



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**TECNOLOGÍA MIDI: ANÁLISIS DE  
ESTA TECNOLOGÍA PARA SU  
ADAPTACIÓN A LA GUITARRA  
ELÉCTRICA**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero en Computación**

**PRESENTA**

Sergio Emiliano Duque Vega

**DIRECTOR DE TESIS**

M.C. Alejandro Velázquez Mena



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

# Agradecimientos

Al Alfa y Omega, principio y fin de todo, por regalarme el don de la música y permitirme escuchar. Todo viene de ti y todo vuelve a ti.

A mi madre y a mi padre, Susana y Sergio, por creer en la educación como una puerta que transforma la vida de quienes decidimos pasar a través de ella. Sin su apoyo y orientación no hubiese sido posible realizar este trabajo.

A mis hermanas, Michel y Paola, por siempre ofrecerme su ayuda, ejemplo y amistad. A mi cuñado y sobrino, Carlos y Carlitos, por traer nueva alegría y música a nuestra familia. A mi queridísima Lety, por siempre ayudarme y compartirme su sabiduría de abuela. A mi tío Hernán, por enseñarme desde niño que no hay mejor terapia que la música.

A Diana, mi prenda querida, la más amada, por complementarme. Por alentarme a no dejar de trabajar en lo que amo, y también por ayudarme a ver que música y danza son el reflejo de lo mismo a través de diferentes espejos. Gracias por la continua inspiración que traes a mi vida.

A mis amigos Pablo, Alan, Olinka, Valentina, Ángela y Benjamín, José y Carmen, por mencionar algunos, cuyas pláticas me acompañan sin importar la distancia ni el tiempo transcurridos desde la última vez que nos escuchamos. También a músicos como Cristina, Andrés, Nano, Miguel, Felipe, por mencionar algunos, por haber compartido el aquí y el ahora en la plenitud que sólo es posible alcanzar tocando.

A la FI UNAM, por formar mi pensamiento en torno a ciencia y tecnología para la implementación de soluciones. También por ser el espacio que me puso en contacto con profesores y compañeros, algunos de los cuales ahora son queridos amigos. Creo que mi vida sería muy distinta si no hubiese tenido la oportunidad de tomar clases en sus aulas y laboratorios, pero no mejor.

A mi asesor, el M. en C. Alejandro Velázquez Mena, por su apertura para estudiar los tipos de cómputo en los que se sustentan las tecnologías de audio digital y MIDI. Por el tiempo invertido para ayudarme a trazar las estrategias que permitieron completar esta investigación. Por ayudarme en mi formación profesional y como persona.

A los demás miembros del sínodo que contribuyeron con la revisión de este trabajo escrito. Y por supuesto, también a los especialistas que nos asesoraron durante la implementación de la parte práctica.

Finalmente, a la Universidad Nacional Autónoma de México, el tanque de pensamiento profundo más grande que hay en mi país. Es para mí un orgullo formar parte de una comunidad tan grande y tan diversa, donde el conocimiento se renueva cada día gracias al trabajo de personas creativas y comprometidas con el estudio. ¡Goya!

# Introducción

Con esta investigación realizada a lo largo de un par de años, se pretende poner fin a la etapa formativa como estudiante de la Facultad de Ingeniería de la UNAM (FI UNAM), para servir profesionalmente a la sociedad como Ingeniero en Computación.

El propósito de este trabajo es contextualizar a los lectores sobre la relación actual entre Música y TIC, para motivarles a profundizar en su estudio y utilizarlas con fines educativos. De ese propósito se desprende el objetivo general de que la FI UNAM asuma el reto de relacionar sus diferentes planes de estudio con la enseñanza de la tecnología musical, área de oportunidad para los futuros ingenieros por su desarrollo y crecimiento en las últimas décadas.

La tecnología musical no es un tema específico de estudio en la FI UNAM, pese a su potencial para relacionar diferentes personas y disciplinas. ¿Cómo? Simple, es tecnología inspirada en dos fenómenos capaces de cambiar la concepción que las personas tienen de la realidad e incluso de ellas mismas: el sonido y el arte. Por ello, y tomando en consideración datos recientes del valor económico de la industria fonográfica, vale la pena que nuestros esfuerzos y recursos como centro de estudios se dirijan hacia este ramo del desarrollo tecnológico que no sólo contribuye a satisfacer las necesidades de expresión y creatividad humanas sino que además reporta grandes beneficios económicos.

Argumentar a favor de ese objetivo implica hacer un estudio interdisciplinario de aspectos históricos y teóricos, así como darle solución al reto de adaptar (haciendo uso del sistema Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit) una guitarra eléctrica convencional en una interfaz digital, lo cual representa el objetivo específico de esta tesis de Ingeniería en Computación.

Desde su surgimiento en 1981, la Music Instrument Digital Interface [Interfaz Digital de Instrumento Musical] (MIDI) se ha ido propagando en el mundo como protocolo (a nivel *hardware* y *software*) de comunicación musical entre computadoras. De ahí que su integración con una tecnología como la guitarra, con antecedentes antropológicos milenarios y gran reconocimiento mundial, resulte atractiva. Además, con la propagación de MIDI se ha logrado una importante reducción en los costos de instrumentos digitales, escenario que debe ser aprovechado por pedagogos deseosos de expandir la enseñanza musical.

Para facilitar el análisis se presenta un discurso con antecedentes históricos y fundamentos científicos sobre la relación entre TIC y Música como una de las formas de comunicación universal más antiguas, a fin de sintetizar la forma en que éstas se relacionan a principios del siglo XXI. Dichos antecedentes y fundamentos constituyen el Capítulo 1.

Los capítulos 2 y 3 tratan sobre MIDI y la guitarra eléctrica, respectivamente. Éstos representan una contribución en los campos de Ingeniería en Computación y de Música, pues se resuelve el reto técnico de instalar el sistema Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit para digitalizar las vibraciones que producen las cuerdas de una guitarra eléctrica. Así, el instrumento puede comunicarse con un dispositivo secundario encargado de enviar mensajes MIDI.

Finalmente, las conclusiones, lejos de agotar la investigación en la materia abren nuevas interrogantes al plantear el panorama actual y los retos a futuro para los interesados en el estudio de la tecnología musical.

Con la intención de aportar más elementos al lector, este documento incorpora un glosario de términos y se han incluido cinco apéndices: una tabla cronológica, una tabla de personalidades, tablas con valores y figuras asociadas a las notas del sistema musical temperado y documentos de interés sobre MIDI.

Las obras consultadas se encuentran listadas antes que los anexos en formato APA. Además, se han incluido superíndices alfabéticos como notas al pie de página, las cuales: remiten a los apéndices o indican la fecha del último día en que se comprobó la disponibilidad de cierta información a través de algún motor de búsqueda, como el de Wikipedia, el de YouTube, el de Google y los pertenecientes a catálogos electrónicos de las bibliotecas de la UNAM.

En total, las referencias suman ciento ochenta y uno. De cada una se ha citado la información que se consideró necesaria para el desarrollo de los distintos temas de esta investigación, procurando explicar el contexto en que los diversos autores desarrollaron sus respectivas ideas.

# I. Planteamiento del problema

En el año de 2008, la revista *Expansión* le planteó el reto a un grupo de publicistas: con un presupuesto de un millón de dólares estadounidenses, diseñar la campaña de un producto que se pretende lanzar al mercado mexicano en el verano de 2050. Ninguno de ellos se atrevió a dar cabal respuesta a tan largo plazo, ya que no podían predecir la evolución de las TIC; pero todos ellos apostaron que la publicidad como era conocida tendía a desaparecer para dar lugar a una publicidad digital, donde las comunicaciones móviles tendían a ser el vehículo preferido por los publicistas (Anderson, 2008)<sup>1</sup>.

Tomando el tipo de cambio FIX peso mexicano – USD dólar, señalado por el Banco de México para el periodo en que aquel artículo se publicó, podemos establecer que el presupuesto osciló entre 10 939 700 (diez millones novecientos treinta y nueve mil setecientos) y 13 086 700 (trece millones ochenta y seis mil setecientos) pesos mexicanos (Banco de México, 2008)<sup>2</sup>.

La visión más futurista que se planteó fue que los usuarios de tecnología podrían valerse de nanorobots directamente conectados al cerebro humano para poder acceder a la información. La simbiosis entre los humanos y esa tecnología permitiría manipular la experiencia cognitiva de los primeros, mediante la ejecución de programas de realidad virtual, para la demostración de productos.

Sin embargo, la negativa general de los publicistas para proyectar la mirada a tan largo plazo obedece, sin duda, a que la publicidad, al volverse digital, queda sometida a la Ley de Moore.

En efecto, en 1965, Gordon E. Moore<sup>a</sup> señaló que: cada dos años el número de transistores que caben por unidad de área en un circuito integrado se duplica, lo cual conlleva a un abaratamiento del 50% en precio y un aumento del doble de potencia de los circuitos integrados que usan los dispositivos electrónicos (Moore, 1965)<sup>3</sup>. Dicha conjetura es conocida como Ley de Moore y ha sido adoptada por la industria de los semiconductores para investigaciones y desarrollos a largo plazo. Esta ley afecta el desarrollo de casi todas las tecnologías electrónicas que conocemos.

No obstante, hay una cuyo diseño y uso le han permitido desde 1981, crecer en aplicaciones sin que su modificación sea significativa ni tienda a serlo. Nos referimos a la tecnología MIDI, motor en la producción de música digital y fundamento de la comunicación musical entre instrumentos electrónicos.

MIDI por sus siglas en inglés para Music Instrument Digital Interface [Interfaz Digital de Instrumento Musical],

“fue establecido como una especificación de *hardware* y *software* que hace posible el intercambio de información (notas musicales, cambios de programa, control de expresión, etc.) entre diferentes instrumentos musicales u otros dispositivos, tales como: secuenciadores, computadoras, controles de iluminación, mezcladoras, etc. Esta habilidad para transmitir y recibir datos fue originalmente concebida para presentaciones en vivo, a pesar de ello, los desarrollos posteriores han tenido un enorme impacto en los estudios de grabación, producción de audio y video, y ambientes de composición” (MMA, 1996)<sup>4</sup>.

En términos de Ingeniería, la especificación MIDI cumple con las características lógicas y físicas necesarias para la comunicación de sonidos musicales entre máquinas digitales. A pesar de ello, es pertinente señalar que: al ser una tecnología desarrollada por un tecladista para comunicar varios teclados a través de uno, MIDI no debe considerarse una solución absoluta a la comunicación musical entre computadoras. Tan es así que se tienen referencias de que, para principios del siglo XXI, su implementación en cordófonos y aerófonos continuaba siendo problemática para proporcionar los grados de control buscados por intérpretes que utilizan aquellos tipos de instrumentos (Kirk & Hunt, 1999)<sup>5</sup> y (Phillips, 2004)<sup>6</sup>.

Como señala Sergi Jordà Puig<sup>b</sup>

“El MIDI no puede, lógicamente, suplir los conocimientos y las habilidades desarrolladas por un músico a lo largo de los años de estudio y práctica, pero no es menos cierto que ha tenido un peso capital en la evolución de los estilos musicales de esta última década (pop, techno, new age, ambient, etc.) y que ha permitido nuevos enfoques de creación musical en los que las ideas y la imaginación juegan papeles más importantes que la pericia musical” (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

---

<sup>a</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>b</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

Esta potencialidad que tiene MIDI la ha constituido como el protocolo de comunicación musical dominante entre computadoras, lo que obliga a los ingenieros en computación a conocer la forma en que funciona esta tecnología, así como sus posibles aplicaciones. Con todo, la enseñanza de MIDI no se contempla en ningún plan de estudios de las carreras asociadas a las nuevas TIC en la FI UNAM.

Proponemos una exploración del tema y también el reto profesional de adaptar una guitarra eléctrica convencional en una interfaz digital, como primera etapa en el procesamiento de sonido para hacer control MIDI usando una guitarra en lugar de un teclado.

Es posible decir que, a medida que las redes de telecomunicaciones se han desarrollando, desde la radio hasta Internet, las sociedades han ido logrando mayor acceso al consumo de música. Ahora que las TIC se han convertido en los métodos principales para la producción, el almacenamiento, la distribución, la reproducción y el consumo de música; la computación, las telecomunicaciones y la tecnología musical parecen estar unidas de manera inseparable.

En este contexto, el Estado mexicano ha realizado cambios constitucionales y reformas a diversas leyes secundarias para dictar las nuevas reglas en diferentes ámbitos, incluidos educación, telecomunicaciones y radiodifusión, por lo que se deberá valorar si con estos cambios hay oportunidad para la educación musical vinculada al estudio de las TIC.

## II. Justificación

El estudio de MIDI es necesario en virtud del anclaje. Jaron Lanier<sup>c</sup> busca promover la discusión entre desarrolladores y usuarios acerca de cómo construir una relación humana con la tecnología. Partiendo de que los tecnólogos (caracterizados por ser poco persuasivos) son quienes diseñan los productos mediante los cuales las personas se relacionan con el mundo, concluye que éstos tienen la capacidad de manipular la experiencia cognitiva y de jugar con la filosofía de la gente. También señala:

“Puesto que al crear tecnologías de la información inventamos muchas cosas de la nada, ¿cómo decidimos cuáles son mejores? La libertad radical que hallamos en los sistemas digitales plantea un reto moralmente desconcertante. Lo inventamos todo, entonces ¿qué es lo que vamos a inventar? Por desgracia, ese dilema –el de tener tanta libertad– es ilusorio” (Lanier, 2011)<sup>8</sup>.

¿Por qué es ilusorio? Él identifica que, ante el carácter precario de los programas informáticos en desarrollo, existe la posibilidad de que algún diseño digital quede “congelado” por un proceso conocido como *lock in* o anclaje. Dicha situación se presenta cuando se diseñan muchos programas de *software* que trabajen con uno existente. Según señala:

“Modificar de forma significativa un software cuando muchos otros programas dependen de él es el proceso más difícil de llevar a cabo. Por eso casi nunca se hace”.

Eso es precisamente lo que ocurre con el diseño de MIDI, actúa como ancla de otras tecnologías al constituirse en el protocolo del lenguaje musical digital. En efecto, desde su origen como alternativa comercial (en 1983) y apoyada en el desarrollo de las computadoras personales, MIDI se fue extendiendo hasta constituirse en la tecnología dominante para hacer posible la comunicación musical entre dispositivos digitales. Su diseño sigue siendo básicamente el mismo pues únicamente se han realizado mínimas modificaciones desde entonces. Por lo tanto, al tratarse de una tecnología anclada, el estudio de MIDI en el ambiente académico de la FI UNAM es necesario para el desarrollo de la tecnología musical.

---

<sup>c</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.



Por otro lado, el estudio de MIDI es pertinente debido a que es el lenguaje mediante el cual es posible comunicar instrumentos musicales digitales, tecnologías de procesamiento de audio en ambientes de producción musical, tecnologías de control de iluminación y vídeo, entre otras. De modo que, si deseamos que la tecnología tienda a desarrollar las aptitudes integrales del ser humano, podemos partir del anclaje que tiene MIDI para desarrollar de manera creativa interfaces que permitan a los músicos nuevas posibilidades de creación artística con apoyo de la tecnología existente. Así se podrá contribuir a resolver el reto moral planteado por Lanier en pos de construir una relación humana con la tecnología.

La búsqueda de la solución a dicho dilema derivó en la propuesta de adaptar una guitarra eléctrica convencional en una interfaz digital. Esto se fundamenta en el hecho de que la guitarra eléctrica es un ícono de la cultura popular en el mundo desde la década de 1950. Debido a que MIDI no fue diseñada desde la perspectiva de los cordófonos, el reto profesional que la solución propuesta representa, implica el estudio de: el sonido, la Teoría General de la Vibraciones, las Leyes de Mersenne, la conversión A/D de señales, entre otros aspectos.

Desde la época en que surge MIDI, México ha estado inmerso en un proceso de reconversión tecnológica. Gradualmente se han ido incorporando redes de datos y sistemas de cómputo en la esfera pública, y en 2010 se estimó que poco más del 28.9% de las viviendas particulares habitadas ya disponían de computadora. Según el Censo de Población y Vivienda de 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el total de viviendas particulares habitadas era de 28 607 568. En 8 279 619 de ellas había computadora (INEGI, 2010)<sup>9</sup>. Además, conforme se extiende el uso de nuevas tecnologías de telecomunicaciones, MIDI ha ido ganando presencia en el cómputo móvil.

En este contexto, el Estado mexicano ha realizado cambios constitucionales y reformas a diversas leyes secundarias para dictar las nuevas reglas en diferentes ámbitos, incluidos educación, telecomunicaciones y radiodifusión, por lo que se deberá valorar si con estos cambios hay oportunidad para la educación musical vinculada al estudio de las TIC.

La Reforma para Articular la Educación Básica, publicada el día 19 de agosto de 2011 en el Diario Oficial de la Federación, identifica el uso de las TIC en los niveles de primaria y secundaria, como fundamentales para desarrollar competencias y favorecer la inserción de los alumnos en la sociedad del conocimiento. Sin embargo, deja pendiente los retos de capacitación del personal docente y el equipamiento tecnológico de las escuelas. Según la SEP, para ello se debe contar con el concurso de los gobiernos estatales y de la clase empresarial (SEP, 2011A)<sup>10</sup>.

La FI UNAM está participando en el proceso mediante la actualización de los planes y programas de estudio de las distintas carreras. Sin embargo, a pesar de los años que lleva en el mercado, la búsqueda de información para esta investigación reveló que MIDI no es un fenómeno suficientemente estudiado por las instituciones de educación superior de la UNAM.

Por ejemplo, el catálogo digital de la Facultad de Música (FaM UNAM) revela que su Biblioteca sólo dispone de nueve libros sobre MIDI<sup>d</sup>. En cuanto a investigaciones sobre esta tecnología no hay ninguna, pero se recurre a ella en trabajos disponibles para su consulta a través de la Web. Por ejemplo: “Guía de aproximación al uso de microcontroladores en el arte” de Rodrigo Villarreal Jiménez, y “Autómatas basados en gramáticas para creación de generadores musicales y sintetizadores de sonido” de Mijael Gutiérrez López. Ambos son parte de los primeros frutos que la UNAM obtiene en su programa de investigación en tecnología musical a nivel de posgrado.

Existe un artículo breve de Manuel Rocha Iturbide que brinda información valiosa en lo que refiere a música electroacústica mexicana. En éste –según el autor, primer esfuerzo en su tipo– se encuentra un análisis de los orígenes y el desarrollo de música relacionada a tecnología en el país (Rocha Iturbide, 2003)<sup>11</sup>.

Por su parte, el catálogo digital de las bibliotecas de la FI UNAM informa sobre un libro y dos tesis de licenciatura que se relacionan con MIDI. De ellos, el libro se consideró de utilidad para esta investigación pero no fue así con ninguna de las tesis debido a que la más reciente de ellas data de 1996<sup>e</sup>.

Si bien, la tecnología musical es un fenómeno poco estudiado en la FI UNAM, no podemos decir lo mismo sobre la tecnología de sonido. La Facultad cuenta con el temario de dos cursos teóricos de seis créditos cada uno, sobre Audiometría (FI UNAM, 2005A)<sup>12</sup> y el otro sobre Codificación de Audio y Video (FI UNAM, 2005B)<sup>13</sup>, ambos desde el punto de vista de la Ingeniería Eléctrica.

Además, sobresalen las investigaciones del Laboratorio de Procesamiento de Voz. Dirigido por Abel Herrera Camacho, el laboratorio busca generar técnicas y procesos para el procesamiento digital de voz, llevadas a una computadora para su análisis y procesamiento. Entre sus investigaciones existe una tesis de maestría titulada “Síntesis de voz cantada por concatenación de sílabas en español, utilizando el algoritmo TD-PSOLA”. Aquella investigación, otro de los primeros frutos del posgrado en tecnología musical de la UNAM, fue elaborada por Alejandro Ramos Amezquita (LPV FI UNAM, 2015)<sup>14</sup>.

Por último, hay que mencionar que el catálogo digital de la Biblioteca Central dispone de once libros y cuatro tesis de licenciatura, que en mayor o menor medida hacen referencia a MIDI<sup>f</sup>. De aquellas obras, un libro y dos tesis forman parte del ya mencionado acervo sobre MIDI de la FI UNAM. Las dos tesis restantes provienen una de la Facultad de Arquitectura de la UNAM (FA UNAM) y la otra de la Escuela de Ingeniería de la Universidad La Salle (ULSA). De aquellas fuentes, únicamente cinco de los libros forman parte de las referencias de esta investigación.

---

<sup>d</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

<sup>e</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

<sup>f</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

La eventual posibilidad de incorporar MIDI a los planes de estudio de las carreras afines de la FI UNAM, define la oportunidad de esta investigación. De ser así, nuestra Facultad se colocaría a la vanguardia de otras instituciones educativas en el país cuyos planes de estudio contemplan el uso de MIDI, pero no su diseño e incorporación con otras tecnologías digitales.

Así entonces, este trabajo es útil porque la tecnología MIDI se estudia como parte de un fenómeno más amplio, que es el desarrollo de la tecnología musical. MIDI provee comunicación musical entre tecnologías digitales, por lo que puede ser aprovechado como una herramienta didáctica para la enseñanza de la música. Además, permite la creación continua de nuevos productos de música digital, de gran importancia para la industria fonográfica. Al respecto, revisemos información de la International Federation of the Phonographic Industry (IFPI) [Federación Internacional de la Industria Fonográfica].

La IFPI es una organización internacional sin fines de lucro que representa los intereses de mil trescientas compañías disqueras en el mundo. Cuenta con presencia, a través de grupos o compañías de licenciamiento de música, en cincuenta y siete países y sesenta y dos mercados.

Según sus observaciones en los últimos años, la industria fonográfica se está fortaleciendo y dinamiza a la economía digital. Su valor comercial a nivel mundial incrementó 0,3% y 4,3%, en 2012 y 2013, respectivamente (IFPI, 2013)<sup>15</sup> y (IFPI, 2014)<sup>16</sup>. Pero en 2014 se reportó un ligero decremento, producto de la reconversión tecnológica experimentada (IFPI, 2015)<sup>17</sup>.

Aún así, estiman que los ingresos de las compañías disqueras por ventas digitales – servicios de descarga, ventas por descargas, ventas de álbumes, servicios por suscripción, servicios de vídeos– ascendieron a USD 5 600 000 000 (34% del total), USD 5 840 800 000 (39% del total) y USD 6 850 000 000 (46% del total), en 2012, 2013 y 2014, respectivamente. En la figura II hemos representado este comportamiento por medio de una gráfica de barras, lo cual permite una mejor apreciación del crecimiento a partir del año 2008.

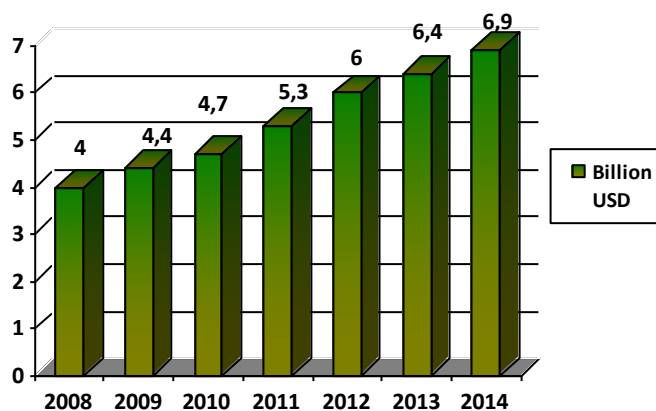


Figura II: Ganancias globales por ventas digitales  
Referencia: Elaboración del autor a partir de  
“Digital Music Report 2015” (IFPI, 2015)<sup>17</sup>

A partir del último dato, hemos calculado el valor de la industria completa en USD 14 891 304 347,82. Sin embargo, en 2015, la IFPI ha reportado un valor de USD 14 970 000 000, casi USD 80 000 000 más alta que nuestro cálculo. Además, en algunos lugares las ventas digitales han superado a las ventas físicas (cuyos principales consumidores son Francia, Sur África, Austria, Alemania, Polonia y Japón) y se prevé que más países se irán sumando a ese camino.

Otro tipo de negocio basado en la música digital ha venido ganando mercado en México. A inicios de 2013, la revista *Entrepreneur* publicó un artículo en su sección de plan de negocios dedicado a las agencias de *Disc-Jockey* (DJ) [Pinchadiscos]. Según la autora, se trata de un tipo de negocio con atractivas opciones de crecimiento para empresarios que sientan pasión por la música y disfruten las fiestas, e ideal para “quienes tienen un profundo conocimiento de los géneros musicales, están al tanto de las novedades o tendencias sonoras y saben conectar con la gente” (Uribe, 2013)<sup>18</sup>.

De acuerdo con su análisis, el cual contempló la experiencia de empresarios del ramo, con una inversión inicial (para inmueble, equipo básico, música, transporte y gastos variados) que va desde los 823 000 pesos mexicanos (IVA incluido), es posible ofertar servicios para bodas, XV años, bautizos, comuniones, aniversarios, fiestas, graduaciones, al igual que para eventos corporativos.

Según su ejercicio financiero, en un año con cuarenta y cuatro semanas de trabajo y un tope de 30% de impuestos como protección financiera, el margen de utilidad varía entre 33% y 48% desde el primer año de operación y muestra señales de estabilidad desde el tercero. La estrategia utilizada por los emprendedores: comenzar con equipo básico y robustecerlo a la par que crezca la demanda.

Los datos de la IFPI sobre la industria fonográfica y la existencia de oportunidades de negocio como las agencias de DJ en México, ponen de manifiesto la utilidad de esta investigación para los ingenieros que deseen incorporarse en el área de la tecnología musical. También para aquellos educadores que, aprovechando la accesibilidad de la tecnología MIDI, deseen utilizarla para la enseñanza de la música.

# III. Hipótesis

A partir del planteamiento del problema se plantean las siguientes hipótesis :

- a) MIDI es un factor clave para la expansión del mercado y la industria fonográfica debido a su capacidad para ser incorporado a otras tecnologías digitales y producir nueva música. Considerando la actual disponibilidad de MIDI en el mercado de instrumentos digitales en México, así como su amplia presencia en los dispositivos de cómputo personales, resulta ideal para la creación de instrumentos basados en TIC, que permitan expandir la experiencia musical sin depender de una formación artística formal. Por ello, MIDI representa una ventana de oportunidad para la enseñanza musical en México.
- b) El estudio de la tecnología musical obliga a los ingenieros a estudiar el sonido no sólo como un fenómeno físico susceptible de analizarse científicamente, sino también como una forma de expresión y comunicación artística, lo cual lleva a entender la tecnología desde un punto de vista más humano.
- c) Es posible transformar una guitarra eléctrica en un dispositivo digital capaz de realizar control MIDI y entre las opciones tecnológicas comerciales que permiten satisfacer este objetivo, los productos de Roland reciben atención de parte de cordofonistas profesionales, quienes en colaboración con la marca difunden vídeos sobre su uso a través de Internet. Roland es una marca distribuida en México, su transductor GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit probablemente sea de fácil adquisición en la capital del país.

## IV. Metodología de análisis

Para el desarrollo de esta investigación se propuso una revisión documental de los antecedentes históricos y los aspectos teóricos relacionados con la tecnología musical y el sonido, con el objetivo específico de adaptar una guitarra eléctrica convencional en una interfaz digital.

El problema de organizar la abundante información histórica consultada sobre computación, música y sonido se resolvió ordenando cronológicamente los eventos más significativos en una tabla que abarca desde finales del siglo XIX hasta la época actual (principios del siglo XXI). Este recurso sirvió de base para la construcción del discurso del Capítulo 1, y está a disposición de los lectores en el Apéndice A.

La importancia de MIDI en la industria de instrumentos musicales digitales, lleva a considerar la viabilidad de incorporar su estudio en las carreras de Ingeniería, tomando en cuenta la realidad tecnológica en el México contemporáneo desde una perspectiva amplia, por lo cual se ofrece un análisis de las políticas públicas que definen el desarrollo futuro de la tecnología digital en el país.

El Capítulo 1 se integra también con reflexiones que son producto de la asistencia a distintos foros y análisis de información proporcionada por instituciones públicas y privadas, tanto a través de sus sitios Web como de materiales impresos emitidos por éstas.

En los foros participaron expertos en diferentes áreas de la tecnología digital, cuyas experiencias resultaron de gran ayuda en la construcción del discurso final. Tal es el caso de una conferencia magistral en computación, realizada en el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM); dos cursos y un taller sobre diferentes tecnologías utilizadas para la creación musical, impartidos en el Centro Multimedia del Centro Nacional de las Artes (CM CENART), y una mesa de debate en la Fonoteca Nacional durante el “6º Seminario Internacional de Archivos Sonoros y Audiovisuales: La democratización del patrimonio sonoro y audiovisual en la era digital”.

La conferencia magistral fue impartida por Irving Wladawsky-Berger<sup>§</sup>, quien se refiere a la tecnología digital como motor de cambios para la transformación de industrias, e identifica siete tendencias de desarrollo actual. Este investigador mantiene relación con académicos de escuelas privadas mexicanas como el ITAM, y formó parte del equipo de IBM que (en 1997) logró vencer a Gari Kasparov, campeón mundial de ajedrez, utilizando la computadora IBM Deep Blue.

En el CM CENART, SuperCollider, Processing y Scripthica fueron *software* que (durante trece sesiones) congregaron a una diversa audiencia, interesada en compartir conocimientos técnicos, ideas artísticas y códigos. El *hardware* del que se dispuso fue: una red LAN de computadoras Apple iMac, un proyector, controladores MIDI con interfaz USB y un par de *Access Point* (AP) [punto de acceso] con capacidad de ruteo para aquellos asistentes que prefirieron llevar sus equipos de cómputo personales. También se contó con acceso a Internet.

Por su parte, la Fonoteca Nacional de México fue sede (durante cinco días) del Seminario Internacional de Archivos Sonoros y Audiovisuales, constituido en un referente obligatorio para el fortalecimiento de la conciencia del valor del patrimonio sonoro y audiovisual. Para su sexta edición, RedCLARA de América Latina, Red IRIS de España, CEDIA de Ecuador, RENATA de Colombia y CUDI de México colaboraron para permitir telencuentros interactivos en los que se discutió el papel de las nuevas tecnologías en la difusión de materiales digitales.

En aquel espacio, expertos de todo el mundo reflexionaron sobre la preservación y, en especial, la difusión del patrimonio sonoro y audiovisual Iberoamericano, y el público pudo acceder e interactuar en vivo a través de un sitio Web y otros espacios colaboradores en línea. En total, se llevaron a cabo siete mesas de debate y nueve talleres sobre diversos aspectos de la conservación del patrimonio sonoro y audiovisual.

En cuanto a los aspectos teóricos sobre el sonido musical y MIDI, en las bibliotecas de la UNAM la información disponible es escasa y no actualizada, lo que revela que son temas poco estudiados en la Universidad. De ahí que, para explicar los fundamentos sobre el sonido musical y el funcionamiento de los cordófonos, se toman como referencia dos textos clásicos disponibles en la Escuela Superior de Música del CENART (Moncada García, 1995)<sup>19</sup> y (Jeans, 1981)<sup>20</sup>.

Para el estudio de MIDI las referencias incluyen cinco fuentes indirectas disponibles en la Biblioteca Central de la UNAM, y una fuente directa proporcionada por la MIDI Manufacture Association en 2014 (MMA, 1996)<sup>4</sup>.

---

<sup>§</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

La adaptación de la guitarra eléctrica que se propone y la investigación necesaria para ello definen este trabajo como de tipo teórico-práctico, pues incluye el marco de referencia necesario para valorar el diseño de la tecnología MIDI, la disponibilidad comercial de productos que la utilizan, así como la parte práctica recuperada en el Capítulo 3 mediante una memoria técnica que sirve de guía para los interesados en el uso del sistema Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit. Esta tecnología permite obtener una señal digital que corresponde a los sonidos producidos por una guitarra eléctrica convencional, susceptible de transmitirse a algún dispositivo capaz de hacer control MIDI.

Tenga en mente el lector que el proceso de transformación de la guitarra eléctrica convencional en un dispositivo digital, así como los acabados deseados por el autor, impusieron buscar información no solamente sobre el equipo tecnológico digital de Roland.

La laudería es una disciplina que en donde es necesario aprender sobre herramientas y técnicas para tratar los diferentes tipos de maderas y metales. A la fecha, existen muchas preguntas y mitos para los que no hay una respuesta definitiva. Por ejemplo, el gran debate sobre la conveniencia de utilizar solventes acrílicos o nitrocelulosa para dar un acabado, en virtud de cómo el uso de cada técnica influye en la forma de las vibraciones producidas por el instrumento. Así entonces, existe un amplio horizonte de investigación científica para los estudiosos de las Ciencias e Ingenierías de Materiales que sientan el interés por esclarecer interrogantes en torno a la guitarra u otro instrumento musical.

