27,777778	28,148148	20,555556
m1	26,311111	26,666667	27,022222	19,733333
m2	25,986283	26,337449	26,688615	19,489712
P	24,666667	25,000000	25,333333	18,500000
d1	23,414063	23,730469	24,046875	17,560547
d2	23,125000	23,437500	23,750000	17,343750
D1	22,200000	22,500000	22,800000	16,650000
D2	21,925926	22,222222	22,518519	16,444444
n1	20,812500	21,093750	21,375000	15,609375
n2	20,555556	20,833333	21,111111	15,416667
N1	19,733333	20,000000	20,266667	14,800000
N2	19,489712	19,753086	20,016461	14,617284
S'	18,500000	18,750000	19,000000	13,875000
r1'	17,560547	17,797852	18,035156	13,170410
r2'	17,343750	17,578125	17,812500	13,007813
R1'	16,650000	16,875000	17,100000	12,487500
R2'	16,444444	16,666667	16,888889	12,333333
g1'	15,609375	15,820313	16,031250	11,707031
g2'	15,416667	15,625000	15,833333	11,562500
G1'	14,800000	15,000000	15,200000	11,100000
G2'	14,617284	14,814815	15,012346	10,962963
M1'	13,875000	14,062500	14,250000	10,406250
M2'	13,703704	13,888889	14,074074	10,277778
m1'	13,155556	13,333333	13,511111	9,866667
m2'	12,993141	13,168724	13,344307	9,744856
P'	12,333333	12,500000	12,666667	9,250000
d1'	11,707031	11,865234	12,023438	8,780273
d2'	11,562500	11,718750	11,875000	8,671875
D1'	11,100000	11,250000	11,400000	8,325000
D2'	10,962963	11,111111	11,259259	8,222222

n1'	10,406250	10,546875	10,687500	7,804688
n2'	10,277778	10,416667	10,555556	7,708333
N1'	9,866667	10,000000	10,133333	7,400000
N2'	9,744856	9,876543	10,008230	7,308642
S''	9,250000	9,375000	9,500000	6,937500
r1''	8,780273	8,898926	9,017578	6,585205
r2''	8,671875	8,789063	8,906250	6,503906
R1''	8,325000	8,437500	8,550000	6,243750
R2''	8,222222	8,333333	8,444444	6,166667
g1''	7,804688	7,910156	8,015625	5,853516
g2''	7,708333	7,812500	7,916667	5,781250
G1''	7,400000	7,500000	7,600000	5,550000
G2''	7,308642	7,407407	7,506173	5,481481
M1''	6,937500	7,031250	7,125000	5,203125
M2''	6,851852	6,944444	7,037037	5,138889
m1''	6,577778	6,666667	6,755556	4,933333
m2''	6,496571	6,584362	6,672154	4,872428
P''	6,166667	6,250000	6,333333	4,625000
d1''	5,853516	5,932617	6,011719	4,390137
d2''	5,781250	5,859375	5,937500	4,335938
D1''	5,550000	5,625000	5,700000	4,162500
D2''	5,481481	5,555556	5,629630	4,111111
n1''	5,203125	5,273438	5,343750	3,902344
n2''	5,138889	5,208333	5,277778	3,854167
N1''	4,933333	5,000000	5,066667	3,700000
N2''	4,872428	4,938272	5,004115	3,654321
S'''	4,625000	4,687500	4,750000	3,468750

Afinación por quintas de 700 cents				
12-TET	f1	f2	f3	f4
C	439,508526	293,336749	195,778791	130,666667
C#/Db	465,643063	310,779459	207,420404	138,436511
D	493,331641	329,259368	219,754263	146,668374
D#/Eb	522,666667	348,838149	232,821532	155,389730
E	553,746044	369,581144	246,665820	164,629684
F	586,673497	391,557583	261,333333	174,419074
F#/Gb	621,558919	414,840808	276,873022	184,790572
G	658,518735	439,508526	293,336749	195,778791
G#/Ab	697,676297	465,643063	310,779459	207,420404
A	739,162289	493,331641	329,259368	219,754263
A#/Bb	783,115166	522,666667	348,838149	232,821532
B	829,681616	553,746044	369,581144	246,665820
C'	879,017053	586,673497	391,557583	261,333333
C#/Db'	931,286127	621,558919	414,840808	276,873022
D'	986,663282	658,518735	439,508526	293,336749
D#/Eb'	1.045,333333	697,676297	465,643063	310,779459
E'	1.107,492088	739,162289	493,331641	329,259368
F'	1.173,346994	783,115166	522,666667	348,838149
F#/Gb'	1.243,117838	829,681616	553,746044	369,581144
G'	1.317,037471	879,017053	586,673497	391,557583
G#/Ab'	1.395,352594	931,286127	621,558919	414,840808
A'	1.478,324577	986,663282	658,518735	439,508526
A#/Bb'	1.566,230331	1.045,333333	697,676297	465,643063
B'	1.659,363233	1.107,492088	739,162289	493,331641
C''	1.758,034105	1.173,346994	783,115166	522,666667
C#/Db''	1.862,572253	1.243,117838	829,681616	553,746044
D''	1.973,326563	1.317,037471	879,017053	586,673497
D#/Eb''	2.090,666667	1.395,352594	931,286127	621,558919
E''	2.214,984176	1.478,324577	986,663282	658,518735
F''	2.346,693989	1.566,230331	1.045,333333	697,676297
F#/Gb''	2.486,235675	1.659,363233	1.107,492088	739,162289
G''	2.634,074942	1.758,034105	1.173,346994	783,115166
G#/Ab''	2.790,705188	1.862,572253	1.243,117838	829,681616
A''	2.956,649154	1.973,326563	1.317,037471	879,017053
A#/Bb''	3.132,460662	2.090,666667	1.395,352594	931,286127
B''	3.318,726466	2.214,984176	1.478,324577	986,663282
C'''	3.516,068211	2.346,693989	1.566,230331	1.045,333333