El resultado global de la investigación es una tesis de Ingeniería en Computación compuesta por tres capítulos con sus respectivas conclusiones, un glosario de términos y cinco apéndices; dando un total de 222 páginas, 7 tablas y 42 imágenes. Las 181 fuentes consultadas han sido citadas en formato APA, y en el apartado de referencias se listaron en el orden en que fueron mencionadas.



# Capítulo 1:

## Antecedentes y fundamentos para el estudio del sonido y Música utilizando computadoras

### 1.1. Antecedentes históricos

La evolución de la tecnología y su relación con Música es un tema de estudio muy amplio que involucra una gran cantidad de información sobre eventos que han sido ordenados cronológicamente en la tabla que conforma el Apéndice A, misma que sirvió como constructo básico para los propósitos de esta investigación y que puede servir como referencia para futuras investigaciones.

Para fines analíticos se toma como referencia las revoluciones industriales, dado que el proyecto tecnológico que se presenta se inscribe dentro de un periodo de expansión y renovación de las así llamadas nuevas tecnologías.

### **1.1.1. Revoluciones industriales y su efecto en el desarrollo de TIC, tecnologías de sonido e interfaces musicales.**

Joseph Alois Schumpeter<sup>h</sup> atribuye a las innovaciones la capacidad de dar origen a ondas largas de desarrollo económico que constituyen revoluciones industriales. Sin embargo, en su teoría sobre los ciclos económicos, advierte que no se debe confundir una innovación con una invención. Mientras que la primera implica la introducción de una novedad en la esfera económica, la invención constituye una novedad en el plano de la técnica o de la ciencia. La innovación puede tener lugar

*"sin algo que identificaríamos como invento, y el invento no induce necesariamente a una innovación [...] Si en vez de alterar la cantidad de los factores alteramos la forma de la función tenemos una innovación [...] definiremos la innovación simplemente como la creación de una nueva función de producción." (Schumpeter, 2002)<sup>21</sup>.*

A partir del análisis estadístico, Schumpeter señala que esas ondas largas de crecimiento económico surgen con una o varias innovaciones y generan un proceso de expansión y un largo proceso de absorción hasta culminar en una crisis; a esas ondas largas las identifica como ciclos Kondratieff y, a partir de ellos, establece una periodización:

"Históricamente el primer Kondratieff cubierto por nuestro material significa Revolución Industrial, incluyendo el largo proceso de su absorción. Lo datamos desde la década de los ochenta del siglo XVIII hasta 1842. El segundo comprende lo que ha sido llamado la edad del vapor y del acero. Se extiende entre 1842 y 1897. Y el tercero, el Kondratieff de la electricidad, la química y los motores, lo fechamos de 1898 en adelante."

A partir de sus razonamientos, podríamos afirmar que desde las últimas décadas del siglo XX, la incorporación de nuevas TIC en el proceso productivo están provocando una nueva Revolución Industrial que se extiende por todo el mundo en el siglo XXI y que abre el camino a propuestas para el uso de energías alternativas.

El desarrollo de las Revoluciones Industriales ha dependido de innovaciones tanto tecnológicas como organizativas. Tomemos por ejemplo el caso de la máquina de hilar que dio el impulso a la industria de los textiles en la primera revolución. En 1767, Richard Arkwright, un inventor británico empezó a desarrollar una máquina que, a diferencia de la hiladora "Jenny" de James Hargreaves, podía hilar de manera continua sin requerir para su operación de mano de obra especializada. Un año después, con la ayuda de John Kay, un relojero que le ayudó con detalles del diseño, Arkwright puso a trabajar su prototipo con la fuerza motriz de una noria con caballos. Este invento contó con el apoyo de inversionistas que le dieron a Arwright los fondos necesarios para abrir una hilandera mucho más grande junto a un río de Cromford para impulsar con una rueda hidráulica las máquinas de lo que fue la primera fábrica moderna (Standage, 2007)<sup>22</sup>.

---

<sup>h</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

El esfuerzo de Arkwright permitió automatizar máquinas para la producción en masa de productos textiles. Apoyándose en la tecnología de su época y con la asesoría de John Kay, este inventor logró atraer el interés de inversionistas para satisfacer una necesidad básica del hombre (la vestimenta) en un ambiente de crecimiento poblacional acelerado. De esa manera, los sistemas basados en el uso de vapor dieron origen a un cambio en las sociedades con beneficios económicos reservados para los inversionistas en tecnología industrial.

En el siglo XIX, según Wikipedia (en Inglés), el uso del vapor también tuvo un impacto en Música. En Europa, algunos circos musicalizaron sus presentaciones utilizando un instrumento llamado Calíope, que puede ser descrito como un organillo de vapor<sup>1</sup>. En México, el adelantado Melesio Morales se inspiró en un nuevo monstruo tecnológico para la composición de “Locomotora”.

En la década de 1870, la genialidad humana se volvió a poner de manifiesto con otros dos importantes inventos. Alexander Graham Bell y Thomas Alva Edison crearon el teléfono (Kirk & Hunt, 1999)<sup>5</sup> y el fonógrafo (SEP y CONACULTA, 2014A)<sup>23</sup>, respectivamente. Basada en el uso de la electricidad y el desarrollo de la petroquímica, la Segunda Revolución Industrial hizo posible mantener comunicación audible entre lugares separados geográficamente, así como la preservación de sonidos. Después de casi ocho mil años desde la invención de los primeros sistemas de escritura, la humanidad contó con una nueva forma de preservar ideas y testimonios, transformando la manera en que las personas se organizan dentro de las sociedades para transmitir información.

Es pertinente mencionar que dieciocho años más tarde, en 1888, Louis Le Prince creó el cine utilizando una lente única y una película de papel. Estando en Leeds, Inglaterra grabó un cortometraje con duración de 1,66[s], al cual tituló “Roundhay Garden Scene”. Después, en 1895, los hermanos Auguste y Louis Lumière crearon el cinematógrafo, primera máquina capaz de rodar y proyectar películas de cine; y Edison y Armat crearon el vitascopio, que también era capaz de proyectar cine. Así, antes de empezar el siglo XX, el mundo ya contaba con otra forma de comunicación que en las próximas décadas fue expandiéndose hasta llegar a ser conocida como “el séptimo arte”.

En las décadas siguientes, los sistemas de telefonía y radiodifusión se extendieron y con ello las sociedades humanas fueron experimentando un sentido de conectividad sin precedentes, que entró en una nueva etapa con la adopción en masa de la televisión. Durante aquella etapa de expansión de las redes de telecomunicaciones, el francés Pierre Henri Marie Schaeffer utilizó tecnología magnética para grabar y manipular sonidos (desarrollando técnicas como *scratching* y *sampling*) emitidos por máquinas de vapor, cuyos resultados son conocidos como música concreta.

---

<sup>1</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

Su contemporáneo alemán, Karlheinz Stockhausen fue una de las figuras más importantes del serialismo como técnica de composición y pionero en la producción de música electrónica <sup>5</sup>. Sobre ésta técnica, Michael Edwards advierte que no debe ser vista como algo más que una continuación de la tradición de formalizar la composición musical. Una de las críticas de las nuevas generaciones es la radicalización únicamente de la estructura tonal, abandonando otros parámetros (como ritmo, dinámica y forma par). Varios compositores (entre los que destacan Xenakis y Ligeti) ofrecieron crítica y formas alternativas al serialismo pero su música también era, a menudo, gobernada por complejos, incluso algorítmicos, procedimientos (Edwards, 2011)<sup>24</sup>.

En el mismo sentido, en 1932, el mexicano Carlos Antonio de Padua Chávez y Ramírez viajó a los estudios RCA Victor and the Bell Telephone en EE.UU, experiencia sobre la que escribió dos artículos que forman parte del libro “*Hacia una nueva música; música y electricidad*”. Publicado en 1937, el libro de Chávez prevé los obstáculos institucionales que los compositores y artistas interesados en los nuevos medios de audio (fotografía eléctrica, fotografía de sonido e instrumentos eléctricos de reciente creación) debían confrontar. Consideró que el día en que los artistas pudiesen involucrarse con estos medios sin la necesidad de intermediarios técnicos, un nuevo camino sería abierto para la creación de nuevas formas de arte (Rocha Iturbide, 2003)<sup>11</sup>.

La devastación dejada por la Segunda Guerra Mundial abrió la oportunidad para que las naciones afectadas pudiesen, a través de las nuevas formas de arte sonoro, ampliar el concepto de humanidad. En aquel ambiente, las técnicas de Schaeffer y Stockhausen se propagaron por Europa y, con la expansión de los sistemas de radio y televisión, la música creada con electricidad alcanzó un nivel de difusión sin precedentes. De esa manera logró vincularse con la cultura de diferentes pueblos hasta convertirse en un fenómeno cultural global.

Sobre esta revolución en el arte, vale la pena referirnos a la apreciación del guitarrista de U2, conocido como The Edge. Ésta fue grabada por Yentob durante una reunión para su serie documental sobre la guitarra (Yentob, 2008)<sup>25</sup>.

“... sabes, para mí eso es el *rock and roll*, es esa combinación de cortar los límites y el principio de los instrumentos eléctricos. Para mí, la guitarra eléctrica es sobre lo que se trata el *rock and roll*... Mi trabajo es inspirar una respuesta en los otros miembros de la banda para hacer algo que nunca antes hayamos hecho, para llevar la música a otro lugar”

David Howell Evans<sup>j</sup>

En otra de las entrevistas de Yentob, Roger Mayer dio testimonio de cómo su prototipo del Octavian llamó la atención de Jimi Hendrix<sup>k</sup> porque le permitió duplicar la frecuencia de la señal eléctrica producida por su instrumento, haciéndolo sonar una octava más agudo. El solo del tema “*Purple Haze*” es un buen ejemplo de cómo la Ingeniería puede ponerse al servicio del Arte, permitiendo construir una relación más humana con la tecnología.

---

<sup>j</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>k</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

Como Lanier describe, la computación se formalizó durante el contexto de la Segunda Guerra Mundial gracias a un equipo de trabajo liderado por Alan Turing<sup>1</sup>, que logró descifrar el sistema de comunicación alemán protegido por una máquina mecánica llamada Enigma (Lanier, 2011)<sup>8</sup>. Para lograrlo, el equipo de Turing construyó otra máquina electromecánica llamada Bombe. Poco más de una década después, la computación digital inició su relación con Música. Sobre aquel proceso, el artículo de Michael Edwards constituye una valiosa fuente de información, razón por la cual se retoma su contenido (Edwards, 2011)<sup>24</sup>.

Para 1956, de la colaboración entre Lejaren Hiller y Leonard Isaacson se produjo la primera composición musical algorítmica asistida por computadora. “*The Illiac Suite for String Quartet*” fue programada en binario utilizando, entre otras técnicas, cadenas de Markov en algoritmos de generación de tonos aleatorios. En México, fue hasta 1974 que el compositor Julio Estrada y el matemático Jorge Gil incursionaron en la investigación para componer música utilizando una computadora (Rocha Iturbide, 2003)<sup>11</sup>.

En los años posteriores, la complejidad de los nuevos sistemas de composición hizo que su implementación en programas de computadora resultase atractiva. Incluso se desarrollaron técnicas inspiradas fuera del dominio de la teoría musical, tales como: la teoría del caos (Ligeti, *Désordre*), las redes neuronales (Gerhard E. Winkler, *Hybrid II “Networks”*), y el movimiento Browniano (Xenakis, *Eonta*). El tema “Eonta” (1963-1964) para dos trompetas, tres trombones tenores y piano fue compuesto por Iannis Xenakis ejecutando su Stochastic Music Programme (SMP) [Programa para Música Estocástica] en una computadora IBM 7090. Para el desarrollo de ese *software* utilizó fórmulas originalmente desarrolladas por científicos, como la “Teoría de Gases” de Maxwell y Boltzmann, para explicar el comportamiento de partículas de gas. Concebía sus composiciones estocásticas como nubes de sonido, con notas individuales como el análogo de las partículas de gas. La selección y distribución de las notas era determinada por procedimientos que utilizaban selección aleatoria y tablas de probabilidad sobre la ocurrencia de eventos específicos contra la de otros.

En la década de 1960, las técnicas de música concreta y el serialismo europeos influenciaron a compositores mexicanos como: Carlos Jiménez Mabarak, Manuel Enríquez, Manuel de Elías, Alicia Urreta, Mario Lavista, Francisco Nuñez, Hector Quintanar, Julio Estrada, entre otros. Para 1970, Héctor Quintanar fue asistido por el ingeniero Raúl Pavón<sup>m</sup> en la creación del primer Laboratorio de Música Electrónica del país. Sin embargo, no se pudo continuar trabajando en este proyecto debido a: 1) la falta de apoyo de las instituciones culturales públicas para la renovación de equipo, 2) el rechazo que la mayoría los compositores de la época tuvo hacia el estudio de las ciencias acústicas, 3) la academia musical tradicional, carente de interés en la especialización en música electrónica; y 4) durante las primera dos décadas de la música electroacústica mexicana apenas se lograron elaborar cuarenta temas, muchos de los cuales se encuentran perdidos o no recuperados (Rocha Iturbide, 2003)<sup>11</sup>.

---

<sup>1</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>m</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

En la década de 1970, las propuestas artísticas de Alex Eisenring, Silvia Candanedo, Walter Schmidt, Carlos Robledo, Moisés Romero, Carlos Alvarado, Bernardo González, Jesús Bojalil, El Queso Sagrado, Decibel, Synthoma, Nahtabisk, Iconoclasta, Mamá-Z, Como México No Hay Dos, Size, Pijamas A Go-Go, El Escuadrón Del Ritmo, Ritmo Peligroso, entre otros; ayudaron a difundir música creada con medios electrónicos fuera del ambiente académico.

A principios de la década de 1980, en plena expansión de las computadoras personales, Dave Smith creó MIDI y la música electrónica encontró un medio para volverse un fenómeno de masas. Mientras buscaba aumentar la paleta de sonidos de un teclado, Smith elaboró un diseño digital capaz de comunicar sintetizadores susceptible de controlarse a través de una interfaz única. Como en el caso de la hiladora de Arwright, el pacto entre desarrolladores y empresarios de tecnología sentaron el escenario ideal para anclar el invento de Smith. Así, MIDI se ha consolidado como el protocolo estándar en todo el mundo para concebir y producir música digital. Al respecto, Lanier incluso se atreve a decir:

“... dentro de mil años, cuando una descendiente nuestra viaje a la velocidad de la luz a explorar un nuevo sistema solar, seguramente tendrá que aguantar unos pitidos musicales molestos en MIDI que le avisará que hay que recalibrar el filtro antimateria... En la época predigital las herramientas también influían en la música, pero nunca de forma tan dramática” (Lanier, 2011)<sup>8</sup>.

En el contexto de surgimiento y expansión de MIDI, compositores como Antonio Russek, Vicente Rojo, Arturo Márquez y Roberto Morales dieron un importante impulso a la música electroacústica en México, a través de conciertos interdisciplinarios donde se presentaron colectivos como Atentamente a la dirección, Música de Cámara, La Sonora Industrial, el Alacrán del Cántaro, entre otros. Desde entonces, otros compositores han formalizado sus conocimientos al realizar estudios fuera del país, como es el caso de Javier Álvarez, Manuel Rocha Iturbide, Antonio Fernández Ros y Guillermo Galindo, miembros de las primeras generaciones en recibir educación académica en el área de música por computadora (Rocha Iturbide, 2003)<sup>11</sup>.

Después, compositores como Raúl Alejandro Escajadillo Peña basaron su propuesta en el sonido de instrumentos digitales, lo cual permitió la expansión de la música electrónica para ser explotada comercialmente. La trayectoria de este artista resulta interesante debido a que: 1) ha grabado una extensa obra, la cual incluye premios grammy; 2) incorpora gran cantidad de colaboraciones con cantantes, músicos e ingenieros de audio, nacionales y extranjeros; y 3) se trata de un artista sin una formación musical académica pero que mantiene relación con empresas e instituciones como Yamaha, Intel, Sony Music, Televisa, Disney, UNESCO y GDF. Aleks Syntek, su nombre artístico, es un ejemplo de un melómano y entusiasta de la tecnología de sonido cuya experiencia y relaciones le han valido para construir una carrera musical lucrativa, dentro y fuera de México.

Sin duda, la penetración de la tecnología digital en las sociedades fue incentivada por Internet, cuya primera forma se conoció (en 1969) como ARPANET. Después, con la adopción del protocolo TCP/IP (en 1985) por parte de la industria de la computación, la invención de HTML (en 1990), la expansión de las redes Ethernet (desde 1993), y el desarrollo de los motores de búsqueda como Google (en 1998), la humanidad fue revolucionando cada vez más el sentido de conectividad. Sin embargo, sería la música el motivo por el cual la red mundial evolucionó a una arquitectura distribuida mediante el uso de un sistema de archivos descentralizado.

En 1998, Napster (seudónimo usado por Shawn Fanning, un pirata informático estadounidense de diecinueve años) buscó ayuda de otros piratas informáticos para crear una comunidad global en Internet, con acceso a toda la música en todos los discos duros, en todos lados. Después de seis meses de trabajo, su *software* (de nombre homónimo) atrajo una inversión de USD 70 000 000 en capital de riesgo, y logró superar los sesenta millones de usuarios. Por su parte, la Recording Industry Association of America [Asociación de la Industria de Grabación de América] (RIAA), quien veló por los intereses de las antiguas compañías fonográficas, respondió con un ataque jurídico argumentando que Napster era una empresa que buscaba controlar el mercado fonográfico utilizando piratería digital.

Lamentablemente, pese haber logrado filtrar poco más del 98% de las transferencias para evitar la distribución de música protegida bajo derechos de autor, el fallo jurídico fue en 2001 a favor de la RIAA. Para 2002, el sistema fue apagado y la compañía se declaró en bancarrota.

Para los interesados en conocer más sobre el caso Napster vs RIAA, “Downloaded” de VH1 constituye una buena fuente de información. Este documental, lanzado en 2013 como parte de la serie Rock Docs, cuenta con entrevistas hechas a programadores, empresarios, abogados, artistas, activistas de los derechos digitales, entre otras personalidades; algunas de las cuales se vieron envueltas en el escándalo gestado por las compañías discográficas más poderosas a nivel global, en contra del libre intercambio de música a través de Internet. Pero, a pesar su breve vida corporativa, Napster fue capaz de dar inicio a una nueva era tecnológica y cultural. Internet y la experiencia de compartir música no volvieron a ser las mismas de antes.

Ahora, de la red mundial depende casi por completo la forma en que la mayoría de las sociedades se comunican, relacionan, hacen economía e, incluso, política. Por ello, esta TIC recibe la atención de investigadores como Derrick de Kerckhove, quien la concibe como la conexión entre inteligencias en lo que es un cambio cultural global basado en procesamiento (Marcelino, 2012)<sup>26</sup>.

Ya desde mediados de la década de los 1990, el ruso Yuri Lotman adoptó el concepto de la semiósfera para referirse al conjunto de todos los signos posibles de la cultura que definen a un grupo dado, y esa semiósfera se extiende hacia otros grupos en la medida en que existan los canales de comunicación y decodificación adecuados. Es decir, Lotman consideraba que para comunicar algo, se depende de que el receptor el mensaje pueda descifrar los signos culturales, atribuyéndoles el mismo significado que el del emisor. Desde el punto de vista de vista tecnológico, Internet ya hace posible el intercambio de comunicación entre distintas semiósferas, pero ha creado al mismo tiempo una nueva que Jaron Lanier define como la noosfera (Lanier, 2011)<sup>8</sup>.

A diferencia de la perspectiva de Derrick de Kerckhove, un destacado experto en comunicación, Lanier advierte en la noosfera un peligro para el desarrollo tecnológico y cultural, pues argumenta que actualmente sólo partes fragmentadas de la cultura han entrado en contacto y que la semiósfera digital, en la forma en que actualmente se promueve, obliga a las personas a transformarse a sí mismas a fin de poder utilizar las máquinas; en lugar de que se desarrollen máquinas cuyos diseños permitan una interacción más humana con las personas.

Lo que es un hecho es que la comunicación a través de TIC ha hecho que en la Tercera Revolución Industrial se vuelva imprescindible el aprendizaje de lenguajes de programación y códigos para el diseño y operación de las nuevas tecnologías, ante la tendencia creciente de su uso extensivo e intensivo. El reto para los ingenieros es crear herramientas que permitan un fácil acceso a un cada vez mayor número de usuarios para que puedan disfrutar los beneficios tecnológicos desde la comodidad de su hogar o a donde quiera que vayan, escenario que supone una continua especialización para los profesionales dedicados a este campo.

En ese sentido, los ambientes colaborativos para la síntesis de sonido van cobrando importancia en México. Tanto en el curso “Interconexión y código” como en el taller “Código, audio y video reactivo con comunicación OSC, MIDI y FFT”, ambos organizados por el CM CENART en el año 2014, se consideró la posibilidad de generar aplicaciones de audio y vídeo reactivo mediante el uso de lenguajes y entornos de programación como SuperCollider y Processing. De esa manera, los artistas sonoros y visuales mexicanos se abren a formas de comunicación digital abstractas que están al alcance de los dispositivos de cómputo personales.

En este proceso el papel de MIDI es claro: comunica herramientas al mismo tiempo que le da voz a otras. Así, el efecto de poner este tipo de tecnologías al alcance de los usuarios es el aumento concomitante de los medios de creación sonora y visual, toda vez que se incrementa la capacidad de entendimiento entre las máquinas digitales, los lenguajes que éstas reconocen y los algoritmos bajo los cuales operan. El resultado son productos artísticos cada vez más elaborados.



Para los interesados en tendencias nacionales de música electrónica, en la década inicial del siglo XXI, Manuel Rocha Iturbide señaló los trabajos de: Álvaro Ruiz, DJ Linga, Mario de Vega, Daniel Lara, Luz María Sánchez, Nortec, Nopal Beat y Machintosco. También hizo referencia a algunos festivales que fueron sumando importancia, tales como: The international Radio Biennial, Festival del callejón del ruido, The international Sound Art Festival y Radar (Rocha Iturbide, 2003)<sup>11</sup>.

Ahora, gracias a los cursos y el taller tomados en el CM CENART nos hemos enterado sobre la existencia de otros músicos –como Hemani Villaseñor Ramírez, Eduardo H. Obieta, Gabriel Alejandro Sánchez, Elihú Garret, Valerie Faxtar, entre otros–, colectivos –como LiveCodeNet Ensemble, Armstrong Liverado, Terremoto Blues, entre otros– y festivales –como /\*vivo\*/, Algorave, Y2K International Live Looping Festival, entre otros– contemporáneos.

El anclaje de MIDI ha logrado expandir el fenómeno de creación musical asistida por algoritmos de computadora. Sin embargo, la composición algorítmica tiene orígenes previos a la era computacional. De acuerdo con Edwards, existen evidencias en la música Occidental que datan de, al menos, setecientos años. Por ejemplo, en los siglos XIV y XV se utilizaron técnicas isorítmicas casi-algorítmicas. También existen aquellas basadas en proporciones numéricas, como la “*Nuper Rosarum Flores*” de Guillaume Dufay, compuesta para la consagración de la Catedral de Florencia en 1436. Incluso se piensa que, tiempo después, el mismo Mozart utilizó técnicas algorítmicas explícitamente al menos una vez. Su célebre “*Musikalisches Würfelspiel*” [Dados Musicales] utiliza fragmentos musicales que son combinados aleatoriamente de acuerdo con lanzamientos de un par de dados (Edwards, 2011)<sup>24</sup>.

Para Edwards la historia de la composición algorítmica se puede agrupar en dos modelos: indeterministas y deterministas. Los primeros se refieren a las obras que utilizan procedimientos estocásticos/aleatorios (como las cadenas de Markov), mientras que los segundos producen temas donde los resultados son corregidos por algoritmos y permanecen sin cambios, sin importar cuán a menudo los algoritmos se ejecuten. Ejemplos de los segundos son los autómatas celulares, al igual que los trabajos de: Aristid Lindenmayer, Charles Ames y David Cope<sup>n</sup>. En el caso de Cope, el concepto de “recombinación” se utiliza para describir cuando nueva música es creada con trabajos existentes, permitiendo así la recreación de música en el estilo de varios compositores clásicos, para sorpresa y placer de varios.

Las técnicas de composición algorítmica contemporáneas (de finales del siglo XX) tienden a ser híbridos de ambas aproximaciones. Ejemplos de sistemas que utilizan técnicas de Inteligencia Artificial (IA) y/o lingüísticas son: el *software* Bol Processor y el CHORAL de Kernal Ebcioğlu. Ejemplos de sistemas para la improvisación son: el Voyager de George Lewis y el OMAX del IRCAM en París. Además, ejemplos del uso de sistemas Lindenmayer son: “*Cells for saxophone and ensemble*” (1960) de Hanspeter Kyburz y “*Tramontana for viola and computer*” (2004) del mismo Edwards, quien reconoce a su sistema como uno de transición.

---

<sup>n</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

Para concluir, Edwards indica que la computadora puede ayudar a los compositores a superar la recreación de lo que ya conocen, auxiliando investigaciones más completas del material. Una vez que los procedimientos son programados, las modificaciones y manipulaciones son más sencillas que con pluma y papel. Así, las técnicas de composición algorítmicas claramente van más allá de la composición individual y el desarrollo compositivo a través de la programación de computadoras permite viajes de descubrimiento musical.

Sobre aquellas tecnologías que generan música por medio de sistemas inteligentes, en el taller “Composición Algorítmica en LISP” del tecnólogo mexicano Gabriel Alejandro Sánchez, se hizo referencia al trabajo de David Cope que sirvió como base para desarrollar Scripthica. El *software* presentado por Sánchez en el CM CENART, un entorno Web para la composición algorítmica, permite la sonificación de datos en LISP y JavaScript a través de un procedimiento que, en ambos lenguajes, utiliza MIDI.

Vale la pena mencionar que el código dejado como ejemplo en el módulo de bienvenida de Scripthica, corresponde a “*Musikalisches Würfelspiel*” de Mozart. Así, los usuarios de este entorno Web pueden obtener un tema distinto en el estilo del compositor, sin más esfuerzo que el de pulsar un botón.

La actual Revolución Industrial pone de manifiesto que el animal que razona ahora no solo puede utilizar máquinas, sino que puede valerse de la máquina “que razona mediante algoritmos” para satisfacer necesidades específicas. Los medios digitales tienen capacidad para dar respuestas a necesidades sociales, y sin duda también para plantear preguntas de orden filosófico: ¿será capaz la nueva tecnología de afectar a las personas en la definición de sí mismas?

Al respecto, Wladawsky-Berger concuerda con la teoría de Schumpeter en el sentido de que las tecnologías digitales constituyen un cambio equivalente al que representó la máquina de vapor durante la Primera Revolución Industrial, pero se trata de un cambio de mayor alcance y profundidad. Según su planteamiento, las nuevas tecnologías están creando sociedades digitales donde no solamente se han afectado los procesos productivos sino todos los ámbitos de la vida cotidiana, en medio de una expansión sostenida de la digitalización de los servicios en las áreas del comercio, las finanzas, las comunicaciones y transportes, la educación, entre otras (Wladawsky Berger, 2014)<sup>27</sup>.

Con respecto a las tendencias de investigación en torno a las TIC, identificó como áreas a: *Mobile Internet* [Internet Móvil], *Internet of Things* [Internet de las Cosas], *Cloud Computing* [Cómputo en la Nube], *Big Data, Analytics & Data Science* [Grandes Datos, Analítica y Ciencia de Datos], *Social Media* [Medios Sociales], and *Collaborative Innovation* [Innovación Colaborativa]. Además, hizo una aclaración reveladora para distinguir entre el panorama tecnológico actual y el que existió cuando Moore publicó su ley: las TIC ya no evolucionan principalmente como consecuencia de investigaciones militares. Ahora, la experiencia usuario es el motor de cambios de las industrias que hacen desarrollo.

En cuanto al papel de los tecnólogos en esta realidad, señala a la educación, la economía y la salud como las áreas cuyos problemas hay que atender y hacia donde debemos encaminar nuestros esfuerzos. En ese sentido, la cruzada debe ser dirigida por las universidades para diseñar estrategias que beneficien a poblaciones cada vez mayores. Al respecto, Jaron Lanier considera que las problemáticas que necesitan la atención del mundo, y en especial de los tecnólogos, son: el calentamiento global, pasar a un nuevo ciclo energético, evitar las guerras de destrucción masiva, apoyar a una población envejecida, ingeniárnosla para sacar provecho de los mercados libres sin volvemos vulnerables a sus fracasos, entre otros asuntos básicos (Lanier, 2011)<sup>8</sup>.

Para finalizar su ponencia en el ITAM, Wladawsky-Berger indicó que las empresas que buscan la innovación tienen que desarrollar estrategias viendo a futuro, donde la información basada en inteligencia es necesaria para dar soluciones óptimas. Como ejemplo habló sobre el trabajo de análisis realizado por Nate Silver, que en 2008 le permitió predecir el ganador de las elecciones presidenciales de EE.UU. en cuarenta y nueve de los cincuenta estados, y los ganadores de las treinta y cinco candidaturas al senado.

Pero, ¿cómo es que las predicciones de Nate Silver sobre la opinión política de los ciudadanos de EE.UU. fueron tan precisas? Una posible respuesta es que: con la expansión de *Mobile Internet* y la penetración de *Internet of Things*, aunado al efecto de *Social Media* en la comunicación humana; las áreas de *Cloud Computing* y *Big Data, Analytics & Data Science* han tendido a evolucionar en favor del reconocimiento de patrones. Por ello, Silver fue capaz de analizar grandes volúmenes de información, generada por los usuarios de Internet en torno a las elecciones políticas, y a partir de ello predecir acertadamente el resultado en ochenta y cuatro de las ochenta y cinco elecciones.

Sobre otra tendencia en el desarrollo de tecnología digital, los fundadores de la revista *Software Guru* advierten que el futuro está en los sistemas que permitan su integración con la vestimenta (Ruvalcaba & Galván, 2014)<sup>28</sup>. En esta área de desarrollo tecnológico, conocida como *Wearable Computing* [Cómputo Vestible], existe otra empresa también mexicana que cuenta con un diseño que incorpora MIDI, y se comercializa con éxito en el mercado asiático. Se trata de MACHINA y su MIDI Jacket [Chaqueta MIDI], un controlador MIDI que sintetiza sonido a partir de los movimientos de quien lo viste (MACHINA, 2015)<sup>29</sup>. Desde 1998, la Universidad cuenta con una visión de diseño similar. En su tesis de licenciatura para la FA UNAM, Luis Conrado Acosta Arredondo propuso un controlador MIDI en forma de guante.

Ciertamente, este interés por crear interfaces musicales capaces de reconocer patrones de movimiento para sintetizar sonido ha aumentado. Lanier, quien tiene experiencia con sistemas de reconocimiento facial, no se equivocó al visionar una generación de jóvenes explorando las nuevas formas de creación musical (Lanier, 2011)<sup>8</sup>. Actualmente, centros de estudio en EE.UU. como Stanford University y University of British Columbia cuentan cada uno con su Laptop Orchestra, grupos de *Collaborative Innovation* donde se crean instrumentos musicales a partir de tecnologías existentes, como: Apple iPhone, Microsoft Kinect, Sony PlayStation Moves, Nintendo Wii, trajes con sensores, equipo deportivo, entre otras. De esa manera, los artistas del siglo XXI cuentan con herramientas que permiten realizar actos más atractivos para sus audiencias, a la vez que personas sin conocimientos musicales pueden fácilmente experimentar las sensaciones de componer y ejecutar música (Waugh, 2014)<sup>30</sup>.

En España, la UMA está desarrollando a Iamus y la UPF destinó recursos a la Reactable, valiosas innovaciones colaborativas con indiscutibles capacidades para revolucionar al arte. La primera es una súper computadora que puede componer música para orquesta en un estilo propio y respetando reglas de notación profesionales (UMA, 2012)<sup>31</sup>. La segunda es un instrumento musical con una interfaz única, capaz de congregarse a varias personas a su alrededor para que juntas sinteticen sonido de manera tangible (MTG UPF, 2015)<sup>32</sup>.

Actualmente algunos grupos de investigación que ofrecen estudios de posgrado relacionados con tecnología musical son: FaM UNAM (en México), NuSom USP (en Brasil), DS ESMUC y MTG UPF (en España), MFACA GDS (en RU), IMM HfM (en Alemania), IS KC (en Holanda), DM A? (en Finlandia) y KCM (en Japón). Así entonces, la FI UNAM tiene un área de oportunidad en el estudio de la tecnología musical, capaz de revolucionar nuestra comprensión de las TIC y de esa manera encaminarnos hacia un desarrollo tecnológico más humano.

### 1.1.2. Panorama actual de la industria fonográfica

Ya hemos presentado datos de la IFPI sobre el valor económico de la industria fonográfica, que de acuerdo con nuestros cálculos alcanzó USD 14 891 304 347,82609 (más de catorce mil millones de dólares) en 2014. Ahora, además del total de las ganancias por consumo legal de música, revisemos algunos hechos que ayudan a entender de forma más amplia la situación de la industria en los últimos años.

José Plácido Domingo Embi y Frances Moore, presidente y directora ejecutiva de la IFPI, afirman que el crecimiento de la industria se puede generar mediante la continua inversión, el cuidado y la promoción del talento artístico. Sin embargo, para que los artistas se vean motivados a continuar creando música en el “ecosistema digital”, es necesario que se garanticen sus derechos y los de aquellos que invierten en ellos. Por ello, los derechos de propiedad intelectual son el ingrediente imprescindible para garantizar que los artistas se ganen la vida con su oficio (IFPI, 2013)<sup>15</sup>.

En 2014, las ganancias globales por ventas físicas lograron igualar (con un 46%) a las generadas por ventas digitales, hecho sin precedentes. El 8% restante (según nuestros cálculos, USD 1 191 304 347,82) corresponde a las ganancias obtenidas por los derechos de comunicación pública y los contratos de sincronización (IFPI, 2015)<sup>17</sup>. Proporciones que se puede apreciar mejor en la figura 1.1.

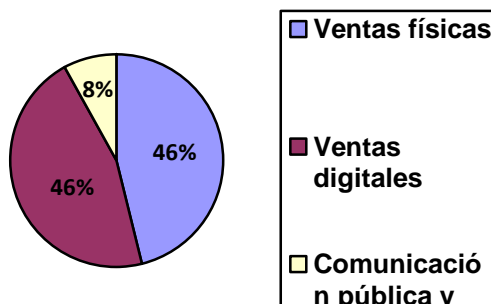


Figura No. 1.1: Ganancias globales en 2014  
Referencia: Elaboración del autor a partir de  
“Digital Music Report” (IFPI, 2015)<sup>17</sup>

En 2012 se previó un crecimiento en ocho de los veinte mercados más importantes: Australia, Brasil, Canadá, India, Japón, México, Noruega y Suecia (IFPI, 2013)<sup>15</sup>. Para 2013, fuera de Japón las ganancias globales por música bajaron 0,1%, incluyendo a Japón el decremento fue de 3,9% (IFPI, 2014)<sup>16</sup>. En 2014 las ganancias globales bajaron sólo un 0,4% (IFPI, 2015)<sup>17</sup>, estimadas por nosotros en USD 59 565 217,37.

Una estrategia adoptada por los sellos discográficos para lograr el éxito comercial es la concesión proactiva de licencias en diferentes canales de ingresos, es decir, los artistas conservan los derechos de propiedad intelectual y obtienen una utilidad al mismo tiempo que las disqueras pueden explotar dicha obra en los medios de comunicación. Así, las leyes de propiedad intelectual representan el cimiento para que la industria fonográfica se reinvente en el entorno digital. El debilitamiento de estas normas implicaría un revés para la industria, que ha logrado recuperarse después de casi desaparecer por el uso de Napster.

A principios de 2011, los principales servicios internacionales de *streaming* [distribución en flujo], es decir, redes de datos que permiten descargar y reproducir archivos multimedia de manera simultánea, tenían presencia en veintitrés países. Ahora, están presentes en unos ciento cincuenta países, y existen más de cuatrocientos servicios legales de música digital en el mundo que ofrecen más de cuarenta y tres millones de canciones a los consumidores. Según Pro-Music, considerado por la IFPI como el directorio de servicios musicales legales más íntegro en el mundo, en México existen veintidós servicios digitales para el consumo legal de música. De acuerdo con la IFPI, los de *streaming* (que se separan en servicios por suscripción y con publicidad) han superado a los de descarga y representan la principal fuente de ingresos por ventas de música digital (IFPI, 2015)<sup>17</sup>.

Frances Moore advirtió en 2013 que las compañías latinoamericanas estaban licenciando servicios en maneras innovadoras, como ofertas de prepago y paquetes especiales de suscripciones diarias, dirigidas a alcanzar la mayor audiencia posible (IFPI, 2014)<sup>16</sup>. Después, en 2014, Latinoamérica registró un fuerte crecimiento, con un alza de 7,3% en los ingresos totales de la música grabada, después de que el vertiginoso ascenso de los ingresos digitales lograra compensar la caída en las ventas de formatos físicos. En los últimos cuatro años, esta región ha mostrado el mayor aumento en las ventas de música y actualmente representa el 4% de la facturación mundial (estimado en USD 595 652 173,9), lo que constituye una mejora respecto del 3% contabilizado en 2013. Durante el año pasado, los ingresos digitales en Latinoamérica escalaron 32,1%, superando más de cinco veces el promedio mundial de 6,9%.

Ante este crecimiento, la directora ejecutiva de la IFPI considera que los mercados musicales emergentes necesitan de nuevas formas de pensar en el mundo digital, particularmente en países con sistemas de pago subdesarrollados y bajo uso de tarjetas de crédito (IFPI, 2014)<sup>16</sup>. Aquello cobra especial significado si consideramos el escenario proyectado por Wladawsky-Berger, donde el crecimiento de la demanda de tecnología digital depende del acceso a los sistemas de crédito (Wladawsky Berger, 2014)<sup>27</sup>.

A pesar del crecimiento logrado, existe una amenaza latente: la piratería digital. Para contrarrestarla, las compañías disqueras y los gobiernos deben pactar con las agencias de publicidad (principales benefactores de los servicios de música ilegal), registradores de dominios, proveedores de servicio de Internet, intermediarios de pago y motores de búsqueda. Incluso se pone como ejemplo a la Police Intellectual Property Crime Unite (PIPCU) [Unidad Policiaca de Crímenes de Propiedad Intelectual] de la policía de Londres, Inglaterra enfocada específicamente en crimen IP (IFPI, 2014)<sup>16</sup>.

En México, las autoridades han optado por el bloqueo de páginas Web cuya estructura infringe las leyes de derechos de autor. Además, Spotify y Telefónica anunciaron una alianza comercial para fusionar los servicios de telefonía, datos y música (IFPI, 2013)<sup>15</sup>. Por su parte, la IFPI cuenta con su Ati-Piracy Unit (APU) [Unidad Antipiratería], enfocada en la protección de contenido incluso antes de su lanzamiento. Como parte de un programa de notificación y remoción a gran escala, dicha unidad se encarga de hacer un monitoreo de las redes sociales en búsqueda de enlaces infractores que redirigen a sitios de consumo ilegales (IFPI, 2015)<sup>17</sup>.

Sin embargo, pese a los esfuerzos en contra de la piratería, existe otro problema que también atenta contra el crecimiento de la industria. Nos referimos a la “brecha de valor”, es decir, la situación en la que plataformas digitales como Daily Motion y YouTube se aprovechan de exenciones a las leyes de derecho de autor mediante el uso de “puertos seguros”. Las leyes que permiten esta situación fueron diseñadas (durante los inicios de Internet) para eximir de responsabilidad (por su actividad puramente neutral y pasiva) a los proveedores de *hosting* [hospedaje]. Por ello, existe una marcada diferencia entre el valor que ciertas plataformas digitales extraen de la utilización de música y el valor que las mismas retribuyen a los titulares de derechos.

En el documental “*Downloaded*” de VH1, Sean Parker, cofundador de Napster y miembro de la mesa directiva de Spotify, mencionó a la Digital Millennium Copyright Act (DMCA) [Acta de Derechos de Autor Digitales del Milenio], una enmienda a la ley de Derechos de Autor de EE.UU. que establece las disposiciones de puerto seguro para proteger a los proveedores de tecnología y telecomunicaciones contra demandas de la industria de contenido.

De acuerdo con la IFPI, si un servicio pertenece a la categoría de “proveedor neutral de hospedaje” entonces puede negarse a negociar una licencia. En consecuencia, los titulares de derecho se ven obligados a elegir entre dos opciones malas: aceptar las condiciones y obtener algunos ingresos por el uso de sus contenidos, o bien iniciar largas y costosas acciones legales contra dichos servicios. Por ello, señala que la clave para abordar el problema de la “brecha de valor” es crear un marco justo de licencias que sea adoptado por los servicios de distribución digital. Hoy en día, esas condiciones no están dadas.

En tal sentido, el papel de los responsables políticos será decisivo, pues se deben crear condiciones justas entre los operadores en línea y los sectores creativos. La ley se debe clarificar y aplicar correctamente para que nadie saque ventaja de sus ambigüedades. En especial, es necesario que todos comprendan que las exenciones de responsabilidad sólo se deben aplicar a proveedores de servicios en línea genuinamente neutrales y pasivos, y no a aquellos servicios que tienen un papel activo en la distribución, la promoción y la monetización de contenidos.

Aunque la IFPI señala que la inversión de las disqueras en talento local sigue siendo el núcleo de la industria, lo cierto es que Internet es la herramienta mediante la cual los artistas están sumando y contactando fans en todo el mundo. Según esta organización internacional: nueve de los diez vídeos más vistos en la historia de YouTube tienen contenidos relacionados con la música, el 50% de los usuarios de Twitter sigue al menos a un músico, nueve de las diez biografías de Facebook con más “Me gusta” pertenecen a artistas musicales, entre otros hechos que son ejemplos claros de la importancia de la música y de los artistas para las redes sociales. Tomemos por ejemplo lo sucedido en torno al lanzamiento del último álbum de Daft Punk.

En 2013, a través de lo que la IFPI consideró una campaña de mercado innovadora, “*Random Access Memories*”, se posicionó como uno de los líderes en ventas superando los tres millones de unidades a nivel mundial. En un periodo mayor a seis meses desde la primera junta entre el equipo de campaña y el dúo artístico, el personal de Sony Music Entertainment diseñó una campaña única debido a que: los artistas son dos robots que no poseen voz pública, no hacen entrevistas ni poseen cuentas de Twitter. Además, a nivel global contaban con un gran número de fans ansiosos por más música e información (IFPI, 2014)<sup>16</sup>.

La disquera debía ser creativa, ya que los fondos no eran ilimitados. La solución consistió en hacer todo a nivel mundial y de manera simultánea. En armonía con la visión de Daft Punk, cada acción debía llevarse a cabo en el mundo real y reflejarse en el mundo digital a través de los medios sociales. En respuesta, los fans inmediatamente comenzaron a generar su propio contenido y a conversar.

Para la IFPI, la campaña de “*Random Access Memories*” es un reflejo de cómo los artistas y las compañías disqueras pueden trabajar de manera conjunta para generar un fenómeno de interés global en torno al lanzamiento de un álbum. También revela como la actividad en el mundo real puede ser usada para motivar a los seguidores a estar a la vanguardia de las campañas digitales de los artistas.

Parece ser que en la segunda década del siglo XXI, la música no sólo se ha adaptado a Internet sino que es el verdadero motor de su desarrollo. La música grabada impulsa la tecnología promoviendo el desarrollo y la venta de dispositivos, lo cual incide a su vez en el crecimiento económico y provoca una reacción en cadena que trasciende las fronteras del mercado discográfico (IFPI, 2015)<sup>17</sup>. Ahora, la música está generando valor económico en prácticamente todos los niveles de la vida como un motor del ecosistema digital.



### 1.1.3. Políticas en relación a TIC y la educación digital y musical en México

La enseñanza de Música se ha dado en todas las etapas de la historia de México. Existe evidencia arqueológica en códices, pinturas murales, instrumentos musicales encontrados, así como en las posteriores descripciones realizadas por los cronistas españoles, que permiten concluir que las antiguas culturas prehispánicas utilizaban los sonidos del ambiente natural, la música instrumental y las voces para fiestas y ritos de guerra religiosos.

Para los antiguos mexicanos el origen de los instrumentos musicales tenía raíces mitológicas y el sonido que emitían era sagrado. Los instrumentos eran considerados recipientes divinos de la voz de los dioses, por lo que les dedicaron un lugar especial en los templos y altares al lado de estatuas de los dioses de la música y la danza.

De los miles de códices prehispánicos, sabemos de dieciséis que sobrevivieron al exterminio europeo (Libura, 2005)<sup>33</sup>. Las figuras 1.2 y 1.3 pertenecen a dos de ellos.



Figura No. 1.2: Códice Borbónico  
Referencia: Extraído de “La música”  
(OCEANO, 2000A)<sup>34</sup>



Figura No. 1.3: Códice Borja  
Referencia: Extraído de “Los instrumentos  
prehispánicos” (Gómez Gómez, 2008)<sup>35</sup>

En el Códice Borbónico, página 4, Huehucóyotl aparece danzando, cantando y agitando una *ayacachtli*(a); sostiene además una flor(b). Sentada, Macuilxóchitl toca con las manos un *huéhuetl*, al tiempo que de su boca salen dos volutas seguidas por el signo del canto; formado éste por una gran voluta coronada en una flor (OCEANO, 2000A)<sup>34</sup>.

En el Códice Borgia, página 24, es *ozomantli* [mono] el undécimo signo de los días, donde un personaje divinizado con cabeza de tortuga y atributos de los dioses de la lluvia, toca el *tecciztli*(a) y el *huéhuatl*(b) (Gómez Gómez, 2008)<sup>35</sup>.

Por su naturaleza divina y por el conocimiento técnico que implicaba, se puede comprender que la enseñanza de la música era una actividad especializada. En la cultura mexicana el lugar para guardar los instrumentos era el *Mixcoacalli* [Casa de la serpiente de nubes], mientras que en el *Cuicacalli* [Casa del canto] era donde se instruía en la poesía, la danza y la música, como apunta la “Historia general de la Conquista de la Nueva España” de fray Bernardino de Sahagún.

Sobre aquel trío estético formado por la comunión entre poesía, danza y música, el antropólogo Jas Reuter identifica que los antiguos mexicanos se referían a éste como “*cuicatl*”. Además, afirma que los músicos constituían a un alto sacerdocio que estaba exento del pago de tributos (Reuter, 1980)<sup>36</sup>.

Los instrumentos prehispánicos que se conocen y que se conservan como piezas de museo pertenecieron a las culturas maya, mixteca, zapoteca, purépecha, olmeca, totonaca, mexicana, y antiguos grupos del noroeste. Esos instrumentos se pueden agrupar en dos conjuntos mayores: los de percusión y los aerófonos. Ejemplos de ellos son: timbal vertical *-huéhuatl-*, tambor horizontal *-teponaztli-*, sonaja hechas de calabazas *-ayacachtli-*, cascabel *-coyolli-*, laminillas de metal fijadas en una vara *-chicahuaztli-*, raspador de hueso *-omichicahuaztli-*, tambor hecho con el caparazón de la tortuga y tocado con astas de venado *-áyotl-*, silbato *-chichtli-*, ocarina *-huilacapitztli-*, flauta *-tlapitzalli-*, caracol marino *-quiquiztli-* y trompeta hecha con una concha, de madera o cobre *-tecciztli-*, entre otros.

Además, se tienen referencias sobre dos cordófonos: el llamado “arco musical” (Caballero Moreno, 1975)<sup>37</sup> y (Reuter, 1980)<sup>36</sup>, cuya existencia no se ha demostrado por falta de pruebas arqueológicas concluyentes; y el *chapareke*, un qurote de maguey curvo y provisto de clavijas que funciona como diapason para una a tres cuerdas metálicas, antiguamente fabricadas con tripas de zorros o gatos.

El *chapareke*, vínculo contemporáneo con una tradición antiquísima, ha perdurado gracias a músicos rarámuri como Antonio Camilo Bautista Jariz y Jesús Estrada Cancio. Este cordófono, revalorizado en los últimos años por el gobierno mexicano, tiene como característica particular que el ejecutante utiliza la cavidad bucal como caja de resonancia para poder, con la posición de lengua adecuada, modular el tono y la armonía producidos por el tañer de las cuerdas.

Se dice que este instrumento sirve para platicar con Dios, pedir alivio y estar contento; los ancianos rarámuri le llaman “la llave de Dios” y cuentan que antes de estar en desuso, era empleado en ritos y ceremonias asociados a la caza del venado y, en épocas más recientes, en actos de apoyo entre los habitantes de la comunidad, por ejemplo: el levantamiento de una casa o sembrar la tierra. Lamentablemente, hoy en día es poco conocido incluso por la mayoría de los jóvenes rarámuri quienes han mostrado un mayor interés por la guitarra (Breach Velducea, 2013)<sup>38</sup>.

En el caso del músico Antonio Camilo, la comunidad de la sierra tarahumara a la que pertenece lo conoce como “*owirúame*”, curandero o médico tradicional que toca cuando el enfermo “tiene susto” o “se le va el alma”. Este terapeuta del sonido, en gran medida ajeno al mundo moderno y sus costumbres, es lo que la UNESCO denomina un “tesoro humano vivo”. Aquel nombramiento se da a personas que encarnan, en grado máximo, las destrezas y técnicas necesarias para la manifestación de ciertos aspectos de la vida cultural de un pueblo y la perdurabilidad de su patrimonio cultural material. Por ello, las autoridades mexicanas lo condecoraron con el Premio Nacional de Ciencias y Artes 2012, en la categoría Tradiciones y Artes Populares.

La importancia del chapareke como manifestación cultural también es reconocida por autoridades locales del país, como es el caso del Museo de Arte Indígena Contemporáneo dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), donde se exhiben y conservan diferentes cordófonos. En Chihuahua, Antonio Camilo instruye a niños rarámuri sobre su elaboración y ejecución, pero pese a ese esfuerzo resulta probable que el destino de estos cordófonos sea convertirse en joyas de museos, tal como ha ocurrido con gran cantidad del patrimonio cultural tangible precolombino.

Un contraste sirve para ilustrar esta afirmación: al buscar el término “*chapareke*” en el motor de Google apenas existen 4 990 resultados (en 0,49[s]) y el buscador de YouTube hace referencia a un aproximado de 864 vídeos; mientras que al buscar “*electric guitar*” se obtuvieron 67 000 000 (en 0,68[s]) y un aproximado de 9 240 000 vídeos, respectivamente<sup>o</sup>.

Pero volviendo al análisis de los instrumentos usados por los pobladores del México prehispánico, se desprende que éstos conocieron y aplicaron diversas escalas tonales. A diferencia de civilizaciones como la griega y la china, las cuales basaron sus teorías musicales en escalas pentatónicas (de cinco notas); las civilizaciones prehispánicas llegaron a utilizar escalas diatónicas (de siete notas) y estaban familiarizadas con la polifonía y la microtonía. Incluso, intuyeron conceptos como el ruido rosa y el *glissando*.

El *glissando* es una técnica de interpretación musical con características acorde a cada instrumento, que consiste en cambiar rápidamente de un sonido a otro más grave o agudo sin perder los sonidos intermedios. Se le puede considerar un nombre formal para la técnica *slide*, utilizada principalmente por guitarristas.

Lamentablemente, a la fecha no conocemos si alguna de las culturas indígenas mencionadas fue capaz de elaborar un sistema de notación musical para poder transmitir y preservar sus composiciones. De existir, las evidencias se encuentran desaparecidas.

---

<sup>o</sup>Última vez consultados el 3 de Abril de 2017.

La importancia de la enseñanza musical en la época novohispana se puso de manifiesto inmediatamente después de la conquista material. Entre 1525 y 1526 se fundó el Imperial Colegio de Indios de la Santa Cruz de Santiago de Tlatelolco, donde la música era una materia formal. Además, a partir de 1538 se comenzó a enseñar a tocar la vihuela de arco (un antecesor de la guitarra). Así, la cultura de la Nueva España impuso el sello europeo en la música y la enseñanza. Los clérigos instruyeron a los indios con cantos religiosos y para 1711 se estrenó la primera ópera novohispana, “La Parténope”, escrita en español e italiano por Manuel de Sumaya (Caballero Moreno, 1975)<sup>37</sup>.

Para el antropólogo Jas Reuter, la música con elementos católicos (cantos, alabanzas, villancicos, versos para pedir posada, marchas, entre otros géneros) es señal clara del sincretismo religioso entre las culturas europeas y prehispánicas, donde en algunas ocasiones lo religioso desaparece para hacer prevalecer el humor y hasta la picardía. Al cancionero infantil y al son también los reconoce como géneros musicales mexicanos. El primero se conforma de los arrullos y cantos de nana, las canciones que se juegan, y las canciones infantiles (líricas y derivadas de canciones de adultos); mientras que al segundo lo considera el género musical más rico de México con variaciones por región (Reuter, 1980)<sup>36</sup>.

Se tiene identificadas: el “son huasteco” o “huapango” –de la región Huasteca, grandes partes de Tamaulipas, Hidalgo y Veracruz, así como porciones de Querétaro y Puebla –, tocado con violín, jarana de cinco cuerdas y guitarra quinta; el “son jarocho” –de Veracruz, con fuerte influencia de elementos africanos–, tocado con arpa, jarana de ocho cuerdas y requinto; el “son oaxaqueño” –de Oaxaca, con presencia en algunas partes de Chiapas y Tabasco–, tocado por bandas de metales o marimba; el “son guerrerense” –de Guerrero–, tocado con violín, jarana, guitarra sexta y cajón; el “son michoacano” –de Michoacán–, tocado con arpa grande, violín, vihuela de cinco cuerdas y guitarra; el “son jalisciense” –de Jalisco–, tocado (por conjuntos conocidos como “mariachi”) con violín, vihuela, guitarrón, arpa y metales; y “la jarana yucateca” –de Yucatán–, tocado con saxofones, clarinetes, trompeta y trombón.

En su descripción general lo identifica como: música profana y festiva, típicamente mestiza; estrechamente relacionada al baile de parejas y, salvo algunas figuras coreográficas, suelto; de longitud variable donde se combinan partes puramente instrumentales con partes cantadas; cuya poesía es invariablemente compuesta de coplas, es decir, pequeños poemas –generalmente amorosos y con frecuencia pícaros, donde abunda el doble sentido– que encierran dentro de sí una idea completa; y donde predomina la forma en que un cantante solista interpreta dos versos que luego son repetidos por el coro, o sea los otros músicos (de dos a seis integrantes) quienes suelen intervenir con toda clase de gritos, interjecciones y exclamaciones para animarse a sí mismos o a los danzantes.

También advierte que, durante la guerra de Independencia, la música de los liberales se gestó principalmente en el centro y el occidente del país, particularmente en la Ciudad de México y Guadalajara. Aquel género musical mexicano, el jarabe, se caracteriza según Reuter por estar relacionado al baile (de parejas y suelto) y por ser de carácter alegre, en donde hombre y mujer actúan los coqueteos amorosos muchas veces imitando los acercamientos de los animales. La estructura descrita para identificarlo es: una secuencia más o menos determinada en orden y número, ya sea por el aire que predomina en ella, o por varios aires –partes bien definidas, como: introducción, copla cantada, zapateado, descanso o paseo y final–, que corresponden a distintos estados de la República (jarabe michoacano, jarabe tlaxcalteca, jarabe jalisciense o largo o ranchero), a una zona geográfica (jarabe del valle –oaxaqueño–, jarabe pateño –coahuilense–, jarabe abajeño –guerrerense–), o a grupos étnicos (jarabe zapoteca y jarabe mixteca, ambos oaxaqueños).

En los primeros años del México independiente, el músico José Mariano Elizaga ayudó a constituir (en 1824) la primera Sociedad Filarmónica Mexicana y (en 1825) la Academia Filarmónica Mexicana, considerada el primer proyecto de un conservatorio en América Latina. El Estado mexicano continuó destinando progresivamente recursos a la educación musical pero los esfuerzos por cultivar la academia musical en México consistieron en importar los modelos de enseñanza estadounidense y europeos, en lugar de crear uno propio (Fernaund, 1983)<sup>39</sup>.

Décadas después, durante la época de la dictadura de Porfirio Díaz Mori, ocurrieron algunos eventos importantes para el tema que nos ocupa: la disolución de la Sociedad Filarmónica Mexicana, la nacionalización del CNM, y los inicios del cine en México. Respecto al último, existe una investigación documentada titulada “Los orígenes del cine en México (1896-1900)”. Aurelio de los Reyes realizó este trabajo como parte de su esfuerzo por definir al cine mexicano como un género fílmico, y lo considera una historia social vista a través del cine, durante los primeros cuatro años de su existencia en el país.

Desde el punto de vista ideológico, el enfoque cultural se centraba en Europa. Justo Sierra, uno de los intelectuales prominentes de la época, sintetizó la ideología eurocéntrica que prevalecía durante la época de Díaz, al sostener que “*el progreso de México dependía del mestizaje a través de los europeos. Más aún, estableció que por medio de la educación pública se debía aculturar a las etnias, erradicar sus lenguas y, con ello, crear la verdadera alma nacional*” (Cordero, 2015)<sup>40</sup>.

En aquel contexto los procesos mediáticos se volvieron un asunto de interés para los Estados nacionales, ya que las nuevas tecnologías audiovisuales podían ser usadas con fines ideológicos. Por ello, las autoridades en todo el mundo fortalecieron los mecanismos de regulación para garantizar que su uso correspondiera a los intereses y las políticas de Estado. Pero también hay que considerar que, al término de la dictadura, el escenario cultural y social se estaba transformando. Culturalmente, los movimientos de vanguardia comenzaron a ganar adeptos entre artistas e intelectuales, hasta desembocar en México con el Estridentismo, a fines de la década de 1920, y el muralismo años más adelante.

Socialmente se abría camino la sociedad de masas con demandas y necesidades que gestaron la primera revolución de masas: la Revolución Mexicana. El movimiento armado trajo consigo su propia forma musical para comunicar las noticias de orden político y militar, el llamado “corrido”. Según Jas Reuter,

“Surgido ya como género en la segunda mitad del siglo XIX, el corrido cumplía una función social perfectamente delimitada: era el periódico de los analfabetas, era el noticiero accesible en poblados alejados de los medios de comunicación más o menos rápidos, era en buena medida el formador de la opinión pública acerca de los acontecimientos nacionales”.

Sus elementos típicos son: la solicitud de permiso por parte del cantante para ofrecer su historia al público presente, la indicación de datos precisos (lugar de los acontecimientos, fecha y hasta hora) que otorgan verosimilitud a la narración, descripción de los protagonistas y sus acompañantes, invocaciones a la Virgen y a los santos, y, al final, la despedida, iniciada muchas veces con el verso “vuela, vuela, palomita” (Reuter, 1980)<sup>36</sup>.

En años recientes, el corrido mexicano sigue siendo formador de la opinión pública, particularmente en el norte de México y la frontera con EE.UU., pero ha adoptado un nuevo paradigma. El canto transmite vida y hazañas de los narcotraficantes en forma de los llamados “narcocorridos” o “corridos prohibidos”. Por medio de letras usualmente violentas y de lenguaje altisonante, los protagonistas (criminales perseguidos por los gobiernos de diferentes países) buscan inmortalizarse a través de la cultura popular como personajes valientes, aguerridos, ricos y poderosos.

En México, las políticas públicas priorizaron el desarrollo y la educación tecnológica por encima de la educación musical, que con los años fue sumando reconocimiento como un asunto de interés nacional, razón por la cual se desarrollaron los siguientes eventos: la creación (en 1915) de la Dirección General de Bellas Artes, transformada (en 1946) en el INBA; la creación (en 1928) de la Orquesta Sinfónica Mexicana (OCEANO, 2000A)<sup>34</sup>, y su transición (en 1929) a Orquesta Sinfónica de México (Femaud, 1983)<sup>39</sup>; y la creación (en 1929) de la ENM UNAM (Caballero Moreno, 1975)<sup>37</sup>. Sin embargo, durante aquellos años, el Estado puso mayor atención en otro asunto interés internacional: la radiodifusión.

Desde principios del siglo XXI, los sistemas de radiodifusión fueron expandiéndose en el territorio nacional. En 1924, a sólo tres años de su fundación, la SEP comenzó a transmitir su señal de radio y, con ello, el proceso educativo y el uso de telecomunicaciones quedaron vinculados. Pero fue hasta 1926 que se promulgó la Ley de Comunicaciones Eléctricas, primer marco jurídico para reglamentar al entonces llamado “medio invisible” (OCEANO, 2000B)<sup>41</sup>.

Con la adopción de la radio, México asumió un papel líder en materia de comunicaciones entre los países de Latinoamérica. Por primera vez, poblaciones alejadas geográficamente pudieron escuchar los cánticos tradicionales en diversos géneros musicales, como: los himnos, las rancheras, los boleros, las estudiantinas, la trova, entre otros; que según el caso, los intérpretes podían ser una o cientos de personas. Algo interesante al respecto es la temática variada de las canciones, las cuales pueden ser sobre: religión, patriotismo, amores y despechos, borracheras, lágrimas y desplantes, hasta política y activismo social. Éstas se transmiten de generación en generación, usualmente en fiestas y demás tipo de reuniones sociales, como manifestaciones culturales de la personalidad alegre, festiva, aguerrida, romántica e, incluso, dramática del mexicano (Reuter, 1980)<sup>36</sup>.

Eventualmente, para 1949, los empresarios pioneros en radiodifusión Emilio y Raúl Azcárraga Vidaurreta invirtieron en otra tecnología que revolucionó la comunicación humana: la televisión. Sus nexos con funcionarios del partido político PNR (antecesor del PRI) y la prensa fueron decisivos para articular un monopolio de comunicaciones que, a partir de la década de 1970, se conoce como Televisa.

Cabe señalar que esa empresa sigue siendo un actor que ejerce gran influencia en el escenario político nacional. De hecho, sus expertos en la materia participaron activamente en el diseño del nuevo marco jurídico en telecomunicaciones y radiodifusión aprobado en el 2014, a través del foro de análisis sobre las leyes secundarias organizado por las Comisiones Unidas de Comunicaciones y Transportes; Radio, Televisión y Cinematografía y Estudios Legislativos del Senado de la República. Sobre estas reformas jurídicas se profundizará más adelante.

Para explotar las ventajas que ofrece la televisión en materia educativa, en 1968 la SEP puso en operación la Telesecundaria dando origen al proyecto que desde 1994 se conoce como Red EDUSAT. Éste constituye un importante precedente en el uso de TIC en la educación a distancia, pues transmite diariamente dieciséis canales de televisión hacia 36 498 puntos o centros de recepción satelital, de los cuales más del 50% están destinados al nivel de Telesecundaria. El resto se distribuyen entre las escuelas de educación básica, media superior y superior, centros de maestros y centros culturales, entre otros (DGTVE, 2015)<sup>42</sup>.

Siete de los nueve canales de Televisión Educativa cuentan con programación propia (11, 12, 14, 17, 21, 24 y 27) y otro es para transmisiones especiales (26). El ILCE tiene a su cargo cuatro canales (13, 15, 16 y 18), mientras que CONACULTA, el Congreso y la UNAM cuentan cada uno con su respectivo canal (23, 25 y 28). También se transmiten los canales de radio: Radio Educación (22), IMER (15) y Radio UNAM (28).

El esfuerzo de la SEP por integrar a las TIC en la educación básica ha contado con el apoyo de: empresas, como el Equipo Galileo (antes Fundación Arturo Rosenblueth); organismos, como el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE); universidades, como la Universidad Pedagógica Nacional (UPN); centros de investigación, como el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV IPN); entre otras instituciones. Al respecto, la pedagoga Beatriz Morales Cruz de la FFyL UNAM hace referencia a los siguientes proyectos, programas y modelos (Morales Cruz, 2014)<sup>43</sup>.

1. El proyecto Galileo, desde 1983, para el uso de simuladores como apoyo didáctico. El Equipo Galileo hace público a través de su sitio Web, que los *software* que dieron vida al proyecto fueron creados usando una microcomputadora Commodore con memoria de 4[kb] (Equipo Galileo, 2015)<sup>44</sup>.
2. El proyecto Computación Electrónica en la Educación Básica (COEEBA-SEP), desde 1985 hasta 1991, que consistió en el equipamiento de computadoras para aplicar un modelo pedagógico específico.
3. El programa Red Escolar, desde 1996, que dota a escuelas públicas del nivel básico con infraestructura de cómputo y telecomunicaciones para promover el uso de Internet y EDUSAT. Además, se encarga del diseño de contenidos para alumnos, docentes y directivos.
4. Los modelos Enseñanza de las Matemáticas con Tecnología (EMAT) y Enseñanza de la Física con Tecnología (EFIT), desde 1997, para la transformación de las prácticas y la interacción social en el aula.
5. El proyecto Secundarias del Siglo XXI (SEC-21), desde 1999, que buscó potencializar Red Escolar y Red EDUSAT dotando a escuelas públicas con un aula de medios, calculadoras graficadoras, libros, CD's, simuladores, entre otros recursos.
6. Los modelos Enseñanza de la Ciencia con Tecnología (ECIT) y Enseñanza de las Ciencias a través de Modelos Matemáticos (ECAMM), desde 2006, sustentados en los mismos principios que EMAT y EFIT.
7. El programa Enciclomedia, de 2004 a 2008, que consistió en equipar con tecnología digital todas las aulas públicas de 5° y 6° grados, y fracasó por errores de diseño, el analfabetismo digital de los gobernantes, y una tremenda corrupción. Lo anterior según las declaraciones de Daniel Rodríguez (entonces programador del ILCE dentro del proyecto) y la Auditoría Superior de la Federación (ASF), publicadas por La Jomada (García Hemández, 2011)<sup>45</sup>.