	Longitud de cuerda vibrante			
12-TET	L1	L2	L3	L4
C	37,000000	37,500000	38,000000	27,750000
C#/Db	34,923350	35,395287	35,867224	26,192512
D	32,963253	33,408702	33,854151	24,722439
D#/Eb	31,113167	31,533616	31,954064	23,334876
E	29,366919	29,763770	30,160620	22,025190
F	27,718681	28,093258	28,467834	20,789011
F#/Gb	26,162951	26,516504	26,870058	19,622213
G	24,694537	25,028247	25,361957	18,520903
G#/Ab	23,308539	23,623520	23,938500	17,481405
A	22,000332	22,297633	22,594935	16,500249
A#/Bb	20,765548	21,046163	21,326779	15,574161
B	19,600067	19,864933	20,129799	14,700050
C'	18,500000	18,750000	19,000000	13,875000
C#/Db'	17,461675	17,697643	17,933612	13,096256
D'	16,481626	16,704351	16,927076	12,361220
D#/Eb'	15,556584	15,766808	15,977032	11,667438
E'	14,683460	14,881885	15,080310	11,012595
F'	13,859340	14,046629	14,233917	10,394505
F#/Gb'	13,081475	13,258252	13,435029	9,811107
G'	12,347269	12,514124	12,680979	9,260451
G#/Ab'	11,654270	11,811760	11,969250	8,740702
A'	11,000166	11,148817	11,297468	8,250124
A#/Bb'	10,382774	10,523082	10,663389	7,787080
B'	9,800034	9,932467	10,064899	7,350025
C''	9,250000	9,375000	9,500000	6,937500
C#/Db''	8,730837	8,848822	8,966806	6,548128
D''	8,240813	8,352175	8,463538	6,180610
D#/Eb''	7,778292	7,883404	7,988516	5,833719
E''	7,341730	7,440942	7,540155	5,506297
F''	6,929670	7,023314	7,116959	5,197253
F#/Gb''	6,540738	6,629126	6,717514	4,905553
G''	6,173634	6,257062	6,340489	4,630226
G#/Ab''	5,827135	5,905880	5,984625	4,370351
A''	5,500083	5,574408	5,648734	4,125062
A#/Bb''	5,191387	5,261541	5,331695	3,893540
B''	4,900017	4,966233	5,032450	3,675013
C'''	4,625000	4,687500	4,750000	3,468750

CELLO	1	2	3	4
f (Hz)	294	196	130,6666667	87,1111111
L (Cm)	69	69,5	70	51,750000

Afinación por quintas puras				
Shruti	f1	f2	f3	f4
S	294,000000	196,000000	130,666667	87,111111
r1	309,728395	206,485597	137,657064	91,771376
r2	313,600000	209,066667	139,377778	92,918519
R1	326,666667	217,777778	145,185185	96,790123
R2	330,750000	220,500000	147,000000	98,000000
g1	348,444444	232,296296	154,864198	103,242798
g2	352,800000	235,200000	156,800000	104,533333
G1	367,500000	245,000000	163,333333	108,888889
G2	372,093750	248,062500	165,375000	110,250000
M1	392,000000	261,333333	174,222222	116,148148
M2	396,900000	264,600000	176,400000	117,600000
m1	413,437500	275,625000	183,750000	122,500000
m2	418,605469	279,070313	186,046875	124,031250
P	441,000000	294,000000	196,000000	130,666667
d1	464,592593	309,728395	206,485597	137,657064
d2	470,400000	313,600000	209,066667	139,377778
D1	490,000000	326,666667	217,777778	145,185185
D2	496,125000	330,750000	220,500000	147,000000
n1	522,666667	348,444444	232,296296	154,864198
n2	529,200000	352,800000	235,200000	156,800000
N1	551,250000	367,500000	245,000000	163,333333
N2	558,140625	372,093750	248,062500	165,375000
S'	588,000000	392,000000	261,333333	174,222222
r1'	619,456790	412,971193	275,314129	183,542753
r2'	627,200000	418,133333	278,755556	185,837037
R1'	653,333333	435,555556	290,370370	193,580247
R2'	661,500000	441,000000	294,000000	196,000000
g1'	696,888889	464,592593	309,728395	206,485597
g2'	705,600000	470,400000	313,600000	209,066667
G1'	735,000000	490,000000	326,666667	217,777778
G2'	744,187500	496,125000	330,750000	220,500000
M1'	784,000000	522,666667	348,444444	232,296296
M2'	793,800000	529,200000	352,800000	235,200000
m1'	826,875000	551,250000	367,500000	245,000000
m2'	837,210938	558,140625	372,093750	248,062500
P'	882,000000	588,000000	392,000000	261,333333
d1'	929,185185	619,456790	412,971193	275,314129
d2'	940,800000	627,200000	418,133333	278,755556
D1'	980,000000	653,333333	435,555556	290,370370
D2'	992,250000	661,500000	441,000000	294,000000

n1'	1.045,333333	696,888889	464,592593	309,728395
n2'	1.058,400000	705,600000	470,400000	313,600000
N1'	1.102,500000	735,000000	490,000000	326,666667
N2'	1.116,281250	744,187500	496,125000	330,750000
S''	1.176,000000	784,000000	522,666667	348,444444
r1''	1.238,913580	825,942387	550,628258	367,085505
r2''	1.254,400000	836,266667	557,511111	371,674074
R1''	1.306,666667	871,111111	580,740741	387,160494
R2''	1.323,000000	882,000000	588,000000	392,000000
g1''	1.393,777778	929,185185	619,456790	412,971193
g2''	1.411,200000	940,800000	627,200000	418,133333
G1''	1.470,000000	980,000000	653,333333	435,555556
G2''	1.488,375000	992,250000	661,500000	441,000000
M1''	1.568,000000	1.045,333333	696,888889	464,592593
M2''	1.587,600000	1.058,400000	705,600000	470,400000
m1''	1.653,750000	1.102,500000	735,000000	490,000000
m2''	1.674,421875	1.116,281250	744,187500	496,125000
P''	1.764,000000	1.176,000000	784,000000	522,666667
d1''	1.858,370370	1.238,913580	825,942387	550,628258
d2''	1.881,600000	1.254,400000	836,266667	557,511111
D1''	1.960,000000	1.306,666667	871,111111	580,740741
D2''	1.984,500000	1.323,000000	882,000000	588,000000
n1''	2.090,666667	1.393,777778	929,185185	619,456790
n2''	2.116,800000	1.411,200000	940,800000	627,200000
N1''	2.205,000000	1.470,000000	980,000000	653,333333
N2''	2.232,562500	1.488,375000	992,250000	661,500000
S'''	2.352,000000	1.568,000000	1.045,333333	696,888889

Shruti	Longitud de cuerda vibrante			
	L1	L2	L3	L4
S	69,000000	69,500000	70,000000	51,750000
r1	65,496094	65,970703	66,445313	49,122070
r2	64,687500	65,156250	65,625000	48,515625
R1	62,100000	62,550000	63,000000	46,575000
R2	61,333333	61,777778	62,222222	46,000000
g1	58,218750	58,640625	59,062500	43,664063
g2	57,500000	57,916667	58,333333	43,125000
G1	55,200000	55,600000	56,000000	41,400000
G2	54,518519	54,913580	55,308642	40,888889
M1	51,750000	52,125000	52,500000	38,812500
M2	51,111111	51,481481	51,851852	38,333333
m1	49,066667	49,422222	49,777778	36,800000
m2	48,460905	48,812071	49,163237	36,345679
P	46,000000	46,333333	46,666667	34,500000
d1	43,664063	43,980469	44,296875	32,748047
d2	43,125000	43,437500	43,750000	32,343750
D1	41,400000	41,700000	42,000000	31,050000
D2	40,888889	41,185185	41,481481	30,666667
n1	38,812500	39,093750	39,375000	29,109375
n2	38,333333	38,611111	38,888889	28,750000
N1	36,800000	37,066667	37,333333	27,600000
N2	36,345679	36,609053	36,872428	27,259259
S'	34,500000	34,750000	35,000000	25,875000
r1'	32,748047	32,985352	33,222656	24,561035
r2'	32,343750	32,578125	32,812500	24,257813
R1'	31,050000	31,275000	31,500000	23,287500
R2'	30,666667	30,888889	31,111111	23,000000
g1'	29,109375	29,320313	29,531250	21,832031
g2'	28,750000	28,958333	29,166667	21,562500
G1'	27,600000	27,800000	28,000000	20,700000
G2'	27,259259	27,456790	27,654321	20,444444
M1'	25,875000	26,062500	26,250000	19,406250
M2'	25,555556	25,740741	25,925926	19,166667
m1'	24,533333	24,711111	24,888889	18,400000
m2'	24,230453	24,406036	24,581619	18,172840
P'	23,000000	23,166667	23,333333	17,250000
d1'	21,832031	21,990234	22,148438	16,374023
d2'	21,562500	21,718750	21,875000	16,171875
D1'	20,700000	20,850000	21,000000	15,525000
D2'	20,444444	20,592593	20,740741	15,333333

n1'	19,406250	19,546875	19,687500	14,554688
n2'	19,166667	19,305556	19,444444	14,375000
N1'	18,400000	18,533333	18,666667	13,800000
N2'	18,172840	18,304527	18,436214	13,629630
S''	17,250000	17,375000	17,500000	12,937500
r1''	16,374023	16,492676	16,611328	12,280518
r2''	16,171875	16,289063	16,406250	12,128906
R1''	15,525000	15,637500	15,750000	11,643750
R2''	15,333333	15,444444	15,555556	11,500000
g1''	14,554688	14,660156	14,765625	10,916016
g2''	14,375000	14,479167	14,583333	10,781250
G1''	13,800000	13,900000	14,000000	10,350000
G2''	13,629630	13,728395	13,827160	10,222222
M1''	12,937500	13,031250	13,125000	9,703125
M2''	12,777778	12,870370	12,962963	9,583333
m1''	12,266667	12,355556	12,444444	9,200000
m2''	12,115226	12,203018	12,290809	9,086420
P''	11,500000	11,583333	11,666667	8,625000
d1''	10,916016	10,995117	11,074219	8,187012
d2''	10,781250	10,859375	10,937500	8,085938
D1''	10,350000	10,425000	10,500000	7,762500
D2''	10,222222	10,296296	10,370370	7,666667
n1''	9,703125	9,773438	9,843750	7,277344
n2''	9,583333	9,652778	9,722222	7,187500
N1''	9,200000	9,266667	9,333333	6,900000
N2''	9,086420	9,152263	9,218107	6,814815
S'''	8,625000	8,687500	8,750000	6,468750