8. El programa Habilidades Digitales para Todos (HDT), desde 2009 hasta 2014, que buscó impulsar el desarrollo y la utilización de TIC en el sistema educativo para apoyar el aprendizaje de los estudiantes, ampliar sus competencias para la vida y favorecer su inserción en la sociedad del conocimiento. En ese sentido, el logro de las habilidades digitales depende, por un lado, de que los individuos utilicen de forma regular las TIC y, por el otro, en el ámbito educativo, que el uso esté ligado a tareas y actividades ligadas al currículo (SEP, 2011B)<sup>46</sup>.
9. Los programas MiCompu.MX y Programa de Inclusión y Alfabetización Digital (PIAD), desde 2014, que han recibido apoyo federal para entregar dotaciones de computadoras portátiles y tabletas, respectivamente, precargadas con diferentes *software* educativos. Inicialmente aplicados en Tabasco, Colima y Sonora, y actualmente extendidos a la Ciudad de México, Estado de México, Querétaro, Morelos, Puebla y Guanajuato; benefician a alumnos y profesores de 5° y 6° grados en escuelas primarias públicas.
10. Hasta el reciente programa @prende 2.0, desde finales de 2016, una alianza entre gobierno, asociaciones civiles, empresas de tecnología, proveedores de servicios de telecomunicaciones y desarrolladores de contenidos educativos.

Por su parte, la UNAM cuenta con un Comité de Computación que pertenece al Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y las Ingenierías (CAACFMI UNAM). En éste, académicos y alumnos representantes de las carreras Ingeniería en Computación (campus CU), Ciencias de la Computación (campus CU), Ingeniería en Computación (campus FES Aragón) y Matemáticas Aplicadas y Computación (campus FES Acatlán); se reúnen bajo la dirección de Silvia Torres Castilleja<sup>p</sup>.

En 1929, una huelga estudiantil consiguió la autonomía de la Universidad Nacional de México y, con ello, la inclusión de los estudiantes en las sesiones del Consejo Universitario (UNAM, 2004)<sup>47</sup>. Ahora, los Comités Académicos de Carrera en la UNAM son órganos colegiados asesores de los Consejos Académicos de Área. Su objetivo es fortalecer el desarrollo de licenciaturas similares y afines que se imparten en distintas entidades académicas de la Universidad con diferentes planes de estudio, planta académica e infraestructura disponible. Los Comités tienen carácter de comisiones especiales del CAACFMI, y son propositivos en aspectos de planeación, evaluación y vinculación académicas entre las entidades que en ellos participan.

---

<sup>p</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

En sus sesiones, el Comité al que nos referimos discute asuntos de interés común para las diferentes carreras de la UNAM afines a temas sobre computación, menos Informática de la FCA UNAM. Gracias al intercambio entre sus participantes, durante las reuniones a las que se acudió representando a los alumnos de la carrera Ingeniería en Computación (campus CU), se pudieron trazar estrategias para la actualización de los planes de estudio, la publicación de perfiles de ingreso y egreso ante el Consejo Universitario, las certificaciones de calidad (como CACEI) para instituciones educativas, la vinculación con empresas de tecnología (como IBM, HP, CISCO, Huawei, Intel, Oracle, entre otras); hasta el génesis de un proyecto (dirigido por una productora de televisión profesional) para elaborar un vídeo con el fin de atraer estudiantes del nivel medio superior que estén interesados en alguna (o varias) de las carreras mencionadas, y que quieran conocer sobre las diferencias y posibilidades a futuro en cada una. A pesar de todos estos avances, el estudio de la tecnología MIDI sigue sin considerarse dentro de ninguno de los planes de estudio.

Por más de tres décadas las autoridades mexicanas han trabajado en diversos esfuerzos para incorporar el uso de TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en todos los niveles educativos. Durante este periodo de reconversión tecnológica, el empresario Carlos Slim Helú<sup>9</sup> se ha posicionado como una figura influyente a nivel mundial en el negocio de las telecomunicaciones. En 1990 ocurrió el evento determinante para su éxito cuando el entonces Presidente de la República, Carlos Salinas de Gortari, privatizó Teléfonos de México S.A.B. de C.V, una empresa estatal fundada en 1947 y mejor conocida como TELMEX (Nowandnext.com, 2008)<sup>48</sup>.

Aquella medida neoliberal priísta dispuso el escenario para que México tenga su propio “señor en la nube”, término acuñado por Jaron Lanier para referir a los agentes políticos y económicos que han alcanzado gran poder debido a que dominan nubes de información que canalizan los pensamientos de la “mente colmena”, la cual alimenta a la noosfera (Lanier, 2011)<sup>8</sup>.

Tan sólo cinco años después, en 1995, TELMEX adquirió la empresa Prodigy para operar como proveedor de navegación en la Web mediante conexiones DSL. Así, Internet en el hogar se convirtió en una realidad en las principales ciudades mexicanas para las familias con mayor ingreso. Por su parte, Slim (insaciable hombre de negocios) continúa demostrando interés no sólo en poseer nubes de información sino también en participar de manera activa en proyectos que promueven la adopción masiva de tecnología digital.

Desde el punto de vista educativo, la igualdad y la inclusión son principios que rigen a las sociedades democráticas. La primera implica dar el mismo trato y oportunidad a todos, y gracias a la segunda se deben ofrecer servicios educativos a personas con discapacidad, por alguna causa de índole social, cultural, de desigualdad de género y/o económica. En ese sentido, TELMEX ha gestado, durante los últimos años, un evento de inclusión digital muy importante en el zócalo de la Ciudad de México.

---

<sup>9</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

De hecho, en 2014, la Aldea Digital TELMEX obtuvo el récord Guinness al ser reconocida como el evento de inclusión digital más grande en el mundo, al que asistieron 258 896 personas (52% hombres y 48% mujeres), lo cual sorprendió incluso a especialistas en tecnología como Steve Wozniak, Yin Lou, Roberto Petty, entre otros. Algunos de los logros técnicos alcanzados fueron: establecer una red de datos con velocidad de transmisión de 100[Gb/s], ofrecer conectividad a 104 662 equipos inalámbricos y realizar 49 237 escaneos de información virtual al mundo real a través de la aplicación Realidad Aumentada en Infinitum (TELMEX, 2015)<sup>49</sup>.

En 2015, la empresa volvió a realizar el evento y reportó: 400 524 asistentes (52 % hombres y 48% mujeres), cuyas edades variaron entre los tres y los noventa y cuatro años. Los capitalinos representaron el 55% de la población, mientras que el otro 45% correspondió a personas del resto del país. Además, se lograron impartir más de treinta talleres, desde “Mi primer acercamiento a la computadora” hasta “Animación en tercera dimensión”; y el programa “Capacítate para el empleo” fue utilizado (en menos de ocho horas) por 2 409 personas en alguno de los módulos de lo más de cuarenta oficios que ofrece. De esa manera, TELMEX y Fundación Carlos Slim continúan fortaleciendo a su “Programa de Educación y Cultura Digital” que se extiende por todo el país.

También de extrema importancia para el futuro de la tecnología digital y de la tecnología del sonido en México, es la labor realizada por la Fonoteca Nacional. Creada en 2001 como parte del Programa Nacional de Cultura 2000–2006, esta institución pública forma parte del Consejo de CONACULTA y en 2008 comenzó operaciones dirigidas a: 1) rescatar y preservar el patrimonio sonoro del país, 2) dar a conocer el acervo sonoro que resguarda, 3) realizar actividades académicas, artísticas y culturales relacionadas con el sonido, 4) fomentar una cultura de la escucha entre la población y 5) estimular la creación y experimentación artística sonora.

En 2014, la Fonoteca Nacional de México reportaba contar con 439 936 soportes sonoros, 360 853 documentos catalogados y 65 273 horas digitalizadas para el acceso (SEP y CONACULTA, 2014A)<sup>23</sup>. Además, ya estaban activos el programa estratégico Red Virtual de Audioteclas (RVA), que permite instalar estaciones remotas de escucha para la consulta de los acervos digitalizados en cualquier otro sitio del país; y el mapa sonoro de la República mexicana, un *software* disponible a través de su sitio Web.

Surgido en 2001 como un espacio donde, desde México y hacia el mundo, se reflexiona sobre la salvaguarda del patrimonio sonoro y audiovisual universal; la sexta edición del Seminario Internacional de Archivos Sonoros y Audiovisuales tuvo lugar en esta institución mexicana. Las preguntas primordiales fueron: “¿conservar para qué, para quién?”, buscando clarificar qué hacer con lo ya digitalizado y el papel de las nuevas tecnologías en la difusión de esos materiales en beneficio de públicos cada vez mayores (SEP y CONACULTA, 2014B)<sup>50</sup>.

En una de sus siete mesas de debate, moderada por Amira Arratia, el tema fue “El almacenamiento digital: criterios y políticas para garantizar la permanencia de los datos y de la media largo plazo”. Se contó con la participación de Richard Wright, Stefano Cavaglieri, Peter Bubestinger, Arturo Jiménez Vela y Jean-Christophe Kummer, quienes (durante noventa minutos) hablaron sobre: el uso de repositorios digitales de confianza y de *software* libre, como recursos para la implementación y el mantenimiento de acervos de audio y vídeo digital; las soluciones creadas por la empresa Nova Audio para asistir las operaciones de la Mediateca de Austria y la Fonoteca Nacional de México; los problemas humanos en la preservación de acervos, entre algunas propuestas y experiencias en materia de planeación y seguridad de sistemas de almacenamiento digital que en años recientes se utilizan para salvaguardar patrimonio cultural<sup>f</sup>.

Vale la pena añadir que, al término del debate, a los asistentes se les hizo entrega de ejemplares impresos de la “Norma Mexicana de Catalogación de Documentos Fonográficos” y la “Norma Mexicana de Catalogación de Acervos Videográficos”, publicados en 2008 por el Comité Técnico de Normalización Nacional de Documentación (CONTENNDOC), junto con la URL del repositorio donde en aquel entonces era posible conseguir la versión actualizada.

Otra institución de CONACULTA es el Centro de Cultura Digital. Inaugurado en 2012 como un espacio multifuncional y multidisciplinario, se dedica a investigar las implicaciones culturales, sociales y económicas del uso cotidiano de la tecnología digital. Está enfocado a jóvenes consumidores y productores de contenido digital, así como creadores interesados en la producción transdisciplinaria, a través de un programa cuyos ejes de trabajo son: la inclusión, la generación de contenidos y el emprendimiento.

Es claro que las autoridades y el pueblo en el México contemporáneo están interesados en que la tecnología digital continúe penetrando en los más diversos ámbitos. En los últimos dos años se han realizado cambios jurídicos que comprometen su futuro en el país, lo cual permite pensar en valernos del anclaje de MIDI para extender la educación musical. El Estado ya reconoce a la educación en TIC como fundamental y, por lo mismo, destina recursos para extenderla. En MIDI existe una ventana de oportunidad para que sea capaz de asumir el compromiso de la educación musical con los alumnos de la educación básica.

El 2 de diciembre de 2012, un día después de asumir el cargo como Ejecutivo Federal, Enrique Peña Nieto y los dirigentes de los partidos políticos PRI, PAN, PRD y PVEM firmaron el “Pacto por México”. Con ello se dio inicio al proceso mediante el cual se redefinió la política del Estado mexicano para el crecimiento económico, el empleo y la competitividad.

---

<sup>f</sup>Sobre la moderadora y los participantes, vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

El crecimiento esperado fue de 5% hasta alcanzar más del 25% del PIB en inversión e incrementar la productividad de la misma. Para lograrlo, se establecieron los siguientes acuerdos para los cuales se ejecutaron nueve reformas.

1. Extender los beneficios de una economía formada por mercados competitivos.
2. Garantizar acceso equitativo a telecomunicaciones de clase mundial.

En ese sentido, el 11 de marzo de 2013, los Partidos firmantes y el Ejecutivo Federal presentaron una Iniciativa de Decreto para reformar y adicionar diversas disposiciones a la Constitución Política en materia de telecomunicaciones y radiodifusión pública. Considerando al acceso a estos servicios y a TIC como actividades de la mayor importancia para el desarrollo económico de cualquier país, e instrumentos que hacen realidad los derechos fundamentales de las personas, el objetivo de la iniciativa fue: garantizar la libertad de expresión y de difusión, y el derecho a la información, así como el derecho de acceso efectivo y de calidad a TIC y a los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, incluido el de banda ancha.

Se propuso la creación de dos órganos reguladores con autonomía constitucional: el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), encargado de asegurar el desarrollo eficiente de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión; y la Comisión de Competencia Económica (CCE), encargada de asegurar condiciones de competencia y libre concurrencia, tanto en ambos sectores, como en la actividad económica en general.

La realización de estos cambios obedeció al interés del Estado por cerrar tres brechas que afectan al potencial real de competitividad en México, las cuales son: i) en el desarrollo competitivo de un mercado concentrado, expresado en tasas de crecimiento y penetración de los servicios por debajo de lo que requiere una economía dinámica e incluyente; ii) de acceso a la infraestructura de banda ancha, expresado en un inadecuado despliegue de redes avanzadas por todo el territorio nacional que benefician principalmente a las poblaciones urbanas y de mayores recursos; y iii) de apropiación, que se expresa como el analfabetismo digital del siglo XXI.

En efecto, el estudio sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México realizado por la OCDE en 2012, concluyó que “el desempeño insatisfactorio de la industria de telecomunicaciones en México es consecuencia de la inflexible conducta del operador incumbente de telefonía fija y móvil con considerable poder de mercado, así como de un sistema jurídico disfuncional que promueve una industria ineficiente, que no es atractiva para la formación de alianzas internacionales y, por lo mismo, resulta dañina para el potencial económico del país.” (OCDE, 2012)<sup>51</sup>.

Así entonces, el 8 de marzo de 2013, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) hizo las siguientes consideraciones en su dictamen de impacto presupuestario:

- La creación del IFT y del CCE se cubrirá con la transferencia de los recursos de los órganos desconcentrados Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) y Comisión Federal de Competencia (CFC), respectivamente. Así mismo, la creación de un organismo público que tendrá por objeto proveer el servicio de radiodifusión sin fines de lucro, que será constituido con los recursos del organismo descentralizado denominado Organismo Promotor de Medios Audiovisuales (OPMA), actualmente sectorizado en la Secretaría de Gobernación (SEGOB).
- Para la cesión total de la concesión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) a Telecomunicaciones de México para instalar, operar y explotar una red pública de telecomunicaciones, CFE le transferirá todos los recursos y equipos necesarios con la excepción de la fibra óptica, derechos de vía, torres, postería, edificios e instalaciones que quedarán a cargo de la CFE.
- No se establece destino específico de gasto público.
- No requiere el establecimiento de nuevas atribuciones ni actividades que deberán realizar las dependencias o entidades bajo su coordinación, que requieran de mayores asignaciones presupuestarias para llevarlas a cabo.
- No requiere la inclusión de disposiciones general que incidan en la regulación en materia presupuestaria.

Menos de un año después, en enero de 2014, el Senado de la República convocó a las Comisiones Unidas de Puntos Constitucionales; de Comunicaciones y Transportes; de Radio, Televisión y Cinematografía; y de Estudios Legislativos, con el fin de reformar y adicionar diversas disposiciones de los artículos 6º, 7º, 27º, 28º, 73º, 78º, 94º y 105º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de telecomunicaciones.

Algunos de los agentes que proporcionaron información a los legisladores durante aquel proceso fueron: la Asociación Mexicana de Derecho a la Información, la *Competitive Intelligence Unit* (CIU) [Unidad de Inteligencia Competitiva], Radio Independiente de México, la Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI), la Asociación Iberoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones (AHCJET), la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI), A Favor de lo Mejor, y el Consejo Consultivo de Pueblos Indígenas y Afromexicano del Estado de Oaxaca.

Desde la Iniciativa de Decreto, los internautas se manifestaron en contra de la rectoría del Estado mexicano en la administración del espectro radioeléctrico, los recursos orbitales, las redes de telecomunicaciones, los servicios públicos de interés general de telecomunicaciones y radiodifusión. El movimiento civil en contra fue apoyado por expertos en tecnología digital, como Richard Stallman<sup>8</sup>, Jacob Appelbaum, así como personal de La Quadrature du Net y la Electric Frontier Foundation, entre otros, y derivó en la creación de la organización #DefenderInternet (#DEFENDERINTERNET, 2014)<sup>52</sup>.

Sin embargo, el 14 de julio de 2014, en el Diario Oficial de la Federación se publicaron la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano (SEGOB, 2014)<sup>53</sup>. A partir de entonces se inició la reconversión por lo que hay que continuar atentos para ver cómo evoluciona la implementación de la reforma en la práctica.

## 1.2. Fundamentos científicos y musicales

El fenómeno musical impone a los tecnólogos la profundización en el estudio del sonido, las vibraciones, los tipos de audio (analógico y digital), la conversión A/D de señales y, por supuesto, de la teoría musical. Entre las publicaciones que se tomaron en cuenta para esta investigación hay que hacer mención especial a “*Science and Music*” [Ciencia y Música] (Jeans, 1981)<sup>20</sup> y “*The Theory and Technique of Electronic Music*” [Teoría y Técnica de la Música Electrónica] (Puckette, 2006)<sup>54</sup>. La primera es un buen compendio de los aspectos fundamentales sobre la ciencia del sonido, y la otra sobre la música electrónica utilizando computadoras.

En lo que refiere a la teoría musical se tomó como referencia la perspectiva que da la obra “Teoría de la Música” (Moncada García, 1995)<sup>19</sup>, considerando que: 1) es congruente con la visión de los físicos e ingenieros en tomo a señales acústicas, y 2) en 1965, el Comité Técnico del CNM decidió adoptarla como el material de consulta para la materia de solfeo, es decir se volvió el libro de texto para la enseñanza de la lectura musical, por lo que, quizás, actualmente sea la teoría musical más extendida en México. Ahora, la obra se sigue imprimiendo, se vende en librerías, tiendas de instrumentos, de arte, y es un referente de consulta en los programas de iniciación musical tanto de la ESM INBA, como de la FaM UNAM.

Consideramos necesario recordar que: al estar relacionado con el arte, el concepto “sonido musical” queda exento de una definición absoluta. De hecho, existen otros sistemas musicales basados en teorías claramente revolucionarias, como es el caso de: la “Música Universal” de Hermeto Pascoal o el “Sonido 13” de Julián Carrillo Trujillo, músico mexicano del siglo XX cuyo ideal fue “que la humanidad sepa escribir y leer música tan fácilmente como se escribe una carta o se lee un periódico” (Sonido 13 Web Oficial, 2015)<sup>55</sup>.

---

<sup>8</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

Para Victor L. Wooten, por ejemplo, el sonido musical involucra más aspectos que los cuatro señalados por Moncada García (altura, intensidad, timbre y duración), sobre los cuales se abundará más adelante. En pos del desarrollo de una conciencia espiritual que permita a las personas tener una mejor relación con su entorno (incluida la naturaleza), la teoría de Wooten, exitoso cordofonista, apunta a diez elementos cuyo estudio permiten estar en comunión con la esencia misma de Música. Estos son: el *groove*, las notas, la articulación/duración, la técnica, la emoción/sentimiento, las dinámicas, el ritmo/tiempo, el tono, el fraseo, el espacio/descanso, la escucha, el ¿sueño?.. (Wooten, 2006)<sup>56</sup>.

La teoría de Moncada García reconoce a la melodía, la armonía y el ritmo como los principales elementos musicales. Y aunque esta perspectiva domina entre académicos, no debe considerarse la única forma para describir a Música. Por ello, sea el lector cuidadoso de no limitar su visión con las siguientes páginas, que por la naturaleza de este trabajo son de carácter científico. En lugar de ello, se recomienda profundizar a través de otras investigaciones, con el fin de que revolucione nuestro quehacer musical y tecnológico.

Otro ejemplo del interés por relacionarnos musicalmente con la naturaleza es la tecnología de Ariel Guzik. Durante más de veinticinco años, este investigador mexicano ha dirigido los esfuerzos del LIREN para desarrollar las siguientes interfaces musicales: espejo de Plasmah, chispómetro, resonador armónico de cuarzo, resonador espectral armónico de viento, resonador espectral armónico de Sol, banda nerviosa autómatas, subarmonio canoide, olla de grillos y cigarras, laúd Plasmah, cápsula Nereida, entre otras. Los diseños de estas máquinas oscilan entre el pensamiento científico y la ciencia ficción, y buscan propiciar la expansión de la conciencia humana mediante la exploración musical de fenómenos naturales como la radiación solar, el canto de plantas y cetáceos, entre otros (Guzik, 2013)<sup>57</sup>.

Así, en un casi total secretismo dentro del territorio nacional pese a tener reconocimiento en el extranjero, Guzik y sus colaboradores hacen loables esfuerzos por humanizar la tecnología a la vez que amplían la riqueza musical del mundo.

En ese sentido, un reto para los tecnólogos es encontrar teorías musicales que, además de ser técnica y económicamente explotables, expandan las capacidades de la naturaleza para la construcción de entornos creativos que permitan el intercambio de ideas y emociones. Teorías que nos encaminen a hacer TIC más humanas, en lugar de transformarnos a nosotros mismos para operar nuestras máquinas de forma más eficiente. Después de esta importante reflexión, adentrémonos en la visión del sonido musical propia de nuestra investigación.

Se inicia reflexionando sobre la física de ondas, de acuerdo con teoría sobre óptica, para poder explicar la superposición de sonidos y el caso concreto que corresponde a las notas del sistema musical temperado. Después, se profundiza sobre las cualidades de los sonidos musicales, así como sus equivalentes en la música electrónica y MIDI. Finalmente, se introducen conceptos mínimos sobre los archivos de audio digital que sirven para distinguirlos de los archivos MIDI.



Todo esto con el fin de comprender mejor sobre el funcionamiento del transductor Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit, una tecnología poco accesible en México pero con popularidad creciente entre guitarristas interesados en realizar síntesis de sonido y/o control MIDI.

El término transductor se utiliza para referir a todo dispositivo capaz de convertir una magnitud física en otra, es decir, una tecnología que sirve para obtener el equivalente de alguna manifestación física que podamos medir. En el caso del dispositivo de Roland, se trata de una pastilla (micrófono) para guitarra eléctrica capaz de digitalizar el sonido producido por las vibraciones mecánicas de cada cuerda del instrumento.

Descrito por el fabricante, el funcionamiento es similar al de una pastilla para guitarra eléctrica convencional, que sirve para obtener un equivalente electromagnético de las vibraciones mecánicas producidas por el tañer de las cuerdas. Lo novedoso en este sistema es que se obtiene una señal por cada cuerda, cuyos equivalentes digitales pueden transferirse a un dispositivo secundario compatible con MIDI.

### **1.2.1. Definición de sonido musical**

Como ya mencionamos, la solución que hemos propuesto para adaptar MIDI a una guitarra eléctrica parte del uso del transductor Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit. Para mayor comprensión sobre el funcionamiento de ambas tecnologías, en las siguientes páginas hemos asociado elementos de teoría de ondas, teoría de acústica, teoría musical, así como referencias prácticas de expertos interdisciplinarios en temas relacionados con el sonido y las computadoras.

La llamada “pastilla hexafónica” de Roland permite obtener un equivalente digital de los sonidos emitidos por cada una de las seis cuerdas de una guitarra eléctrica. Estas señales digitales pueden transmitirse, utilizando un Roland 13-Pin Cable, del transductor a un dispositivo secundario responsable de sintetizar sonido y/o realizar control MIDI.

La descripción matemática de la física del sonido permite entender la forma lógica en que funciona el transductor. Por añadidura, la descripción de las ecuaciones se constituye en un marco para que diferentes ingenierías dispongan de un modelo común para el tratamiento de los fenómenos ondulatorios. Por ello, esta parte de la investigación sirve como un sistema de referencia para estudiar el perfil de cualquier curva, que será considerada como musical si tiene forma regular.

¿Por qué ondas de forma regular? La teoría musical de Francisco García Moncada, que desde 1965 es un referente para la enseñanza en las principales instituciones de arte sonoro en México, establece que las notas musicales corresponden a vibraciones con forma regular. En particular, las notas que corresponden a un sistema de construcción de instrumentos musicales conocido como temperado, el cual sirvió como marco de referencia para Dave Smith cuando diseñó MIDI. Después se profundizará al respecto, primero es necesario reflexionar más sobre el sonido en términos físicos.

### 1.2.1.1. Movimiento ondulatorio y sonido

De acuerdo con Eugene Hecht, los sonidos son resultado de vibraciones que pueden ser descritas como ondas progresivas que actúan como perturbaciones del medio en el cual se propagan. Así, es posible entender a una onda viajera clásica como una perturbación autónoma de un medio, que se mueve en el espacio transportando energía e impulso. Nos inclinamos a imaginarla de manera ideal como una entidad continua que existe en un área extendida, pero en el análisis de ondas reales, como las ondas en una cuerda, se observan fenómenos mixtos compuestos por un elevado número de partículas que se mueven conjuntamente (Hecht, 2000)<sup>58</sup>.

El medio que soporta dichas ondas es atómico, es decir, material particulado; por lo tanto, las ondas no son entidades continuas en sí ni de sí mismas. La única excepción posible sería la onda electromagnética, que de acuerdo con la teoría clásica de la física se supone como una entidad continua que sirve de modelo para la noción misma de onda distinta a la partícula.

En este punto es posible distinguir entre los dos tipos de ondas que existen: las ondas longitudinales y las ondas transversales. Las ondas sonoras son buen ejemplo del primer tipo, donde el medio se desplaza en la dirección en que éstas se mueven. Ejemplos del segundo tipo son las ondas en una cuerda o las electromagnéticas, donde el medio se desplaza en dirección perpendicular a la de sus movimientos. En todos los casos, si bien la perturbación que transporta energía avanza en el medio, los átomos individuales que participan en ello permanecen cerca de sus posiciones de equilibrio: la perturbación avanza pero no el medio material. Aquella característica distingue a una onda de un flujo de partículas, y es esta propiedad la que permite propagación de ondas a velocidades muy elevadas.

Un miembro del MTG UPF describe cómo las ondas sonoras se propagan en el espacio formando invisibles esferas centradas en un objeto que oscila. Por efecto de su movimiento, el cuerpo desplaza el aire que lo rodea, comprimiendo y descomprimiendo periódicamente las moléculas que lo integran y modificando por consiguiente la presión del aire de forma periódica. Dado que las moléculas desplazadas van empujando a las contiguas, la variación periódica de la presión se propaga en forma de onda que al ser captada por el oído será interpretada por el cerebro como sonido. Por ello, la presión constante equivale al silencio absoluto (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

Además, Jordà Puig también describe cómo cuando las ondas sonoras encuentran un obstáculo, parte de las moléculas que las componen son absorbidas por el material, mientras que las restantes son reflejadas. Este fenómeno origina que en la mayoría de los casos, lo que llega al oído sea una suma del sonido directo combinado con múltiples reflexiones suyas, ligeramente retardadas. El tiempo de estos retardos será proporcional a la distancia adicional recorrida, teniendo en cuenta que la velocidad del sonido en el aire es, aproximadamente, 344[m/s].

Las referencias concuerdan en que, por convención, el intervalo de frecuencias de vibración audibles para el oído humano promedio se ha fijado entre los 20 y 20 000[Hz]. En esta investigación mantenemos esa suposición como válida, y no entraremos en detalles sobre el proceso cognitivo que se produce cuando el oído detecta sonidos que, a su vez, el cerebro interpreta como Música.

Sin duda, escuchar es una actividad determinante para la supervivencia de las especies. Por motivos de extensión, en esta investigación no se incluye información al respecto y se le reconoce como otro de los retos abiertos en el estudio de la tecnología musical. En opinión del autor, aquel campo de estudio donde se interceptan Música, Neurociencia y Salud, es uno de los más desafiantes para los futuros tecnólogos de la FI UNAM.

Volviendo a nuestra definición, hemos dejado claro que nuestro estudio del sonido parte de lo que señala teoría sobre óptica. Así entonces, procede presentar un sistema mediante el cual es posible obtener el perfil de cualquier onda en una dimensión, sea cual sea el origen de la perturbación que viaja a través del medio físico.

### 1.2.1.2. Deducción de la ecuación diferencial de onda unidimensional

A continuación el modelo diferencial de Hecht, mediante el cual es posible obtener el perfil de cualquier onda en una dimensión, para que el lector pueda comprender más sobre el funcionamiento del sistema Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit y otras tecnologías también diseñadas para reconocer y digitalizar vibraciones.

Así entonces, sea  $\psi$  una perturbación que viaja en la dirección positiva de  $x$  con una velocidad constante. Dado que la perturbación está en movimiento, se trata de una función dependiente tanto de la posición como del tiempo, lo cual queda representado como:

$$\psi = f(x, t) \quad [1.1]$$

La forma de la perturbación en cualquier instante se puede encontrar si se mantiene constante el tiempo en ese valor. Por ejemplo, para  $t=0$  se tiene que

$$\psi(x,t)|_{t=0} = f(x, 0) = f(x) \quad [1.2]$$

El procedimiento es semejante a tomar una “fotografía” en el dominio de la frecuencia, es decir, del pulso mientras éste se desplaza. Por el momento, nos limitaremos a una onda que no cambia su forma mientras avanza a través de espacio. En ese sentido, Hecht propone una exposición doble de tal perturbación, tomada al comienzo y al final del intervalo de tiempo  $t$ , la cual se representa en la figura 1.4.

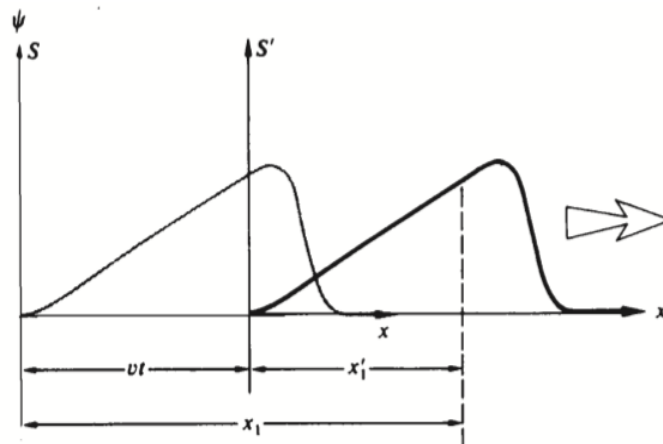


Figura No. 1.4: Sistema de referencia móvil  
Referencia: Extraído de “Óptica” (Hecht, 2000)<sup>58</sup>

El pulso ha realizado un desplazamiento  $vt$  a lo largo del eje  $x$ , pero en todos los otros aspectos permanece inalterado. Ahora, se ha introducido un sistema coordenado  $S'$  que viaja junto con el pulso a la velocidad  $v$ . En ese sistema,  $\psi$  ya no es función del tiempo y al movemos junto con  $S'$  vemos un perfil constante estacionario con la misma forma funcional que la ecuación [1.2]. Aquí la coordenada es  $x'$  en lugar de  $x$ , de tal forma que

$$\psi = f(x') \quad [1.3]$$

La perturbación se ve igual para cualquier valor  $t$  en  $S'$  como lo era en  $S$  para  $t=0$  cuando  $S$  y  $S'$  tenían un origen común. De la imagen anterior se deduce que

$$x' = x - vt \quad [1.4]$$

De tal forma que la perturbación  $\psi$  puede escribirse en términos de las variables asociadas con el sistema estacionario  $S$  para obtener la siguiente ecuación de estado del movimiento.

$$\psi(x,t) = f(x - vt) \quad [1.5]$$

Así se representa la forma más general de la función de onda unidimensional. Para ser más específicos, solamente tenemos que escoger una forma y luego reemplazar el término  $(x - vt)$  por  $x$  en  $f(x)$ .

Si se tratara de una onda en una cuerda, como el tipo de patrones que el transductor de Roland es capaz de reconocer,  $\psi$  será el desplazamiento vertical que podríamos incluso reemplazar por el símbolo  $y$ . Pero independientemente de que  $\psi$  represente el desplazamiento, la presión o un campo eléctrico, ahora podemos disponer del perfil de la perturbación.