Afinación por quintas de 700 cents				
12-TET	f1	f2	f3	f4
C	293,005684	195,557832	130,519194	87,111111
C#/Db	310,428709	207,186306	138,280269	92,291007
D	328,887761	219,506245	146,502842	97,778916
D#/Eb	348,444444	232,558766	155,214354	103,593153
E	369,164029	246,387430	164,443880	109,753123
F	391,115665	261,038389	174,222222	116,279383
F#/Gb	414,372613	276,560539	184,582015	123,193715
G	439,012490	293,005684	195,557832	130,519194
G#/Ab	465,117531	310,428709	207,186306	138,280269
A	492,774859	328,887761	219,506245	146,502842
A#/Bb	522,076777	348,444444	232,558766	155,214354
B	553,121078	369,164029	246,387430	164,443880
C'	586,011368	391,115665	261,038389	174,222222
C#/Db'	620,857418	414,372613	276,560539	184,582015
D'	657,775521	439,012490	293,005684	195,557832
D#/Eb'	696,888889	465,117531	310,428709	207,186306
E'	738,328059	492,774859	328,887761	219,506245
F'	782,231330	522,076777	348,444444	232,558766
F#/Gb'	828,745225	553,121078	369,164029	246,387430
G'	878,024981	586,011368	391,115665	261,038389
G#/Ab'	930,235063	620,857418	414,372613	276,560539
A'	985,549718	657,775521	439,012490	293,005684
A#/Bb'	1.044,153554	696,888889	465,117531	310,428709
B'	1.106,242155	738,328059	492,774859	328,887761
C''	1.172,022737	782,231330	522,076777	348,444444
C#/Db''	1.241,714836	828,745225	553,121078	369,164029
D''	1.315,551042	878,024981	586,011368	391,115665
D#/Eb''	1.393,777778	930,235063	620,857418	414,372613
E''	1.476,656117	985,549718	657,775521	439,012490
F''	1.564,462659	1.044,153554	696,888889	465,117531
F#/Gb''	1.657,490450	1.106,242155	738,328059	492,774859
G''	1.756,049961	1.172,022737	782,231330	522,076777
G#/Ab''	1.860,470126	1.241,714836	828,745225	553,121078
A''	1.971,099436	1.315,551042	878,024981	586,011368
A#/Bb''	2.088,307108	1.393,777778	930,235063	620,857418
B''	2.212,484311	1.476,656117	985,549718	657,775521
C'''	2.344,045474	1.564,462659	1.044,153554	696,888889

	Longitud de cuerda vibrante			
12-TET	L1	L2	L3	L4
C	69,000000	69,500000	70,000000	51,750000
C#/Db	65,127328	65,599265	66,071202	48,845496
D	61,472012	61,917461	62,362910	46,104009
D#/Eb	58,021853	58,442301	58,862749	43,516389
E	54,765336	55,162187	55,559037	41,074002
F	51,691594	52,066171	52,440748	38,768696
F#/Gb	48,790368	49,143921	49,497475	36,592776
G	46,051975	46,385685	46,719395	34,538981
G#/Ab	43,467276	43,782256	44,097237	32,600457
A	41,027645	41,324947	41,622249	30,770734
A#/Bb	38,724941	39,005556	39,286172	29,043706
B	36,551477	36,816343	37,081208	27,413608
C'	34,500000	34,750000	35,000000	25,875000
C#/Db'	32,563664	32,799632	33,035601	24,422748
D'	30,736006	30,958730	31,181455	23,052004
D#/Eb'	29,010926	29,221150	29,431375	21,758195
E'	27,382668	27,581093	27,779518	20,537001
F'	25,845797	26,033085	26,220374	19,384348
F#/Gb'	24,395184	24,571961	24,748737	18,296388
G'	23,025987	23,192842	23,359697	17,269491
G#/Ab'	21,733638	21,891128	22,048618	16,300229
A'	20,513823	20,662474	20,811125	15,385367
A#/Bb'	19,362470	19,502778	19,643086	14,521853
B'	18,275738	18,408171	18,540604	13,706804
C''	17,250000	17,375000	17,500000	12,937500
C#/Db''	16,281832	16,399816	16,517800	12,211374
D''	15,368003	15,479365	15,590728	11,526002
D#/Eb''	14,505463	14,610575	14,715687	10,879097
E''	13,691334	13,790547	13,889759	10,268501
F''	12,922899	13,016543	13,110187	9,692174
F#/Gb''	12,197592	12,285980	12,374369	9,148194
G''	11,512994	11,596421	11,679849	8,634745
G#/Ab''	10,866819	10,945564	11,024309	8,150114
A''	10,256911	10,331237	10,405562	7,692684
A#/Bb''	9,681235	9,751389	9,821543	7,260926
B''	9,137869	9,204086	9,270302	6,853402
C'''	8,625000	8,687500	8,750000	6,468750

BAJO	1	2	3	4
f (Hz)	261,333333	196	147	110,250000
L (Cm)	103	106	110	77,250000

Afinación por quintas puras				
Shruti	f1	f2	f3	f4
S	261,333333	196,000000	147,000000	110,250000
r1	275,314129	206,485597	154,864198	116,148148
r2	278,755556	209,066667	156,800000	117,600000
R1	290,370370	217,777778	163,333333	122,500000
R2	294,000000	220,500000	165,375000	124,031250
g1	309,728395	232,296296	174,222222	130,666667
g2	313,600000	235,200000	176,400000	132,300000
G1	326,666667	245,000000	183,750000	137,812500
G2	330,750000	248,062500	186,046875	139,535156
M1	348,444444	261,333333	196,000000	147,000000
M2	352,800000	264,600000	198,450000	148,837500
m1	367,500000	275,625000	206,718750	155,039063
m2	372,093750	279,070313	209,302734	156,977051
P	392,000000	294,000000	220,500000	165,375000
d1	412,971193	309,728395	232,296296	174,222222
d2	418,133333	313,600000	235,200000	176,400000
D1	435,555556	326,666667	245,000000	183,750000
D2	441,000000	330,750000	248,062500	186,046875
n1	464,592593	348,444444	261,333333	196,000000
n2	470,400000	352,800000	264,600000	198,450000
N1	490,000000	367,500000	275,625000	206,718750
N2	496,125000	372,093750	279,070313	209,302734
S'	522,666667	392,000000	294,000000	220,500000
r1'	550,628258	412,971193	309,728395	232,296296
r2'	557,511111	418,133333	313,600000	235,200000
R1'	580,740741	435,555556	326,666667	245,000000
R2'	588,000000	441,000000	330,750000	248,062500
g1'	619,456790	464,592593	348,444444	261,333333
g2'	627,200000	470,400000	352,800000	264,600000
G1'	653,333333	490,000000	367,500000	275,625000
G2'	661,500000	496,125000	372,093750	279,070313
M1'	696,888889	522,666667	392,000000	294,000000
M2'	705,600000	529,200000	396,900000	297,675000
m1'	735,000000	551,250000	413,437500	310,078125
m2'	744,187500	558,140625	418,605469	313,954102
P'	784,000000	588,000000	441,000000	330,750000
d1'	825,942387	619,456790	464,592593	348,444444
d2'	836,266667	627,200000	470,400000	352,800000
D1'	871,111111	653,333333	490,000000	367,500000
D2'	882,000000	661,500000	496,125000	372,093750