Para convertir  $f(x)$  en la ecuación [1.1], es decir, para que corresponda con la descripción de una onda que se mueve en la dirección positiva de  $x$  con una velocidad  $v$ , reemplazaremos  $x$  dondequiera que aparezca en  $f(x)$  por  $(x - vt)$ . Si verificamos la forma de la ecuación [1.5], examinando  $\psi$  después de un incremento  $\Delta t$  de tiempo y un incremento correspondiente de  $v\Delta t$  en  $x$ , encontramos

$$f[(x - v\Delta t) - v(t + \Delta t)] = f(x - vt)$$

Y el perfil está inalterado. De un modo parecido, si la onda estuviera viajando en la dirección negativa de  $x$ , es decir, hacia la izquierda, la ecuación quedaría como

$$\psi(x,t) = f(x + vt), \text{ con } v > 0 \quad [1.6]$$

Por consiguiente, podemos concluir que, independientemente de la forma de perturbación, las variables  $x$  y  $t$  deben aparecer en la función como una unidad; es decir, como una variable única de la forma  $x \pm vt$ . La ecuación [1.5] se expresa a menudo de forma equivalente como una función de  $(t - x/v)$ , ya que

$$\begin{aligned} f(x - vt) &= F[-(x - vt)/v] \\ &= F(t - x/v) \end{aligned} \quad [1.7]$$

Gracias a la ecuación diferencial de ondas, propuesta por Jean Le Rond D'Alembert en 1747, podemos definir toda clase de onda física. Se trata de una ecuación diferencial en derivadas parciales, de segundo orden y lineal, porque la onda tiene que ser una función de varias variables independientes, es decir, las de espacio y tiempo.

Así, la onda más simple que viaja con una velocidad fija necesita dos constantes para especificarla: amplitud y frecuencia o longitud de onda, sugiriendo así derivadas segundas. De cualquier forma, Hecht nos indica que al tomar la derivada parcial de  $\psi(x,t)$  con respecto a  $x$ , manteniendo  $t$  constante y considerando  $x' = x \pm vt$ , se obtiene:

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{df}{dx'} \frac{dx'}{dx} = \frac{df}{dx'} \quad [1.8]$$

Si mantenemos  $x$  constante, la derivada parcial con respecto al tiempo es

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{df}{dx'} \frac{dx'}{dt} = \pm v \frac{df}{dx'} \quad [1.9]$$

Combinando las ecuaciones [1.8] y [1.9] se obtiene

$$\frac{d\psi}{dt} = \pm v \frac{d\psi}{dx} \quad [1.10]$$

Esto nos dice que la velocidad de cambio de  $\psi$  con  $t$  y con  $x$  es equivalente, dentro de una constante multiplicativa, como se muestra en la figura 1.5.

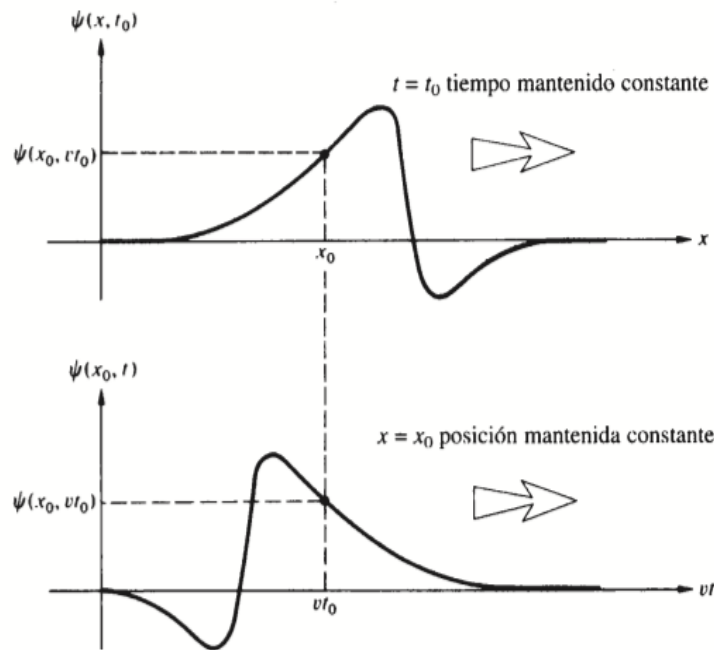


Figura No. 1.5: Variación de  $\psi$  con  $x$  y  $t$   
Referencia: Extraído de "Óptica" (Hecht, 2000)<sup>58</sup>

Las segundas derivadas parciales de las ecuaciones [1.8] y [1.9] son

$$\frac{d\psi}{dx^2} = \frac{d^2 f}{dx'^2}$$

y

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left( \pm v \frac{df}{dx'} \right) = \pm v \frac{d}{dx'} \left( \frac{df}{dt} \right)$$

Como

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{df}{dt}$$

Utilizando la ecuación [1.9] se obtiene que

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} = v^2 \frac{d^2 f}{dx'^2}$$

Finalmente, combinando estas ecuaciones se obtiene la ecuación diferencial de onda unidimensional.

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \frac{d^2 f}{dt^2} \quad [1.11]$$

Se analizó el caso especial de ondas que tienen forma constante mientras se van propagando, suposición que llevó a la formulación general de la ecuación diferencial de ondas. Pero se debe tener en cuenta que las ondas reales nunca mantienen la misma forma.

Así entonces, si una función es una solución de la ecuación [1.11] representa una onda y, al mismo tiempo, estará expresada en términos del argumento  $x \pm vt$ . En concreto, aquella ecuación de estado será una función diferenciable dos veces, no trivial, tanto con respecto a  $x$  como a  $t$ .

### 1.2.1.3. Ondas armónicas simples y su adición mediante el principio de superposición

Ahora examinemos la forma de onda más sencilla, una curva seno o coseno. A estas ondas se les conoce como sinusoidales, ondas armónicas simples u ondas armónicas. Más adelante veremos cómo cualquier forma de onda puede representarse mediante la superposición de ondas armónicas y, por consiguiente, éstas adquieren un significado especial. Su perfil simple es:

$$\psi(x,t)|_{t=0} = \psi(x) = A \text{ sen } kx = f(x) \quad [1.12]$$

Donde la constante  $k$  es introducida porque no podemos utilizar el seno de una cantidad que tiene unidades físicas. El seno es la relación de dos longitudes y por eso está desprovisto de unidades. Por consiguiente,  $kx$  está en radianes.

El seno varía de +1 a -1, de manera que el máximo valor de  $\psi(x)$  es  $A$  y se conoce como amplitud de onda. A fin de transformar la ecuación [1.5] en una onda progresiva que viaja con velocidad  $v$  en la dirección positiva de  $x$ , necesitamos simplemente reemplazar  $x$  por  $x - vt$  para otra ecuación de estado del movimiento.

$$\psi(x,t) = A \text{ sen } k(x - vt) = f(x - vt) \quad [1.13]$$

Su forma claramente es una solución de la ecuación diferencial de onda. Sea fijo el valor de  $x$  o  $t$ , se obtiene una perturbación sinusoidal de tal forma que la onda es periódica tanto en el espacio como en el tiempo.

El período espacial es el número de unidades de longitud por onda, se conoce como longitud de onda y se denota por  $\lambda$ . Suele medirse en nanómetros [nm], micrones [ $\mu\text{m}$ ] o Angstroms [ $\text{\AA}$ ]. El aumento o disminución de  $x$  en la cantidad  $\lambda$ , no debería alterar  $\psi$ , es decir,

$$\psi(x,t) = \psi(x \pm \lambda, t) \quad [1.14]$$

En el caso de una onda armónica, esto es equivalente a alterar el argumento de la función seno en  $\pm 2\pi$ . Por ello,

$$\text{sen } k(x - vt) = \text{sen } k[(x \pm \lambda) - vt] = \text{sen } [k(x - vt) \pm 2\pi]$$

y así

$$|k\lambda| = 2\pi$$

o, ya que tanto  $k$  como  $\lambda$  son números positivos

$$k = 2\pi/\lambda \quad [1.15]$$

En forma del todo similar a la discusión anterior de  $\lambda$ , se examina el período temporal,  $\tau$ , es decir, la cantidad de tiempo que una onda completa tarda en superar a un observador estacionario. En este caso, lo interesante es el comportamiento repetitivo de la onda en el tiempo, de manera que

$$\psi(x,t) = \psi(x, t \pm \tau) \quad [1.16]$$

y

$$\text{sen } k(x - vt) = \text{sen } k[x - v(t \pm \tau)] = \text{sen } [k(x - vt) \pm 2\pi]$$

Por lo tanto,

$$|k v \tau| = 2\pi$$

o, ya que tanto  $k$  como  $\lambda$  son números positivos

$$\begin{aligned} k v \tau &= 2\pi \\ (2\pi/\lambda)v \tau &= 2\pi \end{aligned} \quad [1.17]$$



De lo cual se infiere que

$$\tau = \lambda / v \quad [1.18]$$

El período es el número de unidades de tiempo por onda, cuyo inverso es la frecuencia temporal  $\nu$  o el número de ondas por unidad de tiempo. Entonces,

$$\nu \equiv 1 / \tau$$

En unidades de ciclos por segundo o Hertz [Hz], la ecuación [1.8] queda como

$$v = \nu \lambda \quad [1.19]$$

Para que una longitud de onda  $\lambda$  pase en un tiempo  $\tau$ , su velocidad debe ser

$$v = \lambda / \tau = \nu \lambda$$

Otras dos cantidades que se usan a menudo en la literatura del movimiento ondulatorio son: la frecuencia temporal angular y el número de onda o frecuencia espacial, representadas en las siguientes ecuaciones.

$$\omega \equiv 2\pi / \tau = 2\pi \nu \quad [1.20]$$

$$\kappa \equiv 1 / \lambda \quad [1.21]$$

La primera se mide en unidades de radianes por segundo [rad/s], mientras que la segunda se mide en metros inversos [ $m^{-1}$ ]. Todas estas cantidades se aplican igualmente bien a ondas que no sean armónicas, con tal que cada una de ellas esté conformada por un único elemento de perfil que se repita regularmente.

Ahora, utilizando las definiciones anteriores es posible escribir una serie de expresiones equivalentes para la onda armónica progresiva, donde el argumento de la función seno se conoce como fase y se denota por  $\varphi$ .

$$\begin{aligned} \psi(x,t) &= A \text{ sen } \varphi = A \text{ sen } k(x \pm vt) \\ &= A \text{ sen } 2\pi(\kappa x \pm \omega t) \end{aligned} \quad [1.22]$$

$$= A \text{ sen } 2\pi(\kappa x \pm \nu t) \quad [1.23]$$

$$= A \text{ sen } 2\pi\left(\frac{x}{\lambda} \pm \frac{t}{\tau}\right) \quad [1.24]$$

$$= A \text{ sen } 2\pi\nu\left(\frac{x}{v} \pm t\right) \quad [1.25]$$

El interés de esta investigación en el movimiento ondulatorio y, particularmente, en el movimiento armónico simple se debe a lo que dicta la teoría musical de un ex catedrático del CNM, la cual, como ya se ha establecido, posiblemente sea la teoría musical más extendida en México. De acuerdo con ella, el sonido es el resultado de las vibraciones con forma regular que emiten los cuerpos sonoros. De manera opuesta, el ruido es el resultado de las vibraciones con forma irregular que emiten los cuerpos no sonoros (Moncada García, 1995)<sup>19</sup>.

Esta estética en pos de la regularidad como aspecto fundamental del sonido musical es lo que Julián Carrillo Trujillo denunció en el siglo XX como el error más esparcido entre músicos y matemáticos que siguieron la tradición de compositores como Johann Sebastian Bach. La tradición a la que nos referimos se basa en el uso de un sistema musical conocido como “temperado”, cuyo origen se atribuye a los matemáticos pitagóricos de la antigua Grecia y que actualmente se encuentra presente en todo el mundo. A su vez, se presume que los griegos heredaron estos conocimientos de las culturas egipcia y mesopotámica.

Al estudiar las relaciones entre los sonidos musicales, los pitagóricos advirtieron la relación de octava en intervalos de frecuencias donde el último y el primer valor siempre guardan una proporción de 2:1. Siglos después, los constructores de instrumentos establecieron el semitono como la distancia mínima entre dos notas, cuya relación de frecuencias siempre es igual a  $2^{1/12}$  (1.05946). Así, este sistema ha permitido el desarrollo de una tradición musical que reconoce doce sonidos o “colores” fundamentales.

Pero, aunque hablamos de doce sonidos, la teoría musical nos señala que existen diecisiete notas. Mediante el uso de las alteraciones conocidas como sostenido (#) y bemol (b), las cuales indican el aumento y la disminución, respectivamente, de un semitono; notas diferentes pueden hacer referencia a un mismo sonido, originándose una situación que se conoce como equivalencia enarmónica.

En la figura 1.6 hemos representado la cuarta octava temperada en los sistemas de notación musical conocidos como cifrado, partitura y tablatura, los más populares entre músicos que pertenecen a la cultura occidental.

Nota	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si
Cifrado	C	D	E	F	G	A	B

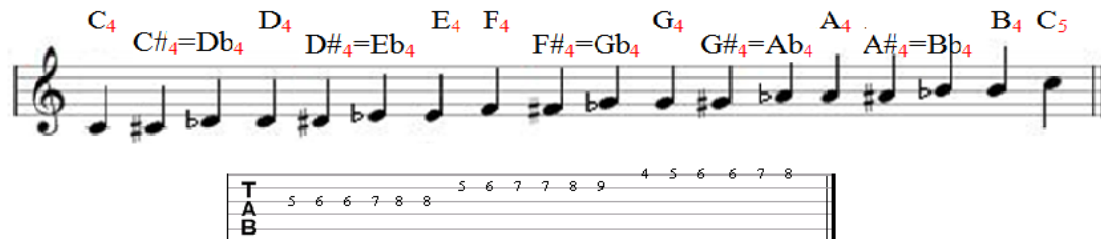
  


Figura No. 1.6: Sistemas de notación musical populares  
Referencia: Elaboración del autor

En el cifrado –el sistemas de notación más simple– las notas se asocian con una letra del abecedario y se puede hacer uso de un subíndice numérico que precisa la octava a la que pertenecen. De acuerdo con Wikipedia (en Inglés), también se conoce como *Scientific Pitch Notation* (SPN) [Notación científica de tono] o *American Standard Pitch Notation* (ASPN) [Notación americana estandar de tono], y su invención se atribuye al físico francés Joseph Sauveur (1653-1716). Actualmente, la nota C<sub>0</sub> corresponde al sonido con frecuencia angular temporal igual a 16,352[Hz]<sup>†</sup>.

Esta notación está en creciente uso a partir del siglo XX debido a que puede combinarse con el sistema de partitura y una simbología que los músicos de jazz suelen emplear para describir la armonía de un tema o idea musical.

En la partitura –el sistema de notación de mayor tradición entre músicos académicos– los símbolos se acomodan en el espacio compuesto por cinco líneas horizontales, paralelas y equidistantes entre sí, llamado pentagrama. Para describir los diferentes elementos que intervienen en la experiencia musical, como tiempo, silencio, cambios de dinámica, técnica de ejecución, lírica, entre otros; se utiliza gran cantidad de símbolos pudiendo darse diferentes combinaciones para expresar un mismo tema o idea.

Dependiendo del primer símbolo sobre el pentagrama, referido como clave o llave, y que varía según el instrumento para el cual se escribe, las notas adquieren una posición espacial específica. En el ejemplo se ha utilizado la clave de Sol debido a que es la de mayor uso entre guitarristas.

En la tablatura –el sistema de mayor popularidad también entre guitarristas– se emplean líneas horizontales y equidistantes entre sí que representan las cuerdas del instrumento. La línea de abajo corresponde a la cuerda más gruesa y cada línea por encima implica una reducción en masa, hasta llegar a la cuerda más delgada. Los números que se ponen encima de estas líneas hacen referencia al traste que debe presionarse. Puede complementarse con números que precisan el dedo que debe utilizarse, y también con símbolos que refieren a diferentes técnicas de ejecución.

Cabe señalar que la escritura musical no está limitada al uso de las notaciones descritas. Éstas son el estado actual de un tradición que comenzó en el siglo VI, cuando el Papa Gregorio trató de unificar Europa y Medio Oriente a través de una única religión, el cristianismo católico. Para ello, el pontífice romano reunió en un congreso a expertos disponibles como Severino Boecio y el monje Casidoro, encomendándoles que inventaran una forma de escribir los sonidos y fijarlos. Así, quien pudiera leer estos textos podría interpretar la música siempre de la misma forma (Manzanos, 1981)<sup>59</sup>.

---

<sup>†</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

En aquellos días se empezó a usar una línea sobre la que, arriba o abajo, se escribían signos que representaban los sonidos y cuya duración era representada por formas distintas y colores diferentes. Con el tiempo se fueron agregando unas pequeñas comas llamadas neumas, que indicaban el momento para respirar. Así, se regulaba hasta la respiración de cada uno de los cantores de un conjunto numeroso, al que se llamó coro. La música se escribía en grandes libros, cuyas enormes hojas y sus grandes notas eran visibles por un gran número de coristas, los cuales cantaban sin acompañamiento de ningún instrumento. Ahora, a este tipo de canto se le conoce como canto llano o gregoriano en honor a su promotor original.

Para 1026, Guido *D' Arezzo* (un monje italiano) revolucionó el sistema con el uso de un tetragrama y dándole un nombre propio a cada tono musical, Ut (Do), Re, Mi, Fa, Sol y La. Posteriormente se añadieron una nota (Si) y otra línea para formar el pentagrama. Pero pese a su larga historia y tradición, ésta no debe considerarse la forma más eficiente para escribir Música. Prueba de ello es el “Sonido 13” de Julián Carrillo Trujillo.

Como resultado de sus experimentos con un violín y la hoja de una navaja, este músico mexicano logró crear una teoría musical a la que nombró “Sonido 13”, donde un tono puede dividirse hasta en dieciseis partes iguales y, en consecuencia, el número de sonidos por octava se incrementa de doce a noventa y seis. Además, Carrillo simplificó las tareas de lectura y escritura pues eliminó el problema de leer en diferentes claves para diferentes instrumentos, transformó el pentagrama en un trigrama (una línea principal y dos auxiliares), y representó las notas mediante números (Sonido 13 Web Oficial, 2015)<sup>55</sup>.

Para ilustrar la simplicidad de su sistema en comparación con los mencionados anteriormente, en la figura 1.7 se ha empleado para volver a representar a la cuarta octava temperada. Sin duda, se trata de una notación mucho más compacta que las ilustradas en la figura 1.6.

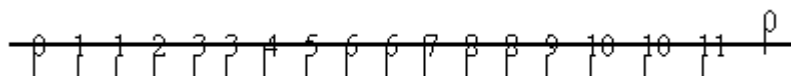


Figura No. 1.7: Sistema de notación del Sonido 13  
Referencia: Elaboración del autor

Aún cuando las investigaciones en acústica realizadas por Julián Carrillo Trujillo le valieron la nominación al premio Nobel de Física en 1950, la tradición de los músicos del renacimiento europeo se encuentra ampliamente esparcida por el mundo y la teoría del “Sonido 13” continúa siendo ignorada incluso dentro de México. Sin duda, MIDI es un factor de influencia para que esto suceda; su uso promueve que cada vez más personas adopten teorías musicales afines al sistema temperado (como es el caso de la teoría de Moncada García) sin necesariamente ser conscientes de ello. MIDI es el protocolo mediante el cual las TIC son capaces de establecer comunicación musical para disfrute de millones de personas.

Durante siglos, las notas del sistema temperado fueron consideradas por constructores de instrumentos musicales como el producto de las vibraciones más “puras”. A principios de la década de 1980, Dave Smith creó una representación digital para comunicar diferentes sintetizadores, una especificación que se encuentra anclada en el desarrollo tecnológico. Desde entonces, la regularidad como característica del sonido musical no sólo se advierte en las frecuencias de vibración correspondientes a cada nota, las cuales según la teoría musical no varían; con el uso de las computadoras, el sonido musical también se ha vuelto excesivamente regular con respecto al tiempo.

¿Por qué? El reloj de un instrumento musical digital emite un pulso regular mediante el cual la máquina fija estados discretos con frecuencias de vibración bien definidas. Así, el carácter binario de los bits (encendido o apagado) ha quedado impregnado en millones de composiciones musicales de las últimas décadas. Aunque esto sea motivo de lamentaciones se trata de un cambio antropológico desde el punto de vista cultural, pues resulta innegable que las computadoras permiten la inclusión de personas en experiencias de composición e interpretación musical sin importar si poseen o no conocimiento alguno sobre la teoría del sistema temperado.

No olvidemos que décadas antes de la llegada de MIDI, las computadoras ya estaban relacionadas con la música y el sonido. ¿Cómo? Existe una rama de las matemáticas llamada “análisis armónico” que trata el problema de encontrar las componentes de una curva resultante. Apoyados en ella, científicos e ingenieros han sido capaces de elaborar diferentes métodos y sistemas para preservar o crear curvas de sonido.

Al respecto, James Jeans nos describe geométricamente cómo para cualquier estructura que entre en vibración, el movimiento de cada partícula es armónico simple o uno más complejo resultante de la superposición de un cierto número de movimientos armónicos simples, uno por cada vibración. Para ello, imaginemos que en la figura 1.8 el punto  $P$  se mueve alrededor de  $AA'BB'$ , con velocidad uniforme y en sentido horario. En cualquier punto donde se halle  $P$  tracemos las perpendiculares  $PN$  y  $PM$  a  $AB$  y  $A'B'$ , respectivamente. Así,  $N$  y  $M$  se mueven en vaivén a lo largo de  $AB$  y  $A'B'$ , respectivamente (Jeans, 1981)<sup>20</sup>.

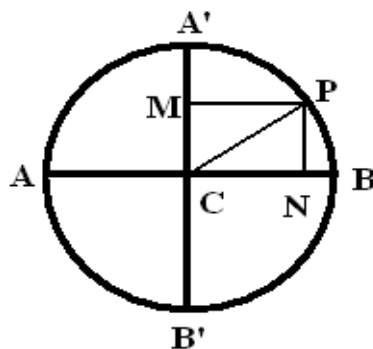


Figura No. 1.8: Movimiento armónico  
Referencia: Elaboración del autor con base  
en “Ciencia y Música” (Jeans, 1981)<sup>20</sup>

Analicemos el problema desde el otro extremo. Si el punto  $N$  se mueve en vaivén con movimiento armónico simple a lo largo de  $AB$ , el punto  $P$  debe moverse con velocidad uniforme sobre  $AA'BB'$ . Esta trayectoria recibe el nombre de circunferencia base del movimiento armónico simple. Su diámetro  $AB$  se conoce como elongación del movimiento, mientras que los radios  $CA$  o  $CB$  determinan su amplitud.

De esta manera, Jeans ayuda a entender al movimiento armónico simple como la proyección sobre una recta de un cuerpo que efectúa un movimiento circular uniforme. A la amplitud la describe como un índice de la energía de la vibración y establece que por una ley general se sabe que esta energía mecánica (mejor conocida por los músicos como intensidad) es proporcional al cuadrado de la amplitud de la vibración. Por ello, una estructura que vibra es capaz de almacenar cuatro veces más trabajo y resulta lógico que debe deshacerse de esta energía de alguna manera antes de volver a estar en reposo.

Por lo general, esta energía se gasta poniendo en vibración el aire a su alrededor y sólo a través de ésta continua cesión de energía al aire adyacente oímos el instrumento. De ello que si deseamos mantener una vibración al mismo nivel, le debemos suministrar continuamente nueva energía. Sin suministro alguno, la amplitud de la vibración disminuye lentamente y la circunferencia base se reduce de tamaño, hasta que la vibración se extingue.

Un perfil más detallado sobre la energía que debe reconocer el transductor de un cordófono ideal se puede obtener analizando la mecánica de una cuerda soportada rígidamente por ambos extremos y vibrando libremente. A su vez, aquella energía mecánica puede transformarse en energía eléctrica susceptible de ser digitalizada por una computadora, aplicando una técnica conocida como muestreo (sobre la cual se profundiza más adelante). Por razones de extensión, la descripción electromagnética del movimiento armónico simple no se ha incluido en esta investigación, pero se alienta al lector a profundizar por su cuenta.

En una guitarra eléctrica convencional, cada cuerda presenta un movimiento oscilatorio, es decir, las cuerdas se desplazan entre dos extremos con respecto a una posición de equilibrio y en intervalos de tiempo regulares. Esto lleva a preguntar cómo es posible describir aquellas vibraciones como una suma de ondas armónicas simples.

Resumiendo la respuesta, cuando una estructura produce varias vibraciones al mismo tiempo, la energía no suele pasar de una vibración a otra. Las vibraciones son independientes, cada una posee su propio almacén de energía que se mantiene inalterado, excepto lo que transmite a estructuras contiguas, como por ejemplo el aire a su alrededor. Por lo tanto, la energía de un cierto número de vibraciones simultáneas puede considerarse como la suma de las energías de las vibraciones independientes.

El movimiento oscilatorio de un cuerpo es un fenómeno que en acústica suele describirse como una combinación lineal de las vibraciones inducidas separadamente por dos o más excitaciones armónicas simples. En la mayoría de los casos, es válido combinar los efectos individuales de las vibraciones por adición lineal, ya que la presencia de una vibración no altera al medio tanto como para que sean perturbadas las características de otras vibraciones. En consecuencia, la vibración total se obtiene por una superposición lineal de vibraciones individuales.

Un caso particular es la combinación de las perturbaciones o excitaciones que tienen la misma frecuencia temporal angular  $\omega$ , para el cual  $A$  y  $\Phi$  pueden calcularse utilizando notación de fasores (Kinsler, Frey, Coppens, & Sanders, 1998)<sup>60</sup>.

$$A e^{j(\omega t + \Phi)} = (A_1 e^{j\Phi_1} + A_2 e^{j\Phi_2}) e^{j\omega t} \quad [1.26]$$

$$A = [(A_1 \cos\Phi_1 + A_2 \cos\Phi_2)^2 + (A_1 \sin\Phi_1 + A_2 \sin\Phi_2)^2]^{1/2} \quad [1.27]$$

$$\Phi = \text{angtg} \left( \frac{A_1 \sin\Phi_1 + A_2 \sin\Phi_2}{A_1 \cos\Phi_1 + A_2 \cos\Phi_2} \right) \quad [1.28]$$

Como se muestra en la figura 1.9, los fasores de dos movimientos armónicos simples con frecuencia idéntica pueden sumarse dibujándolos en cadena, cabeza con cola y tomando después sus componentes en el eje real y el eje imaginario.

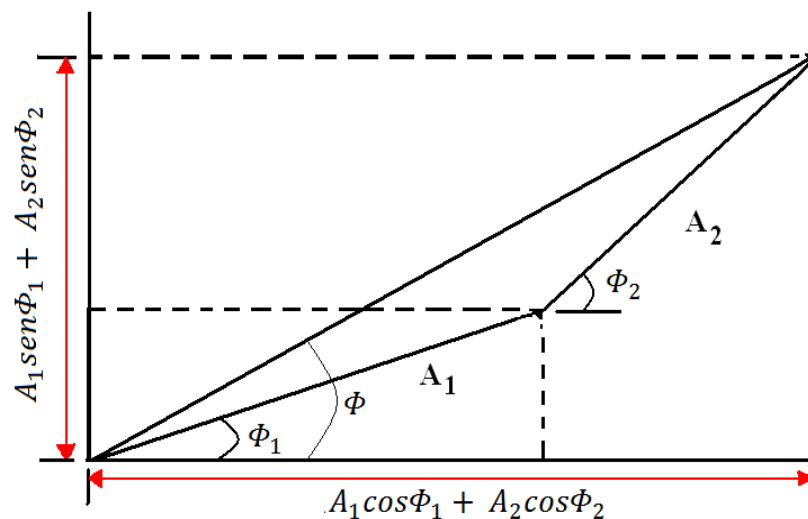


Figura No. 1.9: Adición de fasores  
Referencia: Elaboración del autor con base en  
"Fundamentos de Acústica"  
(Kinsler, Frey, Coppens, & Sanders, 1998)<sup>60</sup>

Así se puede demostrar fácilmente que la vibración que resulta de la adición de cualquier número  $n$  de vibraciones armónicas simples de frecuencia idéntica, tiene una amplitud dada por

$$A = [(\sum A_n \cos \Phi_n)^2 + (\sum A_n \sin \Phi_n)^2]^{1/2} \quad [1.29]$$

y el ángulo de fase  $\Phi$  se obtiene de

$$\Phi = \arctg \left( \frac{\sum A_n \sin \Phi_n}{\sum A_n \cos \Phi_n} \right) \quad [1.30]$$

Jeans nos confirma lo anterior en su descripción geométrica del movimiento armónico simple, analizando lo que ocurre al superponer movimientos de esta naturaleza que tienen la misma frecuencia angular, así como su resultado en el contexto musical. Para ello, sean en la figura 1.10 los puntos  $P$  y  $Q$  tales que los puntos  $N$  y  $O$ , sus proyecciones, presenten un movimiento armónico simple.

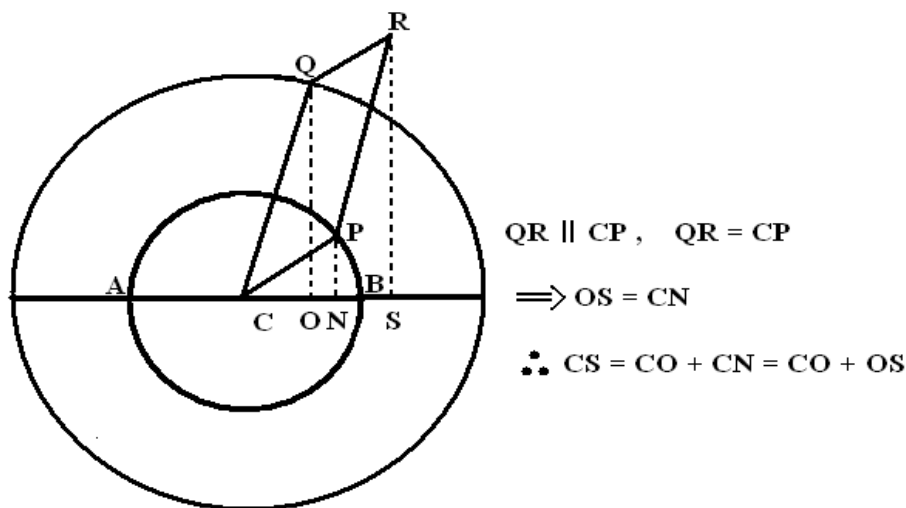


Figura No 1.10: Superposición de movimientos armónicos simples con frecuencia angular igual  
Referencia: Elaboración del autor con base en "Ciencia y Música" (Jeans, 1981)<sup>20</sup>

Suponiendo que los movimientos correspondientes a  $N$  y  $O$  tienen la misma frecuencia, de tal manera que los radios  $CP$  y  $CQ$  giran exactamente a la misma velocidad y el ángulo  $PCQ$  es siempre el mismo,  $S$  se moverá en vaivén a lo largo de  $AB$  también en un movimiento armónico simple. En términos musicales, la existencia de dos tonos puros de la misma altura produce un tercer tono puro que continúa teniendo la misma altura.



### 1.2.1.4. Teorema de Fourier

Ya hemos revisado las matemáticas que describen la superposición de ondas armónicas simples y el caso particular de los sonidos musicales temperados. Procede explicar el procedimiento mediante el cual un sonido cualquiera puede representarse como una suma de señales sinusoidales.

Al superponer más de dos curvas la resultante puede tener una forma muy complicada. Para ello, existe un teorema propuesto por Jean-Baptise Joseph Fourier en 1822, el cual nos dice que cada curva (cualquiera que sea su naturaleza o el modo como se ha obtenido inicialmente) puede reproducirse exactamente superponiendo una serie de curvas armónicas simples.

Sólo necesitamos ondas de longitudes específicas. Si la curva original no es periódica tratamos toda su longitud como el primer periodo de una curva que se repite periódicamente, y se aplica el teorema en su forma usual. De esa manera, la curva original puede construirse a partir de componentes armónicas simples, tales que la primera tiene una semionda dentro del campo de la curva original, la segunda dos semiondas completas, la tercera tres, y así sucesivamente. No deben usarse componentes que tengan fracciones de semiondas. En resumen, el teorema de Fourier nos permite representar una vibración  $f(t)$  de período  $T$ , construyendo la siguiente serie armónica (Kinsler, Frey, Coppens, & Sanders, 1998)<sup>60</sup>.

$$f(t) = \frac{1}{2} A_0 + A_1 \cos \omega t + A_2 \cos 2\omega t + \dots + A_n \cos n\omega t + \dots \\ + B_1 \sin \omega t + B_2 \sin 2\omega t + \dots + B_n \sin n\omega t \quad [1.31]$$

Donde  $n \in \mathbb{N}$ ,  $\omega = 2\pi/T$ , y las  $A$ 's y  $B$ 's son constantes que podemos determinar utilizando las siguientes ecuaciones.

$$A_n = \frac{2}{T} \int_0^T \psi(t) \cos n\omega t \, dt \quad [1.32a]$$

$$B_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin n\omega t \, dt \quad [1.32b]$$

El número de métodos para descomponer una curva en un cierto número de componentes es infinito. Pero el método que acabamos de mencionar es único en un aspecto, y esto es muy importante en la teoría musical. Cuando hacemos la descomposición de la curva de una cuerda vibrante en sus armónicos simples de esta forma particular, en realidad estamos descomponiendo el movimiento de la cuerda en sus vibraciones libres, y éstas representan los tonos componentes en la nota producida por la vibración.