n1'	929,185185	696,888889	522,666667	392,000000
n2'	940,800000	705,600000	529,200000	396,900000
N1'	980,000000	735,000000	551,250000	413,437500
N2'	992,250000	744,187500	558,140625	418,605469
S''	1.045,333333	784,000000	588,000000	441,000000
r1''	1.101,256516	825,942387	619,456790	464,592593
r2''	1.115,022222	836,266667	627,200000	470,400000
R1''	1.161,481481	871,111111	653,333333	490,000000
R2''	1.176,000000	882,000000	661,500000	496,125000
g1''	1.238,913580	929,185185	696,888889	522,666667
g2''	1.254,400000	940,800000	705,600000	529,200000
G1''	1.306,666667	980,000000	735,000000	551,250000
G2''	1.323,000000	992,250000	744,187500	558,140625
M1''	1.393,777778	1.045,333333	784,000000	588,000000
M2''	1.411,200000	1.058,400000	793,800000	595,350000
m1''	1.470,000000	1.102,500000	826,875000	620,156250
m2''	1.488,375000	1.116,281250	837,210938	627,908203
P''	1.568,000000	1.176,000000	882,000000	661,500000
d1''	1.651,884774	1.238,913580	929,185185	696,888889
d2''	1.672,533333	1.254,400000	940,800000	705,600000
D1''	1.742,222222	1.306,666667	980,000000	735,000000
D2''	1.764,000000	1.323,000000	992,250000	744,187500
n1''	1.858,370370	1.393,777778	1.045,333333	784,000000
n2''	1.881,600000	1.411,200000	1.058,400000	793,800000
N1''	1.960,000000	1.470,000000	1.102,500000	826,875000
N2''	1.984,500000	1.488,375000	1.116,281250	837,210938
S'''	2.090,666667	1.568,000000	1.176,000000	882,000000

Shruti	Longitud de cuerda vibrante			
	L1	L2	L3	L4
S	103,000000	106,000000	110,000000	77,250000
r1	97,769531	100,617188	104,414063	73,327148
r2	96,562500	99,375000	103,125000	72,421875
R1	92,700000	95,400000	99,000000	69,525000
R2	91,555556	94,222222	97,777778	68,666667
g1	86,906250	89,437500	92,812500	65,179688
g2	85,833333	88,333333	91,666667	64,375000
G1	82,400000	84,800000	88,000000	61,800000
G2	81,382716	83,753086	86,913580	61,037037
M1	77,250000	79,500000	82,500000	57,937500
M2	76,296296	78,518519	81,481481	57,222222
m1	73,244444	75,377778	78,222222	54,933333
m2	72,340192	74,447188	77,256516	54,255144
P	68,666667	70,666667	73,333333	51,500000
d1	65,179688	67,078125	69,609375	48,884766
d2	64,375000	66,250000	68,750000	48,281250
D1	61,800000	63,600000	66,000000	46,350000
D2	61,037037	62,814815	65,185185	45,777778
n1	57,937500	59,625000	61,875000	43,453125
n2	57,222222	58,888889	61,111111	42,916667
N1	54,933333	56,533333	58,666667	41,200000
N2	54,255144	55,835391	57,942387	40,691358
S'	51,500000	53,000000	55,000000	38,625000
r1'	48,884766	50,308594	52,207031	36,663574
r2'	48,281250	49,687500	51,562500	36,210938
R1'	46,350000	47,700000	49,500000	34,762500
R2'	45,777778	47,111111	48,888889	34,333333
g1'	43,453125	44,718750	46,406250	32,589844
g2'	42,916667	44,166667	45,833333	32,187500
G1'	41,200000	42,400000	44,000000	30,900000
G2'	40,691358	41,876543	43,456790	30,518519
M1'	38,625000	39,750000	41,250000	28,968750
M2'	38,148148	39,259259	40,740741	28,611111
m1'	36,622222	37,688889	39,111111	27,466667
m2'	36,170096	37,223594	38,628258	27,127572
P'	34,333333	35,333333	36,666667	25,750000
d1'	32,589844	33,539063	34,804688	24,442383
d2'	32,187500	33,125000	34,375000	24,140625
D1'	30,900000	31,800000	33,000000	23,175000
D2'	30,518519	31,407407	32,592593	22,888889

n1'	28,968750	29,812500	30,937500	21,726563
n2'	28,611111	29,444444	30,555556	21,458333
N1'	27,466667	28,266667	29,333333	20,600000
N2'	27,127572	27,917695	28,971193	20,345679
S''	25,750000	26,500000	27,500000	19,312500
r1''	24,442383	25,154297	26,103516	18,331787
r2''	24,140625	24,843750	25,781250	18,105469
R1''	23,175000	23,850000	24,750000	17,381250
R2''	22,888889	23,555556	24,444444	17,166667
g1''	21,726563	22,359375	23,203125	16,294922
g2''	21,458333	22,083333	22,916667	16,093750
G1''	20,600000	21,200000	22,000000	15,450000
G2''	20,345679	20,938272	21,728395	15,259259
M1''	19,312500	19,875000	20,625000	14,484375
M2''	19,074074	19,629630	20,370370	14,305556
m1''	18,311111	18,844444	19,555556	13,733333
m2''	18,085048	18,611797	19,314129	13,563786
P''	17,166667	17,666667	18,333333	12,875000
d1''	16,294922	16,769531	17,402344	12,221191
d2''	16,093750	16,562500	17,187500	12,070313
D1''	15,450000	15,900000	16,500000	11,587500
D2''	15,259259	15,703704	16,296296	11,444444
n1''	14,484375	14,906250	15,468750	10,863281
n2''	14,305556	14,722222	15,277778	10,729167
N1''	13,733333	14,133333	14,666667	10,300000
N2''	13,563786	13,958848	14,485597	10,172840
S'''	12,875000	13,250000	13,750000	9,656250

Afinación por quintas de 700 cents				
12-TET	f1	f2	f3	f4
C	370,835319	247,502882	165,188355	110,250000
C#/Db	392,886335	262,220169	175,010966	116,805806
D	416,248572	277,812592	185,417660	123,751441
D#/Eb	441,000000	294,332188	196,443167	131,110084
E	467,223225	311,834091	208,124286	138,906296
F	495,005763	330,376710	220,500000	147,166094
F#/Gb	524,440338	350,021932	233,611612	155,917045
G	555,625183	370,835319	247,502882	165,188355
G#/Ab	588,664376	392,886335	262,220169	175,010966
A	623,668181	416,248572	277,812592	185,417660
A#/Bb	660,753421	441,000000	294,332188	196,443167
B	700,043864	467,223225	311,834091	208,124286
C'	741,670638	495,005763	330,376710	220,500000
C#/Db'	785,772669	524,440338	350,021932	233,611612
D'	832,497144	555,625183	370,835319	247,502882
D#/Eb'	882,000000	588,664376	392,886335	262,220169
E'	934,446449	623,668181	416,248572	277,812592
F'	990,011527	660,753421	441,000000	294,332188
F#/Gb'	1.048,880675	700,043864	467,223225	311,834091
G'	1.111,250366	741,670638	495,005763	330,376710
G#/Ab'	1.177,328751	785,772669	524,440338	350,021932
A'	1.247,336362	832,497144	555,625183	370,835319
A#/Bb'	1.321,506842	882,000000	588,664376	392,886335
B'	1.400,087728	934,446449	623,668181	416,248572
C''	1.483,341277	990,011527	660,753421	441,000000
C#/Db''	1.571,545339	1.048,880675	700,043864	467,223225
D''	1.664,994288	1.111,250366	741,670638	495,005763
D#/Eb''	1.764,000000	1.177,328751	785,772669	524,440338
E''	1.868,892898	1.247,336362	832,497144	555,625183
F''	1.980,023053	1.321,506842	882,000000	588,664376
F#/Gb''	2.097,761351	1.400,087728	934,446449	623,668181
G''	2.222,500732	1.483,341277	990,011527	660,753421
G#/Ab''	2.354,657503	1.571,545339	1.048,880675	700,043864
A''	2.494,672724	1.664,994288	1.111,250366	741,670638
A#/Bb''	2.643,013684	1.764,000000	1.177,328751	785,772669
B''	2.800,175456	1.868,892898	1.247,336362	832,497144
C'''	2.966,682553	1.980,023053	1.321,506842	882,000000

	Longitud de cuerda vibrante			
12-TET	L1	L2	L3	L4
C	103,000000	106,000000	110,000000	77,250000
C#/Db	97,219054	100,050677	103,826174	72,914291
D	91,762568	94,435264	97,998859	68,821926
D#/Eb	86,612331	89,135020	92,498606	64,959248
E	81,751154	84,132256	87,307058	61,313366
F	77,162814	79,410275	82,406889	57,872111
F#/Gb	72,831998	74,953319	77,781746	54,623999
G	68,744252	70,746512	73,416192	51,558189
G#/Ab	64,885934	66,775816	69,295658	48,664451
A	61,244166	63,027977	65,406391	45,933125
A#/Bb	57,806795	59,490489	61,735413	43,355097
B	54,562349	56,151544	58,270470	40,921762
C'	51,500000	53,000000	55,000000	38,625000
C#/Db'	48,609527	50,025339	51,913087	36,457145
D'	45,881284	47,217632	48,999429	34,410963
D#/Eb'	43,306165	44,567510	46,249303	32,479624
E'	40,875577	42,066128	43,653529	30,656683
F'	38,581407	39,705138	41,203445	28,936055
F#/Gb'	36,415999	37,476659	38,890873	27,311999
G'	34,372126	35,373256	36,708096	25,779095
G#/Ab'	32,442967	33,387908	34,647829	24,332225
A'	30,622083	31,513989	32,703196	22,966562
A#/Bb'	28,903398	29,745244	30,867706	21,677548
B'	27,281175	28,075772	29,135235	20,460881
C''	25,750000	26,500000	27,500000	19,312500
C#/Db''	24,304764	25,012669	25,956544	18,228573
D''	22,940642	23,608816	24,499715	17,205481
D#/Eb''	21,653083	22,283755	23,124651	16,239812
E''	20,437789	21,033064	21,826764	15,328341
F''	19,290704	19,852569	20,601722	14,468028
F#/Gb''	18,208000	18,738330	19,445436	13,656000
G''	17,186063	17,686628	18,354048	12,889547
G#/Ab''	16,221484	16,693954	17,323914	12,166113
A''	15,311042	15,756994	16,351598	11,483281
A#/Bb''	14,451699	14,872622	15,433853	10,838774
B''	13,640587	14,037886	14,567618	10,230441
C'''	12,875000	13,250000	13,750000	9,656250