### 1.2.2. Cualidades del sonido musical

Si un conjunto de vibraciones se descompone de otra forma a la que propone el teorema de Fourier, digamos, con componentes cuyas frecuencias angulares no sean múltiplos exactos de una frecuencia angular base; la energía de los componentes cambiará continuamente y, en consecuencia, no se tendrá referencia de la calidad musical del sonido producido por la vibración principal.

Ya quedó establecido que los sonidos naturales jamás son perfectamente estables o constantes. No obstante, para obtener sonidos que corresponden a ondas sinusoidales como las que nos propone la teoría musical, podemos utilizar medios electrónicos.

También hemos introducido el sistema musical temperado que emplea doce sonidos fundamentales, repetidos siempre en el mismo orden y con una distancia mínima entre dos notas equivalente a una relación de frecuencias siempre igual a  $2^{1/12}$ . Partiendo de ahí, Dave Smith creó el modelo digital de una pianola con múltiples voces para permitir que varias computadoras establezcan comunicación musical a través de diferentes canales.

Antes de adentrarnos en aquel diseño, profundicemos en nuestra definición de sonido musical revisando las cualidades que según Moncada García, permiten distinguir entre sonidos de esta naturaleza. Además, introduciremos conceptos sobre MIDI y elementos de una teoría que también representa una base para la creación musical utilizando computadoras.

Aquella teoría fue publicada a principios del siglo XXI por Miller Puckette, el inventor de los lenguajes de computación MAX y PureData (Pd) para la creación de ambientes musicales interactivos. De acuerdo con ella, la música electrónica puede ser descrita como una secuencia de números (Puckette, 2006)<sup>54</sup>,

$$\dots, x[n - 1], x[n], x[n + 1], \dots ; n \in \mathbb{Z}$$

Donde el índice  $n$ , conocido como número de muestreo (*sampling*, en Inglés), puede variar entre algunos o todos los enteros. Así, cada valor de la serie representa una muestra del sonido, cuya forma puede ser armónica simple.

$$x[n] = A \cos(\omega n \pm \Phi) \quad [1.33]$$

Las señales sinusoidales juegan un papel importante en el procesamiento digital de sonido debido a que: si las desplazamos (a la izquierda o derecha) un número de muestras cualquiera, se obtiene otra. Esto hace que sea fácil calcular el efecto de todo tipo de operaciones sobre ellas. Además, ya que el teorema de Fourier se puede aplicar en su forma discreta, como se describe en la siguiente ecuación, resulta más evidente por qué el uso de las computadoras para el análisis y síntesis de sonido es una práctica cada vez más común entre músicos.

$$x[n] = A_0 + A_1 \cos(\omega n + \Phi_1) + A_2 \cos(2\omega n + \Phi_2) + \dots + A_p \cos(p\omega n + \Phi_p) \quad [1.34]$$

### 1.2.2.1. Timbre

En su teoría de la música, Francisco Moncada García establece que el timbre es la cualidad del sonido que depende de la forma de las vibraciones, es decir, de la sucesión de armónicos que vibran junto con la frecuencia fundamental de cada nota. También indica que el orden interválico en que aparece dicha sucesión es el mismo para cualquier sonido (Moncada García, 1995)<sup>19</sup>.

Pero lo segundo no es lo que ocurre con los sonidos naturales, para los cuales la frecuencia de vibración más grave (la base o fundamental) es la que determina normalmente el período y la altura. Las otras frecuencias (los armónicos) suelen ser múltiplos de dicha frecuencia, pero por cuestiones de construcción cada tipo de instrumento tiene una serie diferente de armónicos de amplitudes diferentes, que son los que definen su timbre y le otorgan sus señas de identidad sonora (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

Entonces, ¿cómo podemos referirnos a un timbre en particular? Para responder revisemos las ecuaciones 1.31 y 1.34, que hemos establecido para obtener equivalentes continuos y discretos, respectivamente, de curvas de sonido. En ambas ecuaciones, las frecuencias angulares de las sinusoidales superiores son valores que acompañan a la componente fundamental, es decir, múltiplos exactos del valor de  $\omega$  en el primer término.

En el dominio del tiempo, es decir, el perfil de onda descrito por las ecuaciones 1.31 a 1.32b, la identificación del timbre se traduce en el problema de estudiar el cambio del volumen del sonido, mediante la detección del envolvente Attack-Decay-Sustain-Release (ADSR) [Ataque Decaimiento Sostenimiento Relajación]. Pero por razones de extensión no entraremos en detalles al respecto, ya que existe otra forma más sencilla para caracterizar a una voz.

En el dominio de la frecuencia, es decir, el perfil de onda descrito por la ecuación 1.34, al argumento de cada sinusoidal se le suma un valor de desfaseamiento  $\Phi$  correspondiente, expresado en radianes [rad]. Así, para cada componente se tiene su posición dentro del ciclo con respecto a la duración de la serie de muestras, la cual será diferente para cada tipo de voz.

Por su parte, MIDI posee un mensaje conocido como Program Change [cambio de programa] que permite cambiar el sonido (voz, tono, programa o *patch*) que produce un instrumento. Al activarlo se transmite el número del programa que corresponde con el timbre que se desea utilizar. En ese sentido, el lector interesado en los requerimientos mínimos definidos por la MMA para que un generador de sonido sea compatible con MIDI, podrá revisar el final del Capítulo 2 donde hemos descrito un complemento al estándar conocido como General MIDI.

### 1.2.2.2. Altura

Mientras la frecuencia es una propiedad física indisociable de todo aquello que vibra u oscila, la altura es una cualidad subjetiva que percibimos sólo en algunos sonidos. Por ejemplo, las percusiones producen sonidos que nuestro oído puede clasificar como agudos o graves, y día a día se utilizan en la composición de piezas musicales, más no poseen alturas bien definidas (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

La teoría musical nos indica que el que un sonido tenga o no una altura clara se debe a su periodicidad, es decir, que las frecuencias de oscilación de las vibraciones que lo componen no varíen (o varíen poco) dentro de un determinado lapso de tiempo. A mayor número de vibraciones por segundo, el oído y el cerebro reconocen al sonido como más agudo (o alto); mientras que a menor número de vibraciones el sonido se reconoce como más grave (o bajo) (Moncada García, 1995)<sup>19</sup>.

En ese sentido, en la Tabla No. 1 del Apéndice C hemos asociado a cada una de las notas temperadas con tres valores relacionados a su altura que permiten distinguirlas entre sí. Nos referimos a: 1) el subíndice entero que indica la octava a la que pertenece (en decimal), 2) el número asignado por la MMA (en hexadecimal), y 3) su frecuencia fundamental (en Hertz).

### 1.2.2.3. Intensidad

La intensidad es la cualidad que depende de la amplitud de las vibraciones y nos hace distinguir un sonido fuerte de uno suave. A mayor amplitud, el sonido es más fuerte; a menor amplitud, el sonido es más suave (Moncada García, 1995)<sup>19</sup>.

Como mencionamos anteriormente, la amplitud de una vibración es un índice de su energía, para la cual existe una ley general que nos dice que la energía (o intensidad) de una vibración es proporcional al cuadrado de la amplitud (Jeans, 1981)<sup>20</sup>. O bien, el valor de la diferencia entre las presiones máxima y mínima que la onda puede alcanzar (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

La amplitud de una onda sonora y el volumen del sonido que percibimos están estrechamente ligados, pero no son idénticos. El oído percibe la intensidad de una forma logarítmica, es decir, para que lo percibimos aumente como 1, 2, 3... es necesario que la intensidad aumente como 1, 10, 100... (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>. En ese sentido, si nos interesa medir la intensidad de un sonido podemos hacerlo utilizando una unidad relativa, conocida como decibel [dB], aplicando la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Nivel de intensidad [dB]} &= \\ &= 20 \times \log_{10} \left( \frac{\text{amplitud}^2}{\text{amplitud}_{\text{referencia}}} \right) \end{aligned} \quad [1.35]$$

Al comparar amplitudes usualmente es mejor hacerlo evaluando su proporción, a través de una escala logarítmica, en lugar de su diferencia. Así se determina un nivel de intensidad entre dos amplitudes, donde 0[dB] equivale al umbral de audición o mínimo sonido audible. Por debajo de este valor se tiene el “auténtico silencio”, un concepto que no se puede experimentar en nuestra realidad física pero que sin duda posee un profundo significado para los músicos. En lo que respecta a situar el comienzo del “umbral de dolor”, nuestras referencias difieren con variaciones entre los 120 y 140[dB].

Consideraciones adicionales son: 1) el oído humano promedio no suele distinguir diferencias inferiores a 3[dB], y 2) la intensidad de un sonido decrece, aproximadamente, en 6[dB] cada vez que se dobla la distancia que éste recorre (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

En lo que todas nuestras referencias coinciden es en proporcionar valores que sirvan al lector para apreciar más sobre esta cualidad, razón por la cual en la Tabla No. 2 del Apéndice C hemos incluido algunos ejemplos que hemos encontrado en Wikipedia para diferentes tipos de experiencia sonora<sup>u</sup>. Además, la Tabla No. 3 del mismo apéndice contiene los nombres comunes y figuras de diferentes dinámicas (o matices) de intensidad utilizados en la partitura, así como sus correspondientes valores de velocidad MIDI (en numeración hexadecimal) y descripciones.

Como nos indica Puckette, en música electrónica la amplitud puede entenderse como aplicar una “ventana”, es decir, un rango fijo de muestras de una señal. Por ejemplo, la ventana que comienza con la muestra  $M$  y es de longitud  $N$  sobre una señal de audio digital  $x[n]$ , se describe como

$$x[M], x[M+1], \dots, x[M + N - 1]$$

Las medidas de amplitud más frecuentemente utilizadas son: el valor de pico, que es la muestra más grande, aplicando valor absoluto, en la ventana:

$$A_{\text{pico}} \{x[n]\} = \max |x[n]|; n = M, \dots, M + N - 1 \quad [1.36]$$

y la media cuadrática o amplitud RMS:

$$A_{\text{RMS}} = \sqrt{P\{x[n]\}} = \sqrt{\frac{|x[M]|^2 + \dots + |x[M + N - 1]|^2}{N}} \quad [1.37]$$

Ninguna de las dos puede ser negativa y tampoco pueden ser exactamente cero, a menos de que la señal en si misma sea cero para todas las muestras de la ventana. Ambos valores se relacionan conforme la siguiente desigualdad.

$$\frac{1}{\sqrt{N}} \leq A_{\text{RMS}} \leq A_{\text{pico}} \quad [1.38]$$

<sup>u</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

#### 1.2.2.4. Duración, ritmo y *tempo*

Todo sonido posee una duración a lo largo de la cual varían las cualidades que ya hemos descrito. En la Tabla No. 4 del Apéndice C hemos representado las figuras que se utilizan en una partitura para indicar las posibles duraciones de los sonidos, sus figuras de silencios correspondientes, así como sus valores y nombres comunes.

En MIDI a esta cualidad se le controla mediante el envío de los mensajes Note On [nota encendida] y Note Off [nota apagada], que corresponden a la pulsión y liberación, respectivamente, de las teclas (botones, *switches*, *touchscreen*, etcétera) que posea la interfaz musical.

Dentro de un contexto musical, si relacionamos a esta cualidad con las diferentes intensidades nos encontramos con el concepto conocido como ritmo (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>, que puede ser descrito como el orden y la proporción de los sonidos en el tiempo (Moncada García, 1995)<sup>19</sup>. La teoría de Moncada también indica que un ritmo musical puede representarse mediante una fracción o “quebrado” de números enteros, como los que se aprenden durante la educación básica. El numerador indica la cantidad de tiempos por unidad musical (o compás), mientras que el denominador sirve para especificar la figura que debe haber en cada tiempo.

En la figura 1.6 no se indicó valor de ritmo para no vernos forzados a separar los sonidos de la octava temperada en diferentes compases. En consecuencia, aunque cada nota dura un tiempo (como indica su figura en el pentagrama) falta un valor (el quebrado) que indique cómo se lleva la cuenta de las unidades de tiempo.

Aspectos profundos sobre el ritmo, como: la subdivisión de tiempos del compás, los ritmos poco convencionales o los modos que emanan de utilizar diferentes tipos de acento; son temas que por su extensión no pueden ser tratados con rigor en esta obra. Pero confiamos en que futuros tesisistas percusionistas pondrán interés en ello.

Además, a la velocidad de interpretación (el número de pulsaciones o *beats* por minuto) también se le conoce como *tempo* [tiempo] y se suele representar mediante un sustantivo en lengua italiana, como: *lento*, *adagio*, *allegro*, entre otros. Para conocer valores más precisos se puede consultar la Tabla No. 5 del Apéndice C.

En la figura 1.6 tampoco hemos representado este elemento. Para hacerlo basta con agregar (al inicio de la transcripción) una igualdad cuyo primer miembro sea la figura de un cuarto de tiempo y que como segundo miembro tenga un número entero positivo.

Por su parte, la MMA ha acordado el método MIDI Time Code (MTC) [Código de Tiempo MIDI] para controlar el valor de reproducción correspondiente. Se trata de una sección completa del estándar que describe a otros mensajes mediante los cuales los dispositivos pueden sincronizar sus relojes para la transmisión de mensajes. Por razones de extensión, en esta investigación no los estudiaremos.

### 1.2.3. Tipos de audio

#### 1.2.3.1. Audio analógico

Las señales analógicas son funciones de variables continuas (como las de voltaje) cuyas evoluciones temporales imitan (son una analogía de) las señales originales. Éstas se obtienen por medio de transductores, término con el que se designa a todo dispositivo capaz de convertir una magnitud física en otra. Así, los cambios de presión de una onda sonora pueden ser traducidos en una variación de voltaje (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

Mediante diferentes tecnologías (como la cinta magnética o los surcos de un disco de vinilo), la señal analógica de voltaje puede grabarse para que un nuevo transductor la convierta en un campo magnético capaz de desplazar y de hacer oscilar (con las frecuencias originales) los conos de un altavoz o sistema de bocinas. Sus inconvenientes están en que la señal tiende a degradarse rápidamente (las cintas magnéticas se desmagnetizan, y los surcos en el vinilo se desgastan), y que en cada nueva generación se produce una pequeña pero inevitable pérdida de fidelidad. En cada nueva copia, la señal se parece cada vez menos a la original.

Se denomina rango dinámico a la diferencia entre los valores mínimos y máximos en decibelios, que un sistema puede producir. También se conoce como relación señal/ruido, términos que se utiliza para indicar la diferencia entre el nivel máximo que el dispositivo puede emitir, y el ruido existente cuando no hay señal o “ruido de fondo”. Cuanto mayor sea esta diferencia, más “limpio” se considera el sonido del dispositivo.

#### 1.2.3.2. Audio digital

Para obtener un equivalente digital de una señal analógica podemos utilizar dos técnicas: digitalizar o sintetizar, siendo el elevado consumo de memoria la principal desventaja del primer método con respecto al segundo (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>.

Nosotros nos hemos enfocado en la primera técnica, es decir, hemos estudiado cómo las vibraciones que corresponden a un sonido pueden discretizarse para convertirlas en secuencias de números que serán fácilmente manipuladas por computadoras. Este proceso se lleva a cabo en dos niveles diferentes, el temporal y el de la amplitud, para lo cual es necesario tomar muestras a intervalos de tiempo regulares (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

En este punto vale la pena retomar la descripción de Jaron Lanier sobre UNIX, un sistema operativo que sirvió como base para el diseño de Windows, Mac y Linux. Con un funcionamiento similar al de una máquina de escribir, UNIX ha constreñido a la computación al imponer una creencia excesiva en los símbolos abstractos y discretos, y una creencia insuficiente en la realidad temporal, continua y no abstracta. Como resultado, las computadoras siguen funcionando sin corresponder con el mundo temporal en el cual el cuerpo humano se mueve y la mente humana piensa (Lanier, 2011)<sup>8</sup>.

Así entonces, como las señales de audio digital no tienen ninguna relación intrínseca con el tiempo, para escucharlas es necesario escoger un valor de muestreo, usualmente dado por una variable de nombre  $R$ , que corresponde al número de muestras por segundo. El tiempo  $t$  se relaciona al número de muestreo  $n$  por  $Rt = n$ , o  $t = n/R$ . Así, en el caso de una señal sinusoidal, la frecuencia en tiempo real se puede calcular conforme la siguiente ecuación (Puckette, 2006)<sup>54</sup>.

$$f = \omega R / 2\pi [\text{Hz}] \quad [1.39]$$

El teorema de Nyquist afirma que para muestrear correctamente una señal de  $x[\text{Hz}]$ , se requiere como mínimo una frecuencia de muestreo de  $2x[\text{Hz}]$ . Considerando esto y que el oído humano es capaz de detectar frecuencias sonoras de hasta 20 000[Hz], resulta sencillo calcular que para muestrear correctamente cualquier sonido audible será necesaria una frecuencia de muestreo superior o igual a 40 000[Hz].

Para 1982, Sony y Phillips establecieron en 44 100[Hz] el valor de muestreo para el lanzamiento comercial de la tecnología CD de audio, añadiendo una tasa mayor que contempla el uso de filtros no ideales. Además, como el máximo valor de amplitud para las señales se fijó por los fabricantes de tecnología en un máximo de 16[b] o 2[B], durante años, el valor del rango dinámico en los dispositivos de sonido digital no superó los 96[dB]. De hecho, aquel máximo teórico también quedaba reducido debido al ruido añadido por la circuitería (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

Al muestrear con frecuencias inferiores surgen frecuencias “fantasma”, es decir, frecuencias de valores aproximados a la diferencia entre la frecuencia original y la frecuencia de muestreo. Éstas no pertenecen al sonido original y alteran el muestreo, originando una situación conocida como *aliasing*. Para evitarla, cuando se desee muestrear frecuencias menores a 44 100[Hz], la señal entrante se debe filtrar eliminando todos sus valores por encima de la mitad de la frecuencia de muestreo.

Lo anterior no siempre es posible si no se dispone del *hardware* adecuado. Si se desea realizar todo este proceso utilizando *software* el procedimiento es: 1) muestrear a 44 100[Hz], 2) filtrar por *software* el sonido obtenido, a la mitad de la frecuencia deseada, y 3) reconvertir por *software* el sonido a la frecuencia deseada.

Cada muestra del sonido se asocia con un valor numérico que pueda ser manejado por una computadora. Cuantos más bits apliquemos, más niveles o escalones tendrá el sonido digitalizado y más parecido será en consecuencia al sonido analógico original, que por ser continuo posee un número infinito de niveles.

Actualmente, el audio digital ha superado la limitante de los 16[b] o 2[B] descrita por Jordà Puig a finales del siglo XX. Soportes físicos como el DVD y el Blu-ray Disc extienden el rango hasta los 24[b] o 3[B], y existen *Digital Audio Workstations* (DAW) [Estaciones de trabajo de Audio Digital], como el *software* Audacity, que hacen posible digitalizar señales usando valores de muestreo punto-flotante en lugar de valores enteros.



Surge entonces otra interrogante: ¿cuánto espacio de memoria ocupa un segundo de sonido digital estéreo (dos canales), tomando 2[B] como el valor de resolución y 44 100[Hz] como la frecuencia de muestreo? Para calcularlo es posible utilizar la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Espacio de memoria[B]} &= \\ (\text{Resolución[B]})(\text{Frecuencia de muestreo[Hz]})(\text{No. de canales de audio})(\text{Tiempo[S]}) & \quad \mathbf{[1.40]} \\ &= (2[\text{B}]) (44\ 100[\text{Hz}]) (2 \text{ canales}) (60[\text{s}]) \\ &= (176\ 400[\text{B}/\text{s}]) (60[\text{s}]) = 10\ 584\ 000[\text{B}] \end{aligned}$$

El valor 176 400[B/s] ó 176,4[kB/s] se estableció como referente para la transferencia de información en la tecnología de CD de audio. Aunque esto tiene como consecuencia que el audio digital que experimentamos no es tan bueno como podría ser, no deja de ofrecer grandes ventajas con respecto al audio analógico. Entre las mejoras están: el menor desgaste, el abaratamiento en los sistemas de grabación y reproducción de sonido, y, sobretodo, la posibilidad de realizar copias de una señal sin ninguna pérdida.

Si limitamos la calidad a la experimentada en los sistemas de telefonía analógica, es decir, sonido digital mono (1 canal), tomando 1[B] como valor de resolución y 11 025[Hz] como la frecuencia de muestreo; el espacio de memoria necesario se reduce a 645,99[B]. Sin embargo, Jordà Puig señala que los mínimos aconsejables para un sonido musical mono son 2[B] de resolución y 22 050[Hz] como frecuencia de muestreo, con lo que nos situamos a una velocidad de transferencia de 42,05[kB/s] (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

Un sistema para la digitalización del sonido se compone de dos transductores, uno analógico/digital (A/D) en la entrada y otro digital/analógico (D/A) en la salida. Ambos se controlan mediante un reloj digital que determina la frecuencia de muestreo. Para evitar el *aliasing* se coloca en la entrada un filtro pasa-bajo que elimina de la señal analógica todos los componentes con frecuencias superiores a los 22 050[Hz]. Durante este proceso, el A/D genera un número binario por cada pulso del reloj. Para la audición del sonido es necesaria la reconversión inversa, donde el D/A convierte la secuencia de números binarios en valores de voltaje que, como ya dijimos, son análogos a los componentes de una onda sonora.

Recapitulando hasta este punto, se han presentado cuarenta ecuaciones y siete figuras que constituyen una base científica para futuros tecnólogos de la FI UNAM interesados en investigar temas de sonido, música u otros fenómenos ondulatorios. Se trata de una compilación de referencias tecno-científicas que permite comprender matemáticamente el funcionamiento del transductor de Roland, como primer elemento en un sistema de procesamiento de sonido para realizar control MIDI. Ahora, se continuará con la distinción entre archivos de audio digital y archivos MIDI para poder dar por concluidos los fundamentos científicos de esta investigación.

### 1.2.4. Diferencia entre audio digital y MIDI

Se debe tener consciencia de que un archivo de audio digital y un archivo MIDI no son equivalentes, aún cuando ambas tecnologías se utilicen para representar el mismo sonido musical. Mientras un archivo de audio digital contiene cantidades que deben ser manipuladas aplicando ciertos algoritmos por máquinas cuya arquitectura digital puede variar, un archivo MIDI debe ser ejecutado siempre por una arquitectura digital específica.

Dicho de una manera más simple, los archivos de audio digital (por ejemplo: .mp3, .wav, .flac) podrían entenderse como diferentes tipos de lentes para obtener fotografías discretas de sonidos, los cuales son revelados por distintos tipos de computadoras con algoritmos específicos para cada lente. En cambio, un archivo MIDI (.mid) es siempre el equivalente digital de una partitura (o matriz de notas) que debe ser interpretada por un mismo tipo de estructura lógica (interna o externa) a una computadora, la cual se basa en el funcionamiento de una pianola temperada. Así, resulta más sencillo comprender que las tecnologías de audio digital y MIDI implican el manejo de diferentes tipos de información, y también el desarrollo de habilidades diferentes a las que persiguen las instituciones de educación musical más formales.

Un fichero de audio digital contiene un arreglo de enteros cuyos valores, por lo general y dependiendo de la resolución ocupada, varían hasta los  $2^B$ . Pero a pesar de la sencillez de su contenido, la lista de formatos existentes es inmensa. En casi todos los casos se incluye una cabecera (en las que se indica la resolución, la frecuencia de muestreo, el número de canales, etcétera) cuyo tamaño, contenido y ordenación varía de un formato a otro.

Un caso particular son aquellos ficheros sin cabecera, los cuales suelen tener las extensiones PCM o RAW. Al abrirlos se deben indicar la resolución, la frecuencia de muestreo y el número de canales. Valores acertados darán un buen sonido, mientras que un mal sonido significa que los parámetros deben ajustarse.

Como los ficheros de audio digital pueden adquirir tamaños grandes, resulta lógico que se hayan desarrollado métodos de compresión que permiten reducir la cantidad de información. Existen técnicas con pérdida y sin pérdida, donde un factor importante es que sean capaces de comprimir y descomprimir en tiempo real. Por lo mismo, la compresión puede plantear problemas de compatibilidad entre diferentes computadoras, razón por la cual se recomienda que sólo se utilice en casos donde el ahorro de espacio sea imperativo. En medida de lo posible, tampoco se debe comprimir un fichero hasta estar seguros de que no se va a manipular más, ya que es preferible trabajar sobre la señal original (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

El lector interesado en MIDI no deberá esperar más, ya que el siguiente capítulo corresponde a la exploración de este protocolo de comunicación digital y herramienta para la producción de música.

# Capítulo 2:

## Explorando MIDI

El número de sociedades que dependen de las computadoras cada vez es mayor, y con ello MIDI gana el interés de artistas sonoros y visuales que desean utilizarlo para producir música electrónica y/o animaciones audiovisuales. Progresivamente, desde principios de la década de 1980, esta representación digital del sistema musical temperado ha ido incrementando su presencia en el mercado de instrumentos musicales y las computadoras personales, logrando así una considerable reducción de costos.

Para explorar su diseño hemos adquirido una copia física de la última revisión del estándar aprobada por la MIDI Manufactures Association (MMA) y el Japan MIDI Standards Committee (JMSC) en 1996. Por un cargo único de \$100 UDS a tarjeta de crédito, en 2014 se obtuvo “The Complete MIDI 1.0 Detailed Specification”. Desde entonces la MMA anuncia sus intenciones de hacer que esta especificación industrial sea gratuita a través de Internet, pero continúa sin proporcionar una fecha precisa para ello.

El documento publicado por esta asociación se compone de ocho secciones pero esta investigación sólo se concentra en la segunda (“MIDI 1.0 Detailed Specification v.4.2”) y la quinta (“General MIDI System Level 1”), las cuales describen el funcionamiento general de esta TIC en términos de *hardware* y *software*. En breve, es el marco mínimo necesario para conocer sobre el circuito, las conexiones, los cables, los datos, los mensajes y los programas que las tecnologías compatibles con MIDI utilizan para la comunicación musical.

También hemos retomado parte de la información que acompaña a dicha especificación técnica en su sección de apéndices, así como de referencias localizadas en la Biblioteca Central de la UNAM, ya que resultan útiles para introducir al lector en lo referente a la arquitectura y el funcionamiento de MIDI. Además, hemos distinguido entre diferentes tipos de dispositivos compatibles que existen en el mercado mexicano de instrumentos musicales, así como las topologías que pueden utilizarse para comunicarlos y sus modos de operación. Todo esto con el fin de entender a MIDI como herramienta para la producción musical y no únicamente como un protocolo de comunicación.

## 2.1. Hardware

La interfaz de *hardware* MIDI posee un ciclo de corriente de 5[mA] y su representación esquemática corresponde a la figura 2.1. Para evitar *bucles* de tierra, y errores subsecuentes, los circuitos de transmisión y recepción están separados de manera intema por un opto-oscilador, es decir, un diodo y foto-sensor que comparten un mismo empaque sellado.

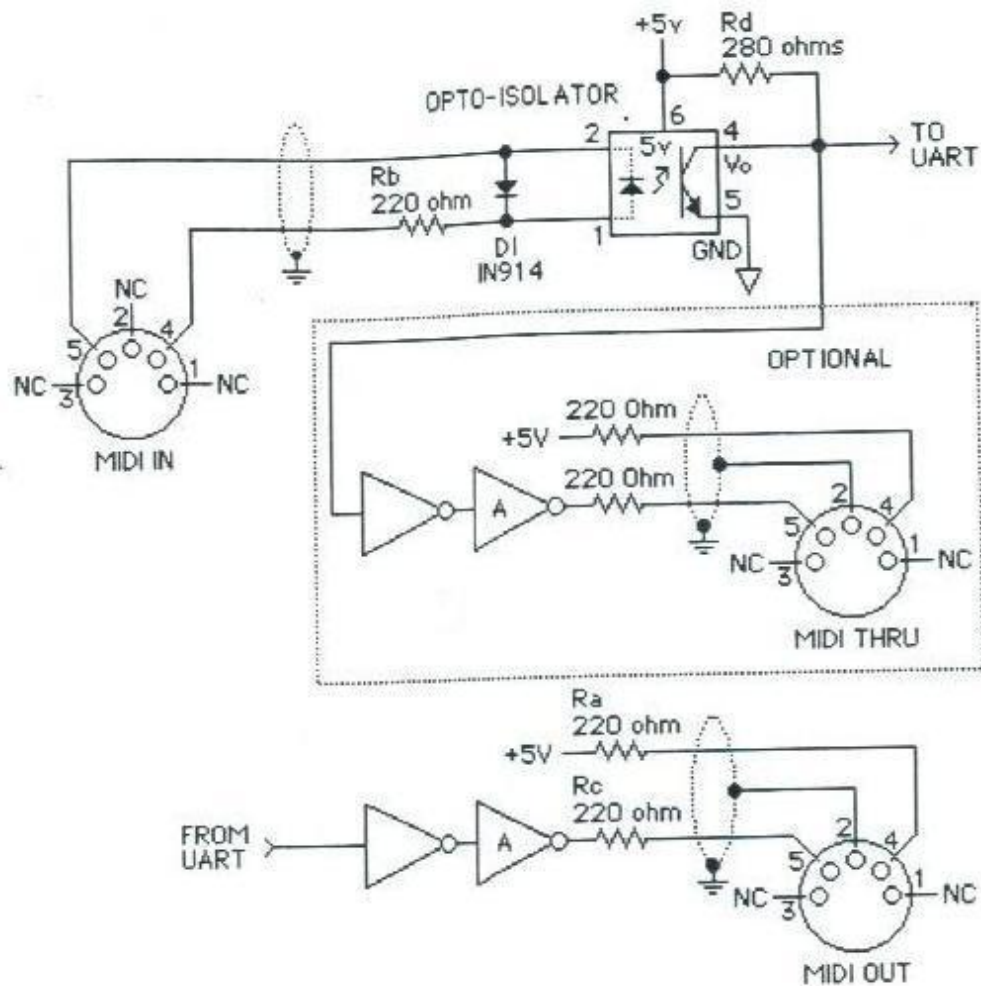


Figura No. 2.1: Sistema mínimo MIDI  
Referencia: Extraído de "MIDI 1.0 Detailed  
Specification v4.2" (MMA, 1996)<sup>4</sup>

Se debe tener en cuenta que: 1) los modelos de opto-osciladores que se han encontrado aceptables por alcanzar velocidades elevadas son Sharp PC-900 (el utilizado en la imagen) y HP 6N138, 2) el receptor debe requerir menos de 5[mA] para encender, 3) los tiempos de subida y bajada deberán ser menores a 2[ $\mu$ s], 4) las puertas A serán circuitos integrados o transistores, y 5) los resistores son al 5%.

De esa manera, la información MIDI se transfiere entre dispositivos de forma asíncrona y en periodos de 320[ $\mu$ s] por byte serial, a una velocidad de (+/- 1%) 31,25[kbaud] y utilizando un formato de 10[b]. Un bit es de inicio, ocho bits son de información (D0 a D7) y un bit es de parada.

El bit de inicio es un 0 lógico (encendido) y el bit de parada es un 1 lógico (apagado), es decir, MIDI funciona con una lógica negada donde los bytes son enviados siempre desde el *less significant bit* (LSB) [bit menos significativo].

La diferencia con respecto a otros sistemas serie es que: MIDI se basa en la activación y desactivación de corriente, en vez de utilizar voltajes para representar los niveles lógicos (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>. De esa manera se protegen la circuitería dedicada a la generación de sonido y el procesador de los dispositivos interconectados.

### 2.1.1. Conexiones

El conector MIDI se conoce como tipo DIN 5 pines (180°), con receptáculo hembra para montaje. Su blindaje no debe conectarse a otro circuito ni a la tierra física de algún chasis. Un ejemplo es el SWITCHCRAFT 57 GB5F. Nótese que los pines 1 y 3 no se encuentran en uso, y deben permanecer desconectados en el receptor y el transmisor. El pin 2 del conector MIDI IN también debe permanecer desconectado.

Los conectores “MIDI IN” y “MIDI OUT” deben estar marcados. De manera opcional se puede tener un conector “MIDI THRU”, el cual provee copia de los datos que llegan a través de MIDI IN para poder encadenar varios dispositivos. Sin embargo, cuando más de tres instrumentos se conectan de esa forma, el pulso cuadrado tiende a degradarse entre los tiempos de subida y bajada.

Estos errores en los tiempos de sincronización suelen ocasionarse por diferencias entre los tiempos de respuesta de los opto-osciladores, y conllevan a un mal direccionamiento de la información. Por ello, la MMA recomienda usar opto-osciladores de alta velocidad pero reconoce que siempre habrá un número máximo de dispositivos que pueden encadenarse en serie.

Cuando exista un conector “MIDI THRU” la señal recibida debe acoplarse directamente al conector mediante un circuito de conmutación electrónico adecuado, y no debe ser el resultado de una regeneración del microprocesador que controla el equipo (Penfold R. A., 1993)<sup>62</sup>.

### 2.1.2. Cables

Los cables deben tener una longitud máxima de 50[ft] o 15[m], con terminaciones que utilicen conectores DIN 5 pines, cabeza macho. El alambre debe ser de tipo par trenzado, con el blindaje conectado al pin 2 en cada extremo. Un ejemplo es el SWITCHCRAFT 05GM5M.

## 2.2. Datos

### 2.2.1. Formato

El formato de los datos MIDI permite una comunicación de mensajes multi-byte, la cual consiste de un byte de status seguido por uno o dos bytes de datos. Así, los mensajes (también conocidos como eventos MIDI) se envían a través de dieciséis canales (definidos por direcciones lógicas), que pueden ser utilizados en distintas configuraciones.

En el byte de status el *most significant bit* (MSB) [bit más significativo] se fija en  $1_2$  (uno). Sirve para identificar el tipo de mensaje, es decir, para saber el propósito de los bytes de datos que le siguen. A excepción de los mensajes en tiempo real, nuevos bytes de status siempre darán la orden al receptor de adoptar un status nuevo, aún cuando el último mensaje no se haya completado.

Dentro de un receptor la acción sobre el mensaje debe esperar hasta que todos los bytes de datos requeridos por el status en turno sean recibidos. Los receptores deberán ignorar los bytes de datos que no hayan sido adecuadamente precedidos por un byte de status válido, con excepción del status en turno que explicaremos a continuación.

A excepción de los mensajes en tiempo real, los demás mensajes cuentan con uno o dos bytes de datos que representan su contenido, cuyo MSB siempre se fija en  $0_2$  (cero). Para cada byte de status el número de bytes de datos asociado siempre debe enviarse. Al respecto, en la figura 2.2 es posible consultar la tabla donde la MMA ha especificado el rango y el número de bytes de datos que corresponden a cada tipo de evento MIDI.

## SUMMARY OF STATUS BYTES

Hex	STATUS Binary D7--D0	NUMBER OF DATA BYTES	DESCRIPTION
<b>Channel Voice Messages</b>			
8nH	1000nnnn	2	Note Off
9nH	1001nnnn	2	Note On (a velocity of 0 = Note Off)
AnH	1010nnnn	2	Polyphonic key pressure/Aftertouch
BnH	1011nnnn	2	Control change
CnH	1100nnnn	1	Program change
DnH	1101nnnn	1	Channel pressure/After touch
EnH	1110nnnn	2	Pitch bend change
<b>Channel Mode Messages</b>			
BnH	1011nnnn (01111xxx)	2	Selects Channel Mode
<b>System Messages</b>			
F0H	11110000	*****	System Exclusive
	11110sss	0 to 2	System Common
	11111ttt	0	System Real Time

## NOTES:

nnnn: N-1, where N = Channel #,  
i.e. 0000 is Channel 1, 0001 is Channel 2,  
and 1111 is Channel 16.

\*\*\*\*\*: 0iiiiiii, data, ..., EOX

iiiiiii: Identification

sss: 1 to 7

ttt: 0 to 7

xxx: Channel Mode messages are sent under the same Status Byte as the Control Change messages (BnH). They are differentiated by the first data byte which will have a value from 121 to 127 for Channel Mode messages.

Figura No. 2.2: Tabla I. Resumen de bytes de status  
Referencia: Extraído de "MIDI 1.0 Detailed Specification v4.2" (MMA, 1996)<sup>4</sup>

### 2.2.2. Tipos de status

- Status en turno

Únicamente para los mensajes de canal. Cuando un byte de status se recibe y procesa, el receptor permanecerá en aquel status hasta que se reciba uno diferente. Si el mismo byte de status se repite, opcionalmente se puede omitir y sólo enviar el byte de datos. Así se puede reducir drásticamente la cantidad de datos que un dispositivo debe transmitir, y con ello minimizar el retraso de la señal transmitida con respecto al momento de la ejecución.

Resulta especialmente útil al mandar cadenas largas de mensajes Note On/Off, donde Note On con velocidad 0 es utilizado para implementar Note Off. Será detenido cuando cualquier otro byte de status intervenga y se afecta por los mensajes en tiempo real.

El número de datos a transmitir se puede disminuir mediante la incorporación de un buffer donde el receptor pueda mantener el valor del último byte de status. Pero siempre se debe tener en consideración que el transmisor puede enviar mensajes de esta forma o utilizando un modo normal.

En caso de incorporarlo, se recomienda configurarlo de la siguiente manera: 1) que se borre durante el encendido del dispositivo, 2) que guarde el status cuando un mensaje de canal sea recibido, 3) que se borre cuando un mensaje exclusivo o de status común sea recibido, 4) que no se altere durante la recepción de mensajes en tiempo real, y 5) que se ignoren los bytes de datos cuando su valor sea igual a 0<sub>2</sub> (cero).

Si se utiliza en un receptor después de que el transmisor haya sido encendido, el receptor no sonará hasta que el siguiente byte de status se transmita. Por ello, se recomienda refrescar el status cada pocos segundos.

- Status no implementado

Cualquier byte de status y bytes de datos subsecuentes recibidos para funciones no implementadas en el receptor deberán ser ignorados.

- Status indefinido

Todos los dispositivos MIDI deben tener la precaución de no enviar ningún byte de status indefinido. Si un dispositivo recibe aquel código deberá ser ignorado sin causar problemas en el sistema. También se debe cuidar el encendido y apagado del dispositivo para que ningún mensaje sea enviado por el conector MIDI Out. Si este tipo de ruido aparece en la línea MIDI y el número de bits en el byte es incorrecto, puede causar error en la trama de datos.



## 2.3. Mensajes

De manera fundamental este protocolo envía mensajes de datos a través de los canales independientes de los distintos dispositivos que conforman al sistema. El uso de repetidores se hace necesario en sistemas con tres o más dispositivos debido a que la interconexión vía MIDI THRU produce una distorsión que puede implicar pérdida o deterioro de los mensajes (Ruiz Antón, Rajadell Segundo y Capilla Martínez, 2001)<sup>63</sup>.

Como se puede apreciar en la figura 2.2, existen cinco tipos principales de mensajes MIDI conocidos como: canal de voz, modo de canal, los exclusivos del sistema, los comunes del sistema y en tiempo real. Los primeros dos se agrupan como mensajes de canal, y los otros tres como mensajes de sistema. Los tipos tiempo real y exclusivo del sistema se tratan como excepciones.

Todos los mensajes MIDI comienzan con un byte de encabezamiento que identifica al tipo al que perteneces, y en el caso de los mensajes de canal también lleva el número de canal. El byte de encabezamiento se divide en dos fragmentos de cuatro bits, donde el cuarteto más significativo (los bit quinto al octavo que se transmiten) llevan el código de identificación del mensaje, y el cuarteto menos significativo (los bit primero a cuarto que se envían) indica el número de canal. En los mensajes de sistema el cuarteto más significativo siempre es  $1111_2$  y el cuarteto menos significativo se utiliza para especificar el tipo de evento (Penfold R. A., 1993)<sup>62</sup>.

Ahora adentrémonos en las características que definen a los principales eventos MIDI para que el lector cuente con más elementos que le permitan entender la manera en que esta tecnología digital permite comunicación musical.

### 2.3.1. De canal

Los mensajes de canal utilizan cuatro bits del byte de status para direccionar el mensaje a uno de los dieciséis canales MIDI, mientras que los otros cuatro bits definen al mensaje. Serán interpretados por el receptor cuyo número de canal iguale al definido en el byte de status.

Un instrumento puede recibir mensajes MIDI en más de un canal. El canal mediante el cual recibe las instrucciones principales, como el número de programa o el modo de canal, se conoce como canal básico. Para poder entender más sobre las situaciones multi-canal, distingamos entre los dos tipos que hay: los de voz y los de modo.

### 2.3.1.1. Voz

Se utilizan para controlar las voces de los instrumentos a través de los canales de VOZ.

#### CHANNEL VOICE MESSAGES

STATUS		DATA BYTES	DESCRIPTION
Hex	Binary		
8nH	1000nnnn	0kkkkkkk 0vvvvvvv	Note Off vvvvvvv: note off velocity
9nH	1001nnnn	0kkkkkkk 0vvvvvvv	Note On vvvvvvv ≠ 0: velocity vvvvvvv = 0: note off
AnH	1010nnnn	0kkkkkkk 0vvvvvvv	Polyphonic Key Pressure (Aftertouch) vvvvvvv: pressure value
BnH	1011nnnn	0ccccccc 0vvvvvvv	Control Change (See Table III) ccccccc: control # (0-119) vvvvvvv: control value  ccccccc = 120 thru 127: Reserved. (See Table IV)
CnH	1100nnnn	0ppppppp	Program Change ppppppp: program number (0-127)
DnH	1101nnnn	0vvvvvvv	Channel Pressure (Aftertouch) vvvvvvv: pressure value
EnH	1110nnnn	0vvvvvvv 0vvvvvvv	Pitch Bend Change LSB Pitch Bend Change MSB

#### NOTES:

1. nnnn: Voice Channel number (1-16, coded as defined in Table I notes)
2. kkkkkkkk: note number (0 - 127)
3. vvvvvvvv: key velocity  
A logarithmic scale is recommended.
4. Continuous controllers are divided into Most Significant and Least Significant Bytes. If only seven bits of resolution are needed for any particular controllers, only the MSB is sent. It is not necessary to send the LSB. If more resolution is needed, then both are sent, first the MSB, then the LSB. If only the LSB has changed in value, the LSB may be sent without re-sending the MSB.

Figura No. 2.3: Tabla II. Resumen de mensajes de Voz  
Referencia: Extraído de "MIDI 1.0 Detailed Specification v4.2" (MMA, 1996)<sup>4</sup>

### 2.3.1.2. Modo

Se utilizan para definir la respuesta de un instrumento a los mensajes de voz a través del canal básico.

#### CHANNEL MODE MESSAGES

STATUS		DATA BYTES	DESCRIPTION
Hex	Binary		
Bn	1011nnnn	0ccccccc 0vvvvvvv	Mode Messages
			cccccc = 120: All Sound Off vvvvvv = 0
			cccccc = 121: Reset All Controllers vvvvvv = 0
			cccccc = 122: Local Control vvvvvv = 0, Local Control Off vvvvvv = 127, Local Control On
			cccccc = 123: All Notes Off vvvvvv = 0
			cccccc = 124: Omni Mode Off (All Notes Off) vvvvvv = 0
			cccccc = 125: Omni Mode On (All Notes Off) vvvvvv = 0
			cccccc = 126: Mono Mode On (Poly Mode Off) (All Notes Off) vvvvvv = M, where M is the number of channels. vvvvvv = 0, the number of channels equals the number of voices in the receiver.
			cccccc = 127: Poly Mode On (Mono Mode Off) (All Notes Off) vvvvvv = 0

#### NOTES:

1. nnnn: Basic Channel number (1-16)
2. ccccccc: Controllor number (121 - 127)
3. vvvvvvv: Controllor value

Figura No. 2.4: Tabla IV. Resumen de mensajes de Modo  
Referencia: Extraído de "MIDI 1.0 Detailed Specification v4.2" (MMA, 1996)<sup>4</sup>

## 2.3.2. De sistema

Estos mensajes no se codifican utilizando números de canal. Se tratan siempre de la misma forma, independientemente del modo seleccionado.

### 2.3.2.1 Comunes

Están destinados a todos los receptores en un sistema, sin importar el canal.

SYSTEM COMMON MESSAGES			
STATUS		DATA BYTES	DESCRIPTION
Hex	Binary		
F1H	11110001	0nnndddd	MIDI Time Code Quarter Frame nnn: Message Type ddd: Values
F2H	11110010	01111111 0hhhhhhh	Song Position Pointer 1111111: (Least significant) hhhhhhh: (Most significant)
F3H	11110011	0sssssss	Song Select sssssss: Song #
F4H	11110100		Undefined
F5H	11110101		Undefined
F6H	11110110	none	Tune Request
F7H	11110111	none	EOX: "End of System Exclusive" flag

Figura No. 2.5: Tabla V. Resumen de mensajes Comunes  
Referencia: Extraído de "MIDI 1.0 Detailed Specification v4.2" (MMA, 1996)<sup>4</sup>

### 2.3.2.2. En tiempo real

Se utilizan para la sincronización y están destinados para todas las unidades del sistema que se basan en un reloj. Se componen únicamente por el byte de status y pueden ser enviados en cualquier momento, incluso entre bytes de mensaje que tienen un status diferente. En tal caso se responde o ignora al mensaje, y después el proceso de recepción retoma el valor del status previo.

SYSTEM REAL TIME MESSAGES

STATUS		DATA BYTES	DESCRIPTION
Hex	Binary		
F8H	11111000		Timing Clock
F9H	11111001		Undefined
FAH	11111010		Start
FBH	11111011		Continue
FCH	11111100		Stop
FDH	11111101		Undefined
FEH	11111110		Active Sensing
FFH	11111111		System Reset

Figura No. 2.6: Tabla VI. Resumen de mensajes En tiempo real  
Referencia: Extraído de “MIDI 1.0 Detailed Specification v4.2” (MMA, 1996)<sup>4</sup>

### 2.3.2.3. Exclusivos

Pueden contener cualquier número de bytes de datos y terminar ya sea por *End of Exclusive* (EOX) o cualquier otro byte the status, excepto mensajes en tiempo real. Un EOX siempre debe ser enviando al final de un mensaje exclusivo. Estos mensajes incluyen un código ID de fabricante, el cual es leído por el receptor e ignorado si no lo reconoce.

Así que, para que otros usuarios y desarrolladores puedan tener completo acceso a sus instrumentos, los fabricantes deben publicar el formato del mensaje exclusivo del sistema siguiendo su código ID. Únicamente el fabricante puede definir o actualizar el formato que sigue a su código ID<sup>v</sup>.

<sup>v</sup>Vea Apéndice E: ID de fabricantes para envío de mensajes exclusivos del sistema.

## SYSTEM EXCLUSIVE MESSAGES

STATUS		DATA BYTES	DESCRIPTION
Hex	Binary		
F0H	11110000		SOX: Start of System Exclusive Status Byte
		0iiiiiii	System Exclusive Sub-ID (see note 1) (00 - 7CH) Manufacturer Identification (7DH) Non Commercial System Exclusive ID (7EH) Non-Real Time System Exclusive (7FH) Real Time System Exclusive
		0ddddddd . . . 0ddddddd	Any number of data bytes may be sent here, for any purpose, as long as they all have a zero in the most significant bit. (see note 2)
F7H	11110111		EOX: End of System Exclusive

## NOTES:

## 1. 0iiiiiii:

- A) Manufacturer identification (0-124). If the first byte of this ID is 0, the following two bytes are used as extensions to the Manufacturer ID. See Table VIIIb for a listing of currently assigned Manufacturer ID numbers. A Manufacturers ID may be obtained from the MIDI Manufacturers Association.
- B) ID 7DH (125) is reserved for non-commercial use (e.g. schools, research, etc.) and is not to be used on any product released to the public.
- C) ID 7EH (126) and 7FH (127) are used for Universal System Exclusive extensions to the MIDI specification. See Table VIIa for a listing of currently defined Non-Real Time and Real Time messages.

## 2. 0ddddddd:

All bytes between the System Exclusive Status byte and EOX must have zeroes in the Most Significant Bit -- which therefore makes them Data Bytes -- with the exception of System Real Time Status Bytes (F8H-FFH) (see Table VI). Any other Status Byte that appears between the SOX (F0H) and EOX (F7H) will be considered an EOX message, and terminate the System Exclusive message.

Figura No. 2.7: Tabla VII. Resumen de mensajes Exclusivos  
Referencia: Extraído de "MIDI 1.0 Detailed Specification v4.2" (MMA, 1996)<sup>4</sup>

## 2.4. Modos de canal

Los sintetizadores y otros instrumentos contienen elementos de generación de sonido llamados voces. La asignación de una voz es el proceso algorítmico de enrutar los datos Note On/Off de un mensaje MIDI que se recibe, de manera que las notas suenen correctamente. Por “instrumento” nos referimos a un elemento virtual, no necesariamente a uno físico.

Existen cuatro mensajes de modo para definir la relación entre los dieciséis canales MIDI y la asignación de la voz del instrumento. Para referirnos a un canal cualquiera utilizemos la letra N, un número entero entre 1 y 16. Los modos se determinan por las propiedades Omni (On/Off), Poly y Mono, donde Poly y Mono son mutuamente excluyentes.

Cuando Omni está activo (On) permite que el receptor reciba mensajes de voz en todos los canales de voz, mientras que si está inactivo (Off) el receptor acepta mensajes de voz sólo a través de los canales de voz seleccionados. Cuando Mono está activo restringe la asignación de voces a sólo una voz por canal de voz (forma monofónica), mientras que si está inactivo (Poly On) un número de voces podrá ser asignado por el algoritmo normal de asignación de voz en el receptor (forma polifónica).

Un receptor o transmisor MIDI opera bajo un canal de modo a la vez. Si un modo no es implementado en el receptor, el mensaje deberá ser ignorado (junto con los bytes de datos subsecuentes), o cambiar a un modo alternativo, usualmente el Modo 1: Omni On/Poly.

El transmisor y receptor de un mismo instrumento pueden ser asignados a diferentes modos. Por ejemplo, se puede recibir en algún modo Mono y transmitir en algún modo Poly. También es posible el transmitir y recibir a través de diferentes canales. Por ejemplo, un instrumento puede recibir a través del canal 1 y transmitir en el canal 3.

Los mensajes de modo serán reconocidos por un receptor sólo cuando sean recibidos a través del canal básico del instrumento, sin importar el modo al que el receptor haya sido asignado. Los mensajes de voz podrán recibirse a través del canal básico y otros canales de voz, de acuerdo con las siguientes configuraciones.

### 2.4.1. Modo 1: Omni On/Poly

En el receptor los mensajes de voz se reciben por todos los canales y la asignación de voces es de forma polifónica. En el transmisor todos los mensajes de voz se transmiten a través del canal N.

Cualquier dispositivo MIDI incorpora este modo, el cual pretende asegurar que cualquier pareja se pueda comunicar. Pero es muy básico y está casi desprovisto de versatilidad, ya que Omni On implica que se ignoren completamente los números de canal y Poly indica que opera de forma polifónica. En teoría, no hay un límite para el número de notas que se pueden tocar simultáneamente. Pero en la realidad cada fabricante queda limitado a las características del *hardware* que utilice para diseñar su sistema (Penfold R. A., 1993)<sup>62</sup>.

### 2.4.2. Modo 2: Omni On/Mono

En el receptor los mensajes de voz se reconocen en todos los canales, y controlan únicamente una voz, es decir, opera de forma monofónica. En el transmisor los mensajes de voz para una voz son enviados a través del canal N.

Muchos instrumentos no lo incorporan. Se parece al Modo 1, pero sólo permite tocar una nota a la vez. Por lo tanto, es el modo más básico de todos y tiene poca importancia práctica. Probablemente, su inclusión en el estándar se debe a la existencia de sintetizadores monofónicos cuyos diseños fueron previos a MIDI (Penfold R. A., 1993)<sup>62</sup>.

La especificación técnica no tiene ninguna regla para controlar lo que sucede si se reciben notas en exceso, eso corresponde al diseñador de cada instrumento. Por ello, la mayoría de los instrumentos parecen ignorar los mensajes que presentan esta situación.

### 2.4.3. Modo 3: Omni Off/Poly

En el receptor los mensajes de voz son recibidos sólo a través del canal N, y son asignados a voces de forma polifónica. En el transmisor los mensajes de voz para todas las voces se envían a través del canal N.

Es probablemente el modo más potente. Omni Off implica que se consideren los números de canal y Poly una asignación de voces de forma polifónica. La idea principal es que permite emplear varios instrumentos a la vez, cada uno por un canal. Así, se controlan de forma independiente hasta 16 instrumentos que podrán tocar tantas notas al mismo tiempo como permita su *hardware*. Obviamente, para explotarlo al máximo harían falta 16 instrumentos polifónicos (Penfold R. A., 1993)<sup>62</sup>.

### 2.4.4. Modo 4: Omni Off/Mono

En el receptor los mensajes de voz son recibidos en N canales de voz hasta N+M-1, y son asignados de forma monofónica a las voces 1 a M, respectivamente. El número de voces M se especifica en el tercer byte del mensaje de modo. En el transmisor los mensajes de voz para las voces 1 a M son transmitidos en los canales N a N+M-1, respectivamente. Sólo una voz por canal.



Se le puede considerar la versión monofónica del Modo 3, por lo que resulta particularmente útil en tareas de secuenciación. Sólo admite una nota a la vez por canal, pero permite operar un instrumento con cada voz asignada a un canal diferente, habitualmente en canales consecutivos. Aunque es menos potente al Modo 3, resulta más práctico en el sentido de que permite utilizar un mayor número de sonidos en un sistema con sólo dos instrumentos (Penfold R. A., 1993)<sup>62</sup>.

Aunque un instrumento pueda operar en varios canales en el Modo 4, la operación en cada canal podría no ser independiente. Los mensajes de activación y desactivación de notas, por supuesto, corresponderán sólo a un canal, y por lo tanto a una voz del instrumento. Pero otros mensajes quizás afecten a todas las voces independientemente del canal en que estén, como podría ser en muchos instrumentos con los cambios de variación de *pitch*.

### 2.4.5. Modo Multi

Como un instrumento puede funcionar como múltiples instrumentos virtuales, así se puede tener más de un canal básico. Tal instrumento se comporta como si fuera más de un receptor, y cada receptor puede asignarse a un canal básico diferente. Cada uno de estos receptores también puede asignarse a un modo diferente, ya sea en su panel de control o por medio de mensajes de modo recibidos en cada canal básico. A pesar de ello, este no es un modo MIDI verdadero.

Además, es recomendable que durante el encendido del equipo, el canal básico se fije en 1 y el modo en Omni On/Poly. Ésta, y cualquier otra condición por default para un instrumento en particular, debe ser mantenida indefinidamente (aún durante el apagado), hasta que los paneles de control del instrumento sean operados o se hayan recibido datos MIDI. De cualquier forma, la decisión de implementar esta configuración se deja a criterio del diseñador.

Podemos considerarlo una versión polifónica del Modo 4, por lo que cada voz del instrumento se puede asignar a un canal MIDI y sus notas se tocarán solamente en ese canal. Así es posible interpretar varias notas a la vez, un número que varía en cada instrumento, y algunos tienen varios modos multi con varias opciones al respecto. Por ello, algunos instrumentos son más versátiles que otros (Penfold R. A., 1993)<sup>62</sup>.

La ventaja de la asignación dinámica de notas entre diversos modos multi es la flexibilidad de no tener que conmutar entre modos. El instrumento se ajustará automáticamente para conseguir el efecto deseado, utilizando el máximo número de canales disponibles y dando el número deseado de notas por canal, mientras que éste no exceda el límite total de notas simultáneas.

## 2.5. Topologías

Como ya dijimos, el *hardware* MIDI se conecta por medio de cables DIN y utilizando los puertos MIDI IN, MIDI THRU y MIDI OUT. Además, en sistemas con tres o más elementos se utilizan repetidores, también llamados cajas THRU. Esto nos deja con dos tipos de topologías: el encadenamiento y la estrella. En sistemas muy grandes, una combinación de ambas será la que generalmente dé los mejores resultados (Penfold R. A., 1993)<sup>62</sup>.

El encadenamiento (o conexión DAISY) es el método más básico y no requiere de ningún *hardware* adicional. En este caso la salida de un instrumento controlador (o maestro) se conecta a la entrada de un segundo instrumento (esclavo), cuya conexión MIDI THRU se conecta a la entrada de un tercer instrumento (esclavo), que de ser necesario también dispondrá de una conexión MIDI THRU para añadir otro instrumento (esclavo), y así sucesivamente.

En teoría no existe un límite para la cantidad de instrumentos que puede encadenarse pero, como ya dijimos, en la práctica no es así. Mientras sólo exista una unidad sin la conexión MIDI THRU no habrá problema, ya que esa unidad se situará al final de la cadena. Pero si hay más de una unidad sin la conexión MIDI THRU, entonces este método no se puede utilizar.

La otra alternativa es la estrella, la cual requiere de un controlador con varias salidas (característica poco común) o el uso de cajas THRU y cables adicionales. La salida del controlador se puede transmitir en paralelo gracias al uso repetidores, y con esto se evitan los problemas de retardo.

Pero para que esto funcione es importante tener en cuenta que: los esclavos deberán tener activo un modo Omni On y los cables no podrán tener más de 3[m] (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>.

Antes de efectuar cualquier tipo de conexión entre dispositivos, asegúrese de que todos están apagados, verificando que MIDI IN esté conectado a un MIDI OUT o THRU, y que el MIDI OUT esté conectado a un MIDI IN. Una conexión inadecuada o realizada con los dispositivos en marcha, podría dañar los circuitos.

En años recientes, la MMA ha buscado la integración del estándar con los protocolos Bluetooth y WiFi para permitir comunicación inalámbrica. Al respecto se ha publicado documentación adicional a la descripción técnica completa de MIDI.

## 2.6. Dispositivos

Hoy en día, basta con tener un teléfono celular o tableta con conexión a Internet para poder acceder a instrumentos virtuales con capacidades MIDI. Lenguajes de programación como C, C++, Java, JavaScript, Python, ChucK, SuperCollider, Scripthica, Pure Data, OpenMusic, Sonic Pi, entre otros, facilitan la integración del estándar con *software* nuevo. Si se requiere de un *hardware* específico, obviamente el costo será mayor. Pero en el mercado mexicano existe una oferta variada, con precios de entrada que justifican promover el uso de MIDI como herramienta en las aulas de educación básica.

Así entonces, distingamos brevemente entre los principales tipos de instrumentos MIDI (físicos o definidos por *software*) que miles de millones de músicos utilizan para la creación de arte sonoro. No sin antes dejar claro que: al igual que la caja THRU, existen diversas tecnologías de vídeo e iluminación que no actúan como instrumentos musicales pero que son compatibles con MIDI para la creación de espectáculos audiovisuales. El lector interesado al respecto puede profundizar buscando información sobre la sexta sección de la especificación completa de MIDI (“MIDI Show Control 1.1”), que por motivos de extensión no se trata en esta investigación.

Para conocer más sobre las funciones que puede recibir y transmitir un dispositivo MIDI en particular, la referencia más rápida es la tabla de implementación de instrucciones MIDI que debe acompañar a su manual de usuario<sup>w</sup>.

### 2.6.1. Controlador

Dispositivo capaz de generar mensajes MIDI, razón por la cual ocupa el rol del maestro dentro de una topología. Suele fabricarse en presentación de teclado de piano o percusiones pero también existen versiones costosas inspiradas en cordófonos y aerófonos (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>.

Desde hace décadas, la mayoría de los teclados para computadora doméstica que salen al mercado pueden funcionar de esta forma. Pero, indiscutiblemente, a mayor calidad y precio se dispone de más y mejores prestaciones.

### 2.6.2. Sintetizador

Instrumento cuyos timbres se obtienen a partir de generadores electrónicos de sonido (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>. Se distinguen porque incorporan entradas (generalmente teclado de piano, botones, potenciómetros y/o pantallas) por medio de las cuales se pueden definir valores de entrada (tipo de onda, amplitud, frecuencia, fase, entre otros) para la síntesis de sonido.

---

<sup>w</sup>Vea formato en Apéndice D: Implementación de instrucciones MIDI.

### **2.6.3. Módulo generador de sonido**

Instrumento que sintetiza sonido pero que no dispone de una interfaz que facilite su manipulación directa, con lo cual se logra abaratar costos y simplificar el tamaño del sistema (Ruiz Antón, Rajadell Segundo, & Capilla Martínez, 2001)<sup>63</sup>.

### **2.6.4. Sampler**

Instrumento que funciona como un sintetizador avanzado, capaz de grabar los sonidos reales para después transformarlos y/o secuenciarlos (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>.

### **2.6.5. Secuenciador**

Instrumento que no graba sonidos sino información sobre eventos MIDI. Dichas secuencias de mensajes pueden ser editadas en la memoria que incorpora el dispositivo, para de esa manera ser procesadas y orquestar composiciones musicales utilizando varios instrumentos (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>.

### **2.6.6. Cajas de ritmo**

Instrumento cuyos timbres son, casi exclusivamente, de percusión. Integra un secuenciador que hace posible la grabación y reproducción de patrones rítmicos (Ruiz Antón, Rajadell Segundo, & Capilla Martínez, 2001)<sup>63</sup>.

### **2.6.7. Pad de percusión**

Instrumento cuyos timbres son, casi exclusivamente, de percusión. Funciona como un batería o conjunto de percusiones, para lo cual incorpora sensores sensibles al tacto que miden el nivel de presión que se ejerce sobre ellos (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>.

### **2.6.8. DJ Mixer**

Instrumento que imita (o incorpora) dos tomamesas de discos de vinilo, utilizado por los DJ para realizar *sampling*, *sequencing* y *scratching* de audio digital. Además, suelen incorporar botones y potenciómetros para añadir capacidad de control MIDI.

### 2.6.9. Tarjeta de sonido e interfaces externas

Durante los inicios de MIDI, los sintetizadores domésticos solían incorporarse a las computadoras en forma de tarjetas que, por lo general, estaban integradas al puerto para control de los dispositivos de juego (Jordà Puig, 1997)<sup>7</sup>.

Ahora, su uso (al igual que el de las cajas THRU) es poco común debido a que las tarjetas han sido reemplazadas por interfaces embebidas que pueden transmitir eventos MIDI a una computadora vía puerto USB, Bluetooth o WiFi.

## 2.7. General MIDI

Con la expansión de las tarjetas de sonido y de los videojuegos, más el surgimiento de nuevas tecnologías musicales, la MMA consideró necesario establecer exigencias mínimas para que un instrumento sea compatible con MIDI. Así se originó el General MIDI, un complemento a la “MIDI 1.0 Detailed Specification v.4.2” que describe un número mínimo de voces, locaciones de sonidos, mapeo de notas y percusiones, registro de octava, rango de cambio de afinación y uso de control.

En dicho complemento, los requerimientos para un generador de sonido son:

1. Tecnología para síntesis/reproducción (tipo de fuente de sonido): definida por el fabricante.
2. Número mínimo de voces de:
  - 1) 24 voces con locación dinámica disponibles de forma simultánea para sonidos melódicos y percusiones; o
  - 2) 16 voces con locación dinámica para sonidos melódicos, más 8 para percusiones.
3. Canales MIDI soportados:
  - 1) los 16 canales MIDI,
  - 2) cada canal puede reproducir un número de voces variable (polifonía),
  - 3) cada canal puede reproducir un instrumento diferente (multitimbricidad),
  - 4) el canal 10 se asocia a un mapa de percusiones.
4. Instrumentos:
  - 1) un mínimo de 128 voces para los instrumentos, de acuerdo con el “GM Sound Set”,
  - 2) un mínimo de 47 voces de percusiones, desacuerdo con el “GM Percussion Map”.
5. Hardware recomendado: control de volumen maestro, conector MIDI IN y Audio Out (L, R y audífonos).

No obstante, cada marca ha introducido sus señas de identidad, y de ahí que existen siglas que suelen acompañar a este documento, como GS (para los sistemas de Roland) o XG (para los sistemas de Yamaha) (Ruiz Antón, Rajadell Segundo y Capilla Martínez, 2001)<sup>63</sup>.

En las siguientes figuras se especifican los 128 sonidos y 47 percusiones definidos por la MMA y el JM5C, es decir, los 175 programas que todo dispositivo MIDI deberá incorporar para ser acreedor del logo General MIDI.