Nota musical	Unidad sonora compuesta de una frecuencia fundamental (medible en Hertz), parciales y una medida de tiempo.
Intervalos de alturas	Para todo par de frecuencias fundamentales X e Y donde Y es mayor a X se tiene que el intervalo armónico que forman se expresa como: $\left(\frac{Y}{X}\right)$ Para medir intervalos melódicos ascendentes se multiplica la expresión anterior por la fundamental de inicio. Ejemplo: La quinta pura ascendente desde 440 Hz se obtiene como $\left(\frac{3}{2}\right) \times 440 \text{ Hz} = 660 \text{ Hz}$ Por otra parte, para medir intervalos melódicos descendentes se multiplica la fundamental por el recíproco de la expresión, es decir, la fracción al revés. Ejemplo: La quinta pura descendente desde 440 Hz se obtiene como $\left(\frac{2}{3}\right) \times 440 \text{ Hz} = 293,3 \text{ Hz}$ Los intervalos simples son aquellos que se hallan dentro del ámbito de una octava y por consiguiente siempre se expresarán como una fracción mayor a 1 y menor a 2. Los intervalos compuestos se hallan a más de una octava por lo que siempre se expresarán como una fracción mayor a 2.
Relación 2ⁿ:1 y su importancia en el diatonismo	Cuando $Y/X = 2^n$ (potencia de 2), entonces se dice que ambas alturas forman un intervalo de una o más octavas y, por ende, comparten nombre diatónico . Ejemplo: Las frecuencias fundamentales 110 Hz; 220 Hz; 440 Hz; 880 Hz; 1760 Hz y 3520 Hz en el sistema temperado 12-TET con A4 = 440 Hz reciben el mismo nombre diatónico <i>la</i> (A), y el número que le acompaña indica qué replicación es dentro del registro humano audible (20-20kHz).
Inversión de intervalos de alturas	La inversión de un intervalo de alturas $\frac{Y}{X}$ se expresa como $\frac{2X}{Y}$, dado que, si existe un desplazamiento ascendente de la fundamental X a la fundamental Y, la inversión representa el desplazamiento de la fundamental Y al doble de la fundamental X (octava ascendente de X). Ejemplo: Desde una fundamental X = 440 Hz se obtiene mediante desplazamiento ascendente de quinta pura (3/2) una fundamental Y = 660 Hz, si luego desde Y se desplaza hasta 2X = 880 Hz, dicho intervalo se obtiene como $2X/Y = (880 \text{ Hz}/660 \text{ Hz}) = 4/3$

	Se desprende de lo anterior que la inversión de la quinta pura de proporción 3:2 es la cuarta pura de proporción 4:3.
Batimento de fundamentales	El batimento de dos fundamentales X e Y donde Y es mayor a X se obtiene como $(Y - X)$. Cuando dicha sustracción se aproxima a un número ordinal (1-9) se acentúa la percepción auditiva de una pulsación con dicha frecuencia resultante. Ejemplo: Dada dos fundamentales $X = 440 \text{ Hz}$ e $Y = 444 \text{ Hz}$ se obtiene su batimento como: $Y - X = (444 \text{ Hz}) - (440 \text{ Hz}) = 4 \text{ Hz}$, es decir que al reproducirse ambas fundamentales juntas se percibirá una pulsación de semicorchea con valor de negra igual a 60 bpm (<i>beats per minute</i>).
Intervalos puros e impuros	Los intervalos se clasifican en puros e impuros dependiendo del conjunto numérico al que pertenezca el cociente Y/X. Si Y/X es un número racional (que puede expresarse como fracción irreducible) es un intervalo puro. Ejemplo: <i>Nyuna shruti</i> es un intervalo puro del sistema 22-shruti que se define como $25/24$. Si Y/X es un número irracional (que si se expresa como decimal tiene infinitos dígitos sin un patrón que se repita) se considera un intervalo impuro. Ejemplo: El tritono del 12-TET es un intervalo impuro que se define como $\sqrt{2} : 1$.
Intervalos rítmicos	Los intervalos rítmicos representan la proporción entre dos figuras iguales o distintas, su medición en segundos dependerá de la relación pulso/tiempo expresado con la abreviación <i>bpm</i>. Por ejemplo: Si el pulso de negra iguala a 60 bpm, entonces cada quintillo de semicorchea medirá (idealmente) 0,2 segundos.
La serie de armónicos	Los múltiplos enteros de una frecuencia fundamental forman la serie de armónicos , dependiendo de la cantidad de armónicos se define el sistema de afinación o matriz interválica (<i>5-limit</i> , <i>7-limit</i> , <i>13-limit</i> ...)
Afinación justa	-Matriz interválica compuesta exclusivamente de intervalos puros. -La escala cromática (doce notas) se obtiene a partir de los intervalos de octava (2:1), quinta pura (3:2) y tercera pura (5:4) que surgen de los primero cinco armónicos de la serie. Ejemplo: Si desde <i>do</i> ($C4$) = 261 Hz se quiere saber el valor de la fundamental de <i>re</i> ($D4$) la forma más directa es desplazarse dos quintas ascendentes y luego descender una octava, es decir: $re (D4) = (261 \text{ Hz}) \times (3/2) \times (3/2) \times (1/2) = 293,625 \text{ Hz}$

	-El desplazamiento sucesivo por quintas desde una fundamental dada forma una espiral. -Las alteraciones sostenido y bemol se obtienen al superponer intervalos de quinta ascendente y descendente respectivamente por lo que no coinciden en ninguna frecuencia fundamental. Por esa razón el concepto de enarmonía no es aplicable (la fundamental de <i>do sostenido</i> no es equivalente a la fundamental de <i>re bemol</i>).
12-TET	-Matriz interválica (estandarizada actualmente) que se origina a partir de un único intervalo conocido como el semitono temperado que se expresa como $\sqrt[12]{2} : 1$ y equivale a 100 <i>cents</i>. -Para obtener la escala cromática del 12-TET se multiplica el semitono temperado sucesivamente doce veces por una frecuencia fundamental fija con nombre diatónico. Ejemplo: Si a la frecuencia fundamental 440 Hz le asignamos el nombre diatónico <i>la</i> (A4), entonces su escala cromática ascendente se obtiene multiplicando 440 Hz doce veces por $\sqrt[12]{2}$ -El único intervalo puro que genera es la octava (2:1) -El desplazamiento sucesivo por quintas desde una fundamental dada forma un círculo. -Las alteraciones sostenido y bemol pueden hacer referencia a la misma frecuencia fundamental dependiendo del contexto (la fundamental de <i>do sostenido</i> es equivalente a la fundamental de <i>re bemol</i>), la posibilidad de asignar distintos nombres diatónicos a una misma fundamental recibe el nombre de enarmonía y puede aplicarse en cualquier TET.
La unidad cents	-Surge del 12-TET y permite comparar cualquier intervalo con el semitono temperado dada la relación $\sqrt[1200]{2} = 1 \text{ cent}$. -La fórmula que permite expresar intervalos puros en <i>cents</i> es: $1200 \times (\ln(\frac{Y}{X}) / \ln 2)$ pero no es práctico ya que se generan números decimales complejos. Ejemplo: Para expresar una quinta pura (3:2) en cents se reemplaza en la fórmula: $1200 \times (\ln(\frac{3}{2}) / \ln 2) = 701,9550008654 \text{ cents}$
24-TET	-Matriz interválica que surge como expansión del 12-TET y se construye a partir de un único intervalo expresado como $\sqrt[24]{2} : 1$ y conocido como el cuarto de tono temperado (de 50 cents). -Al igual que el 12-TET el único intervalo puro que genera es la octava (2:1). Notación de cuartos de tono, escala ascendente: ♭ ♮ ♯ ♯♯

22-shruti	-Matriz interváltica de 22 proporciones que se obtienen a partir de la superposición de tres intervalos a una tónica fija: <i>Purna shruti</i> (256/243), <i>Praman shruti</i> (81/80) y <i>Nyuna shruti</i> (25/24). La única excepción a esta secuencia es en el I y V grado donde los intervalos colindantes ascendentes y descendentes están a distancia de Purna shruti. -Funciona bajo el concepto de do movable, es decir, que la tónica siempre recibirá el nombre diatónico <i>do</i> (<i>Sa</i> en este caso) pero su frecuencia fundamental variará de caso en caso, por lo que es mejor referirse a la tónica como la proporción 1:1 desde donde se miden el resto de los intervalos. -Los nombres diatónicos <i>do re mi fa sol la si</i> hallan su homólogo como <i>Sa Ri Ga Ma Pa Da Ni</i> que a su vez se abrevian como S, R, G, M, P, D y N respectivamente. <i>Sa</i> y <i>Pa</i> son consideradas notas fijas que siempre serán naturales (becuadro) y el resto de los grados (Ri, Ga, Ma, Da y Ni) tendrá cuatro variaciones cada uno. -Posee un modelo diatónico cerrado, es decir que las alteraciones sostenido y bemol están predeterminadas y no pueden ser enarmonizadas. <i>Ma</i> (<i>fa</i>) es el único grado cuya alteración es con sostenido; Ri (<i>re</i>), Ga (<i>mi</i>), Da (<i>la</i>) y Ni (<i>si</i>) utilizan la alteración bemol. De los siete grados el I y el V son fijos y el resto tiene una alteración cada uno originando así un molde de doce notas: S (<i>do natural</i>), r (<i>re bemol</i>), R (<i>re natural</i>), g (<i>mi bemol</i>), G (<i>mi natural</i>), M (<i>fa natural</i>), m (<i>fa sostenido</i>), P (<i>do natural</i>), d (<i>la bemol</i>), D (<i>la natural</i>), n (<i>si bemol</i>), N (<i>si natural</i>). Del modelo anterior diez de las doce notas tienen dos variaciones de intervalos a distancia siempre de <i>Praman shruti</i> (81:80) generando así la siguiente secuencia: S (1:1), r1 (256/243), r2 (16:15), R1 (10:9), R2 (9:8), g1 (32:27), g2 (6:5), G1 (5:4), G2 (81:64), M1 (4:3), M2 (27:20), m1 (45:32), m2 (729:512), P (3:2), d1 (128:81), d2 (8:5), D1 (5:3), D2 (27:16), n1 (16:9), n2 (9:5), N1 (15:8), N2 (243:128), (S' (2:1)). -Lo especial de esta matriz es que cualquier fundamental puede ser expresada como cualquiera de los 22 intervalos y, además, se reconoce la polaridad entre el IV y V grado que no comparten consonancias puras aparte de la tónica S (R1 y D1 son consonantes con M1; R2 y D2 son consonantes con P)
La relación de proporcionalidad inversa entre la longitud de cuerda vibrante y la frecuencia fundamental	Para medir cualquier intervalo de alturas en una cuerda tensa se debe considerar que la longitud de cuerda vibrante a medida que disminuye la frecuencia fundamental aumenta en una relación de proporcionalidad inversa, o sea que la longitud total se multiplica por la fracción del intervalo invertida (recíproco de la fracción). Ejemplo: En la segunda cuerda de un violín con longitud de cuerda vibrante al aire de 32,5 cm se genera una frecuencia fundamental de 440 Hz, para generar el doble de esa fundamental (su octava) en la misma cuerda esta debe disminuir su longitud de cuerda vibrante a la mitad, es decir: $32,5 \text{ cm} \times 1/2 = 16,25 \text{ cm}$.