#### General MIDI Sound Set Groupings:

(all channels except 10)

Prog #	Instrument Group	Prog #	Instrument Group
1-8	Piano	65-72	Reed
9-16	Chromatic Percussion	73-80	Pipe
17-24	Organ	81-88	Synth Lead
25-32	Guitar	89-96	Synth Pad
33-40	Bass	97-104	Synth Effects
41-48	Strings	105-112	Ethnic
49-56	Ensemble	113-120	Percussive
57-64	Brass	121-128	Sound Effects

#### General MIDI Sound Set:

(MIDI Program Numbers 1 – 128; all channels except 10)

Prog #	Instrument	Prog #	Instrument	Prog #	Instrument	Prog #	Instrument
1.	Acoustic Grand Piano	33.	Acoustic Bass	65.	Soprano Sax	97.	FX 1 (rain)
2.	Bright Acoustic Piano	34.	Electric Bass (finger)	66.	Alto Sax	98.	FX 2 (soundtrack)
3.	Electric Grand Piano	35.	Electric Bass (pick)	67.	Tenor Sax	99.	FX 3 (crystal)
4.	Honky-tonk Piano	36.	Fretless Bass	68.	Baritone Sax	100.	FX 4 (atmosphere)
5.	Electric Piano 1	37.	Slap Bass 1	69.	Oboe	101.	FX 5 (brightness)
6.	Electric Piano 2	38.	Slap Bass 2	70.	English Horn	102.	FX 6 (goblins)
7.	Harpsichord	39.	Synth Bass 1	71.	Bassoon	103.	FX 7 (echoes)
8.	Clavi	40.	Synth Bass 2	72.	Clarinet	104.	FX 8 (sci-fi)
9.	Celesta	41.	Violin	73.	Piccolo	105.	Sitar
10.	Glockenspiel	42.	Viola	74.	Flute	106.	Banjo
11.	Music Box	43.	Cello	75.	Recorder	107.	Shamisen
12.	Vibraphone	44.	Contrabass	76.	Pan Flute	108.	Koto
13.	Marimba	45.	Tremolo Strings	77.	Blown Bottle	109.	Kalimba
14.	Xylophone	46.	Pizzicato Strings	78.	Shakuhachi	110.	Bag pipe
15.	Tubular Bells	47.	Orchestral Harp	79.	Whistle	111.	Fiddle
16.	Dulcimer	48.	Timpani	80.	Ocarina	112.	Shanai
17.	Drawbar Organ	49.	String Ensemble 1	81.	Lead 1 (square)	113.	Tinkle Bell
18.	Percussive Organ	50.	String Ensemble 2	82.	Lead 2 (sawtooth)	114.	Agogo
19.	Rock Organ	51.	SynthStrings 1	83.	Lead 3 (calliope)	115.	Steel Drums
20.	Church Organ	52.	SynthStrings 2	84.	Lead 4 (chiff)	116.	Woodblock
21.	Reed Organ	53.	Choir Aahs	85.	Lead 5 (charang)	117.	Taiko Drum
22.	Accordion	54.	Voice Oohs	86.	Lead 6 (voice)	118.	Melodic Tom
23.	Harmonica	55.	Synth Voice	87.	Lead 7 (fifths)	119.	Synth Drum
24.	Tango Accordion	56.	Orchestra Hit	88.	Lead 8 (bass + lead)	120.	Reverse Cymbal
25.	Acoustic Guitar (nylo)	57.	Trumpet	89.	Pad 1 (new age)	121.	Guitar Fret Noise
26.	Acoustic Guitar (steel)	58.	Trombone	90.	Pad 2 (warm)	122.	Breath Noise
27.	Electric Guitar (jazz)	59.	Tuba	91.	Pad 3 (polysynth)	123.	Seashore
28.	Electric Guitar (clean)	60.	Muted Trumpet	92.	Pad 4 (choir)	124.	Bird Tweet
29.	Electric Guitar (mute)	61.	French Horn	93.	Pad 5 (bowed)	125.	Telephone Ring
30.	Overdriven Guitar	62.	Brass Section	94.	Pad 6 (metallic)	126.	Helicopter
31.	Distortion Guitar	63.	SynthBrass 1	95.	Pad 7 (halo)	127.	Applause
32.	Guitar harmonics	64.	SynthBrass 2	96.	Pad 8 (sweep)	128.	Gunshot

Figura No. 2.8: Tablas 1 y 2. GM Sound Set Groupings y GM Sound Set Referencia: Extraído de “General MIDI System Level 1” (MMA, 1996)<sup>4</sup>

**General MIDI Percussion Map:**  
(Channel 10)

MIDI Key	Drum Sound	MIDI Key	Drum Sound	MIDI Key	Drum Sound
35	Acoustic Bass Drum	51	Ride Cymbal 1	67	High Agogo
36	Bass Drum 1	52	Chinese Cymbal	68	Low Agogo
37	Side Stick	53	Ride Bell	69	Cabasa
38	Acoustic Snare	54	Tambourine	70	Maracas
39	Hand Clap	55	Splash Cymbal	71	Short Whistle
40	Electric Snare	56	Cowbell	72	Long Whistle
41	Low Floor Tom	57	Crash Cymbal 2	73	Short Guiro
42	Closed Hi Hat	58	Vibraslap	74	Long Guiro
43	High Floor Tom	59	Ride Cymbal 2	75	Claves
44	Pedal Hi-Hat	60	Hi Bongo	76	Hi Wood Block
45	Low Tom	61	Low Bongo	77	Low Wood Block
46	Open Hi-Hat	62	Mute Hi Conga	78	Mute Cuica
47	Low-Mid Tom	63	Open Hi Conga	79	Open Cuica
48	Hi Mid Tom	64	Low Conga	80	Mute Triangle
49	Crash Cymbal 1	65	High Timbale	81	Open Triangle
50	High Tom	66	Low Timbale		

Figura No. 2.9: Tabla 3. GM Percussion Map  
Referencia: Extraído de “General MIDI System Level 1” (MMA, 1996)<sup>4</sup>

# Capítulo 3:

## Adaptación de una guitarra eléctrica convencional en una interfaz digital

### 3.1. Sobre cordófonos

El origen de Música es un misterio. Está se encuentra asociada, sin lugar a duda, con la humanidad misma. Es probable que desde el punto de vista antropológico, los primeros instrumentos musicales usados por el hombre fuesen voces y percusiones. Quizás, su uso colectivo se desarrolló con fines ceremoniales. No contamos con alguna evidencia empírica que nos ayude a saberlo con precisión. Lo que se tiene claro es que Música está presente en todas las culturas, algunas de las cuales la consideran una manifestación de la divinidad.

De acuerdo con Wikipedia (en Inglés), el arco como tecnología de caza se desarrolló aproximadamente en 30, 000 a.C. y la evidencia más antigua data de 17 500 a.C<sup>x</sup>. Debido a que éste puede ser usado como un cordófono, entonces es posible plantear el origen de estos instrumentos musicales durante aquella etapa del Paleolítico Superior.

La Biblia, en Génesis 4:21, reconoce la existencia de los cordófonos a partir de la séptima generación de los descendientes de Adán y Eva, al identificar a Jubal como “padre de los que tocan el arpa y la flauta”. Aquel libro es común para los cristianos y los judíos como primer texto sagrado.

---

<sup>x</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.



Por su parte, la mitología griega cuenta que Apolo, una de las más importantes deidades de la cultura grecorromana con cualidades de músico y arquero, le regaló una lira a Orfeo. Los sonidos que Orfeo producía con ella conmovía a hombres, bestias y hasta los mismos dioses del Hades o inframundo (UTEHA, 1980)<sup>64</sup>.

Sobre aquel tipo de cordófono, Miguel Ángel Echegaray menciona que se trata de un legado persa con evidencias descubiertas en Ur, antigua Mesopotamia, que datan de hace más de cinco mil años (Echegaray, 2006)<sup>65</sup>. Alan Yentob exhibe una imagen de un instrumento que corresponde a un grabado en piedra, localizado en Turquía y que data de 3 400 a.C., que bien podría ser una lira (Yentob, 2008)<sup>25</sup>. Además, en YouTube es posible escuchar grabaciones de himnos presuntamente compuestos a la diosa hurrita Nikkal, cuya transcripción musical para lira se rescató (en la década de 1950) tras descubrir unas tablillas de piedra que datan, aproximadamente, de 1 400 a.C.<sup>y</sup>.

Esta capacidad de los cordófonos para conmover a seres naturales y sobrenaturales también está documentada en la cultura hebrea. Otra vez en la Biblia, en el primer libro de Samuel 16:23, existe testimonio de David tocando el arpa ante el rey Saúl para ahuyentar a un demonio que atormentaba al monarca. En la actualidad, adoradores como Marcos Vidal, Héctor Hermosillo (Torre Fuente), Kiko Cibrian (Jesús Adrián Romero), Coalo Zamorano (VCV), Marcos Brunet (Toma Tu Lugar), Oswaldo Burruel (Rojo), Andrés Saez, Jason Upton, Neal Morse, entre otros, continúan componiendo y produciendo música para el Dios de David.

Aunque el arpa es considerada un antecesor de la guitarra, será a partir de la Edad Media cuando surge evidencia de que los trovadores y juglares extendieron el uso de cordófonos más parecidos a la guitarra, como el laúd, el guitame, la cítara, la vihuela, entre otros; usándolos como instrumentos de la música profana (Yentob, 2008)<sup>25</sup>. Su origen como tal no tiene una fecha precisa. En México se encuentra presente desde la época de la conquista española, y su uso es tan popular que existen zonas dedicadas a su producción artesanal, como es el caso de Paracho, Michoacán.

El uso de las cuerdas significó un salto de tipo tecnológico y conceptual al comprender que las mismas (probablemente provenientes de tripas o tendones de animales, cuero, fibras vegetales, en sus primeras formas) pueden producir distintos sonidos dependiendo de: su longitud, la tensión que se les aplique y cómo se les haga vibrar. Durante siglos, las técnicas se fueron desarrollaron a medida que otro fenómeno fue explorado: las cuerdas producen sonidos más intensos y hermosos si se tensan sobre cajas de madera u otros materiales, pero aislándolas para que puedan emitir sus vibraciones de manera libre. Así, la humanidad ha hecho de la laudería una disciplina cuyos productos tecnológicos son interfaces que los músicos utilizan para interactuar con las emociones de su audiencia.

---

<sup>y</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

Por el orden en que fueron inventados, estos instrumentos pueden separarse en tres grupos (UTEHA, 1980)<sup>64</sup>:

1. Los de cuerdas punteadas, como: la lira, el salterio, el apa, el laúd, la pandora, la bandurria, la guitarra, el bajo, el ukulele, el guitame, la vihuela, el banjo, la mandolina, la mandola, el mandolincello, el diddley bow, el banjo, el Chapman stick, el Moods winger, la Moonlander, la Springtime, el kin, el phí-phá, el sonogoto, el Ikuta-goto, el Yamada-koto, la cítara, la vina, la balalaika, la jarana, el requinto, la leona, el tololoche, el *chapareke*, entre otros. Estos a su vez se pueden subdividir en: los de muchas cuerdas (de apa) y los de pocas cuerdas (de laúd).
2. Los de cuerdas frotadas o de arco, como: el violín, la viola, el violincello, el contrabajo, el yamato-goto, el ravana, el sarangi, el bimbao, el ngongo, el nyckelharpa, entre otros.
3. Los de teclado o polífonos, como: el piano, la espireta, el clavicordio, el clavecín, la zanfona, el nyckelharpa, entre otros.

En su descripción científica sobre los sonidos musicales, James Jeans explica que al medir la velocidad a la que se mueve una cuerda podemos calcular el tiempo que se necesita para trazar una de las ondas de la curva que describe su vibración. Así es posible obtener su periodo (Jeans, 1981)<sup>20</sup>.

Cuando una cuerda abandona su estado de reposo, ésta sufre una fuerza restauradora que tiende a devolverla a su posición inicial. Al cabo de un tiempo, la cuerda alcanza esta posición, pero como está poseída de cierta velocidad rebasa la posición y recorre una cierta fuerza que tiende a empujarla en sentido contrario; reacciona a esta fuerza, acelera, rebasa el punto de equilibrio, y así sucesivamente, repitiéndose el movimiento una y otra vez. La trayectoria del movimiento de la cuerda será una sucesión de ondas que conforman su curva de vibración.

En las vibraciones, la fuerza restauradora es directamente proporcional a la distancia que ha recorrido la cuerda desde el punto de equilibrio; si se duplica la distancia desde esta posición resulta también duplicada la fuerza que la empuja en sentido contrario. Cuando esta relación es cierta, el movimiento de la cuerda será del mismo tipo, cualquiera que sea la estructura a la que pertenece. Así entonces, se dice que la cuerda está en movimiento armónico simple.

El movimiento de vaivén de la cuerda obliga a las moléculas de aire que están próximas a moverse de la misma forma. Esa oscilación junta o separa las moléculas de una forma alterada, es decir, se crean zonas de compresión y de depresión que, a su vez, empujarán a otras moléculas contiguas, y así sucesivamente. De tal manera que los sonidos producidos por cuerdas tensas que vibran pueden ser interpretados como mezclas de sonidos puros (Orós Cabello, 1996)<sup>61</sup>.

Si aumentamos la tensión de la cuerda, la altura del sonido musical aumenta en una proporción 4:2 que corresponde con una ley general que establece que la frecuencia es proporcional a la raíz cuadrada de la tensión. Si mantenemos la tensión y reducimos la longitud de la cuerda vibrante, el tono del sonido musical también aumenta. Y si reducimos la longitud a la mitad, el tono aumenta exactamente una octava; demostrando que el periodo de vibración también es la mitad del periodo de la vibración inicial.

Otra ley general establece que el periodo es directamente proporcional a la longitud de la cuerda, por lo que la frecuencia de la vibración es inversamente proporcional a la longitud de la cuerda. De manera similar se puede experimentar sobre el efecto del grosor del material de la cuerda. Y así, con un monocordio resulta posible alcanzar el conocimiento resumido por el matemático francés Marin Mersenne a principios del siglo XV, en las siguientes leyes que rigen el comportamiento de los cordófonos (Jeans, 1981)<sup>20</sup>.

- I. Cuando una cuerda y su tensión permanecen inalterados pero se varía su longitud, el período de la vibración es proporcional a la longitud (Ley de Pitágoras).
- II. Cuando una cuerda y su longitud permanecen inalterados pero se varía la tensión, la frecuencia de la vibración es proporcional a la raíz cuadrada de la tensión.
- III. Para cuerdas distintas de la misma longitud e igual tensión, el período de la vibración es proporcional a la raíz cuadrada del peso de la cuerda.

En el siglo XX la guitarra se electrificó y pasó a ser un fenómeno de masas. A partir de entonces, su dominio despierta tanto interés que incluso existe una leyenda transmitida entre los músicos de *blues* en la región del Delta del Mississippi, EE.UU. Según dicen, se debe buscar a un hombre negro y alto que se aparece a media noche en la intersección de dos rutas (comúnmente identificadas como la 49 y 61). Si alguien se atreve a entregarle una guitarra, él la afinará y con ello concederá el don para hacerla cantar y llorar. Pero la advertencia es que aquel hombre es el diablo y el precio a pagar por el codiciado don será el alma del solicitante (Yentob, 2008)<sup>25</sup>. Con semejante historia es evidente que la guitarra ha logrado un profundo impacto en los humanos, razón por la cual vale la pena su estudio. A través de éste y años de práctica se puede desarrollar la habilidad para tocarla, sin la necesidad de arriesgar el alma en el Delta del Mississippi.

En la FI UNAM, esta interfaz musical ya ha servido como fuente de inspiración para otras tesis. Una de licenciatura, “Diseño de guitarra eléctrica”, presentada por Javier Hernández Montesinos en 2014. Y otras de maestría y doctorado, “Modos de vibración simulados por computadora y experimentales de una tapa de guitarra en sus etapas de construcción” y “El puente, modos de vibración y radiación sonora en frecuencias medias de la guitarra clásica”, presentadas por Jesús Alejandro Torres Torres en 2006 y 2010, respectivamente, ambas asesoradas por Ricardo Ruiz Boullosa<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

### 3.2. Descripción de una guitarra eléctrica

Una guitarra eléctrica puede ser descrita como un cordófono de cuerdas (típicamente seis) punteadas, de cuyo sonido se produce una señal eléctrica equivalente. Utilizando una afinación convencional, es decir, tomando 440[Hz] como la frecuencia de vibración del armónico que se produce en el duodécimo traste de la quinta cuerda; este instrumento permite ejecutar las notas temperadas en las octavas tres, cuatro, cinco y algunas pertenecientes a las octavas dos y seis.

En la figura 3.1 hemos representado cada nota en el diapasón, desde la nuez hasta el duodécimo traste, a partir del cual la sucesión se repiten en la octava superior inmediata.

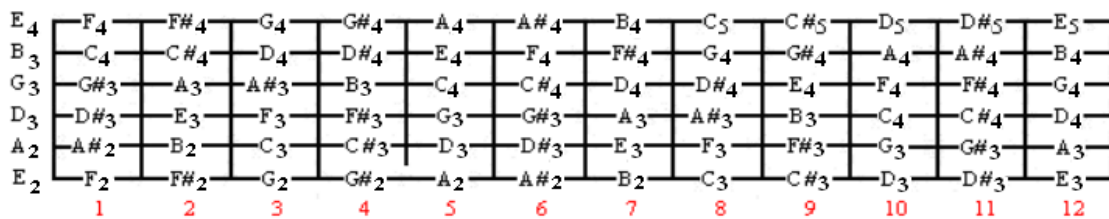


Figura No. 3.1: Notas en el diapasón de la guitarra  
Referencia: Elaboración del autor

En esta investigación hemos identificado catorce elementos básicos que son comunes para la gran mayoría de las guitarras eléctricas, mismos que a su vez pueden agruparse en tres subsistemas. En ese sentido, en la figura 3.2 hemos representado la guitarra Ibanez AT100<sup>aa</sup> con letras que permiten identificar a cada componente y el subsistema al que pertenece, los cuales serán descritos de forma general más adelante.

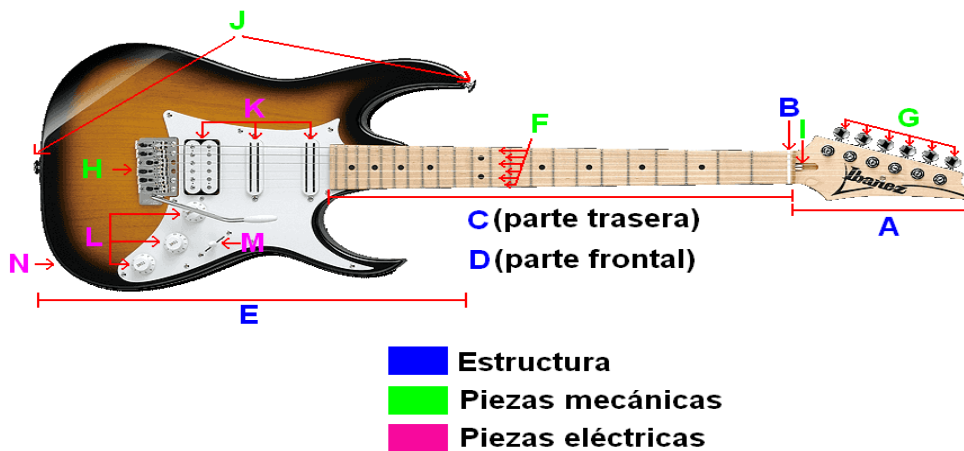


Figura No. 3.2: Elementos de una guitarra eléctrica  
Referencia: Elaboración del autor

<sup>aa</sup>Desde su lanzamiento en 1994, este modelo se ha ido modificando en colaboración con el guitarrista Andy Timmons. Se fabrica en Japón y su precio en México es superior a los 50 000 (cincuenta mil) pesos mexicanos.

Los tomillos también son elementos importantes, ya que permiten asegurar o ajustar piezas. En la figura 3.2 no los hemos señalado porque la cantidad y diseño varían en cada modelo, pero se hace consciente al lector al respecto.

Nuestra descripción de la guitarra eléctrica constituye un marco básico sobre los elementos que se utilizan comúnmente para fabricarlas. Para los interesados en conocer más sobre las características técnicas de algún elemento aconsejamos consultar las páginas Web y catálogos de diferentes fabricantes, donde tablas con valores y diagramas se encuentran disponibles.

Aún no se cumple ni siquiera un siglo desde la invención de la guitarra eléctrica, pero la industria en torno a este instrumento es cada vez es más grande y diversa. A diferencia de otro tipo de tecnologías, una guitarra no requiere de maquinaria industrial para ser fabricada, lo cual permite que existan productores artesanales. Pero también existen lauderos cuyos conocimientos sobre el instrumento, así como de los materiales y las técnicas necesarias para su fabricación, son altamente sofisticados debido al uso de modelos computacionales.

Tal es el caso del estadounidense Paul Reed Smith. En 2013, durante una ponencia en TEDxMidAtlantic, este laudero reconoció públicamente haber escrito un documento con veintiuna reglas para la construcción de una guitarra perfecta. Partiendo de que la calidad del instrumento depende de su capacidad para transmitir energía sin pérdidas, este exitoso empresario ha creado un método de construcción basado en el análisis físico de la guitarra y de los materiales utilizados para su construcción.

En YouTube es posible consultar el vídeo que confirma este hecho, donde Reed Smith presentó la simulación en tres dimensiones del sonido que corresponde a la “Chaconne” de Bach, ejecutada con una de sus guitarras acústicas<sup>bb</sup>. Así PRS Guitars se caracteriza por ser una empresa líder en el ámbito de tecnología musical, la cual continúa creciendo en número de productos y seguidores.

En la FI UNAM, como ya mencionamos, existen otras tres tesis relacionadas con la guitarra para las cuales fue necesario el uso de *software* especializado. Nuestro enfoque es distinto, ya que hemos implementado una solución utilizando *hardware* propietario, el sistema embebido Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit.

Más adelante entraremos en detalles sobre las características del transductor, pero primero nos enfocaremos en los elementos que hemos señalado en la figura 3.2. De esa forma el lector estará más familiarizado con el funcionamiento de una guitarra eléctrica convencional y del proceso que hemos seguido para producir la nuestra.

---

<sup>bb</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

### 3.2.1. Estructura

La estructura de una guitarra depende del diseño y los materiales que se utilicen para fabricarla. Sin ser una regla, el material más usado es la madera, variando el tipo y combinaciones en función del gusto y presupuesto. De este subsistema depende la manera en que el intérprete tiene contacto con el instrumento, influyendo directamente en la forma de las vibraciones y los sonidos producidos por éstas. Además, alberga al resto de los componentes de los demás subsistemas.

- A. Cabeza o pala:** Aloja la maquinaria mediante la cual se regula la afinación. Por lo general, presenta un grado de inclinación con respecto al brazo y se reserva para el logo del fabricante, así como los datos particulares (modelo, número de serie, país y año de fabricación) del instrumento.

Para los fabricantes probablemente sea el elemento de diseño más importante para distinguir sus modelos de los de la competencia. Por ello, suele ser un indicador en procesos de revisión de originalidad y antigüedad.

- B. Cejilla o nuez:** Pequeña pieza (de hueso, resina, grafito, metal, entre otros posibles materiales) utilizada para mantener la elevación de las cuerdas desde el inicio del diapasón hasta la parte del puente donde descansan, así como la distancia entre ellas (Koch, 2001)<sup>66</sup>.
- C. Brazo:** Es la superficie de contacto trasera de la cual se vale el intérprete para, con apoyo del dedo pulgar, posicionar sus otros dedos en el diapasón. Su forma varía a lo largo de su extensión, a la cual se conoce como escala.
- D. Diapasón:** Es la superficie de contacto frontal donde las cuerdas se presionan para fijar la longitud de los segmentos que entran en vibración. Tiende a fabricarse con madera más dura que la usada en el resto de los elementos del subsistema, sin que esto represente una regla. Generalmente se seccionan en 19, 21, 22 ó 24 espacios (dependiendo el modelo y la escala del brazo) usando trozos de alambre de metal, llamados coloquialmente “trastes”. Pero también puede no tener separaciones, en cuyo caso se le conoce como *fretless* [sin trastes].
- E. Cuerpo:** De tipo sólido, semi-hueco o hueco, alberga la mitad de las piezas mecánicas y todas las piezas eléctricas del instrumento. En algunos modelos, como ocurre con la Ibanez AT100, una lámina llamada *pickguard* [protector] se monta sobre la superficie frontal. Dicha lámina (de plástico, metal o madera) puede o no (dependiendo del modelo) soportar a las piezas eléctricas.

Existen guitarras cuyos elementos de este subsistema (menos la nuez) se fabrican a partir de una sola pieza de madera, a las cuales se les conoce como *neck-through*. Como representan un mayor reto técnico para el luthier suelen ser más costosas, pero algunos afirman que su sonido es mejor debido a que, al no necesitar de tornillos o pegamento para unir las partes, producen vibraciones más prolongadas y mejor definidas.

### 3.2.2. Piezas mecánicas

Los elementos de este subsistema suelen fabricarse con metales (como: acero templado, bronce, titanio y aluminio), de cuya calidad depende casi por completo (asumiendo que la estructura no presenta daños y que el subsistema ha sido ajustado correctamente) la capacidad del instrumento para mantenerse afinado. Sin embargo, es necesario señalar que: por cuestión de diseño, una guitarra con trastes rectos jamás se encuentra en afinación perfecta<sup>cc</sup>.

- F. Cuerdas:** Se fabrican con alambres de algún material magnetizable, como el acero, el níquel, el cobalto y el titanio. Debido a que todas las cuerdas poseen la misma longitud desde la nuez hasta el puente, a no ser que el diseño del instrumento sea poco convencional, las masas de algunas deben ser incrementadas para producir sonidos más graves (Koch, 2001)<sup>66</sup>.
- G. Maquinaria o clavijas:** Son dispositivos (uno por cada cuerda) que se componen de: un eje, un engranaje de tomillo (sin fin) y una perrilla. Sirven para regular la longitud de las cuerdas (por ende, la afinación), y los hay de diferentes tipos. Los hay L (*left*) y R (*right*), según el lado de la cabeza donde se instalen; también hay escalonados, necesarios si la cabeza no tiene un ángulo de inclinación con respecto al brazo; o con sistema de bloqueo para evitar cambios en la afinación; e incluso los hay robóticos para realizar cambios de afinación automatizados.

Aunque son poco comunes, también existen los de tipo *headless* [sin cabeza]. Al instalarlos una parte debe ser montada en el brazo antes de la nuez, y otra en el cuerpo después del puente (Koch, 2001)<sup>66</sup>.

- H. Puente:** Es el punto de contacto entre las cuerdas y el cuerpo. Dependiendo del modelo se puede (o no) hacer cambios en la tensión de las cuerdas, al mismo tiempo que éstas vibran. En diseños profesionales es posible hacer ajustes tridimensionales, es decir, regular la longitud de cada cuerda, sus elevaciones y el espaciamiento entre éstas (Koch, 2001)<sup>66</sup>.

---

<sup>cc</sup>Como solución, la empresa True Temperament ha desarrollado un sistema de trastes con forma irregular que atrae la atención de artistas como Steve Vai y Mattias IA Eklund, quienes buscan ejecutar acordes “perfectamente” afinados y armónicos naturales en cualquier parte del diapasón.

El autor de esta investigación establece que: si permite los cambios de tensión entonces es de tipo *vibrato* o *tremolo*. En ambos subtipos los cambios se realizan accionando una palanca, y la diferencia entre ambos radica en que: los primeros sólo permiten la disminución de tensión, mientras que los segundos también permiten el aumento. Lógicamente, la sensibilidad varía en función del diseño del puente y la manera en que éste se ajusta.

Es importante tener en cuenta que: en términos de sonido musical, ambos puentes tienen el mismo efecto, cambios de altura. Sin embargo, en teoría musical esto sólo equivale a *vibrato*; el concepto de *tremolo* se asocia con los cambios de intensidad. Por alguna razón, los términos usados por millones de guitarristas difieren a sus homónimos en la teoría musical de Moncada García.

En el caso del *tremolo*, la posición de reposo (alineado con la nuez) se recupera (al dejar de accionar la palanca) gracias a unos resortes que lo sujetan a una placa, montada en la parte trasera del cuerpo. La figura 3.3 ilustra las formas de operación de este sistema.

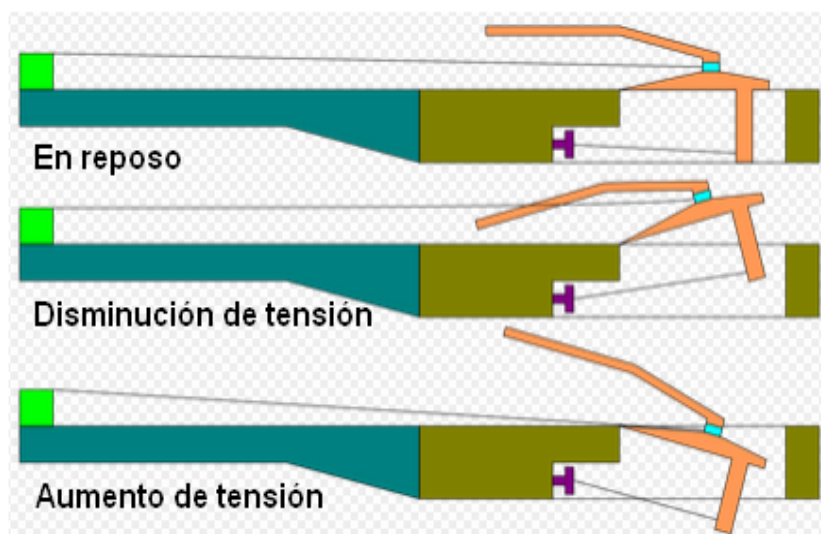


Figura No. 3.3: Formas de operación de un *tremolo*  
Referencia: Elaboración del autor a partir de  
“Floyd Rose” (Wikipedia, 2017)

Existe un diseño patentado como Floyd Rose, en el cual el puente descansa en dos postes de metal que le proporcionan gran movilidad para realizar cambios de tensión drásticos. Algunos modelos incorporan una nuez de metal, coloquialmente llamada “candados”, con la cual se consigue volver a bloquear las cuerdas. También puede incorporar dispositivos para cada cuerda, coloquialmente llamados “microafinadores”, que permiten pequeños cambios de afinación aún durante el bloqueo de las cuerdas<sup>dd</sup>.

<sup>dd</sup>Para los interesados en su impacto artístico, las grabaciones a partir de la década de 1980 de Eddie Van Halen, Joe Satriani y Steve Vai constituyen buenos ejemplos de sonidos que han influenciado a incontables guitarristas eléctricos alrededor del mundo, como Shawn Lane, Guthrie Govan, Herman Lee, entre otros.



La guitarra de nuestra investigación fue equipada con uno de estos sistemas del fabricante alemán Schaller. Pero por el diseño del cuerpo, el bloque debió ser rebajado utilizando fresadora y manteca de cerdo, y después se perforaron los orificios donde se introducen los resortes.

En la figura 3.4 se puede apreciar la técnica empleada por el tomero Gerardo Hernández, dentro de un taller de maquinaria industrial ubicado en la Ciudad de México. Al terminar los cambios, las viejas cavidades se cubrieron con soldadura de estaño para mejorar la estética.



Figura No. 3.4: Modificación del puente  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

- I. Alma:** Es una barrilla de metal que suele instalarse entre el brazo y el diapasón para controlar la curvatura de ambos. Dependiendo el modelo se puede rotar con destornillador o con llave Allen, para que, en caso de que el clima haya ocasionado un cambio en la madera, la altura de las cuerdas se pueda reajustar.
- J. Sujetadores:** Permiten hacer uso de una correa para que el intérprete toque parado o se desplace, cargando el instrumento con sus hombros y espalda. Algunos diseños incorporan pequeños mecanismos, coloquialmente llamados “candados”, para asegurar la correa y evitar caídas.

### 3.2.3. Piezas eléctricas

La electrónica es el subsistema que suele recibir más atención de parte de los guitarristas que optan por modificar sus instrumentos, ya que mediante ésta se genera y transmite la señal de corriente alterna equivalente a la suma de las vibraciones producidas por el movimiento de las cuerdas.

Nuestra descripción sobre pastillas corresponde al funcionamiento de las más comunes, las de tipo magnético. Entre fabricantes, los valores característicos para cada modelo suelen ser: voltaje de salida [mV], resistencia [ $k\Omega$ ], impedancia y picos de resonancia [Hz]. Pero el lector debe saber que existen otros tipos de pastillas, como: las piezoeléctricas, las electrostáticas y las fotoeléctricas.

**K. Pastillas:** Son transductores conformados por imanes que están rodeados por un alambre de cobre muy delgado o que están unidos con otros imanes. Si requieren baterías para funcionar se les conoce como activas, mientras que las que no requieren (las más comunes) se conocen como pasivas.

Al formato simple (un solo magneto) se le conoce como *single-coil* y al formato doble (dos magnetos idénticos pero fuera de fase) se le suele llamar *humbucker*. La principal diferencia entre ambos es que: el primero genera una interferencia electromagnética superimpuesta a la señal de la guitarra, mientras que en el segundo ambas interferencias se cancelan una a otra y la señal de la guitarra no se altera (Koch, 2001)<sup>66</sup>. En la figura 3.5 se muestran algunas arquitecturas comunes, afín de entender mejor su funcionamiento.

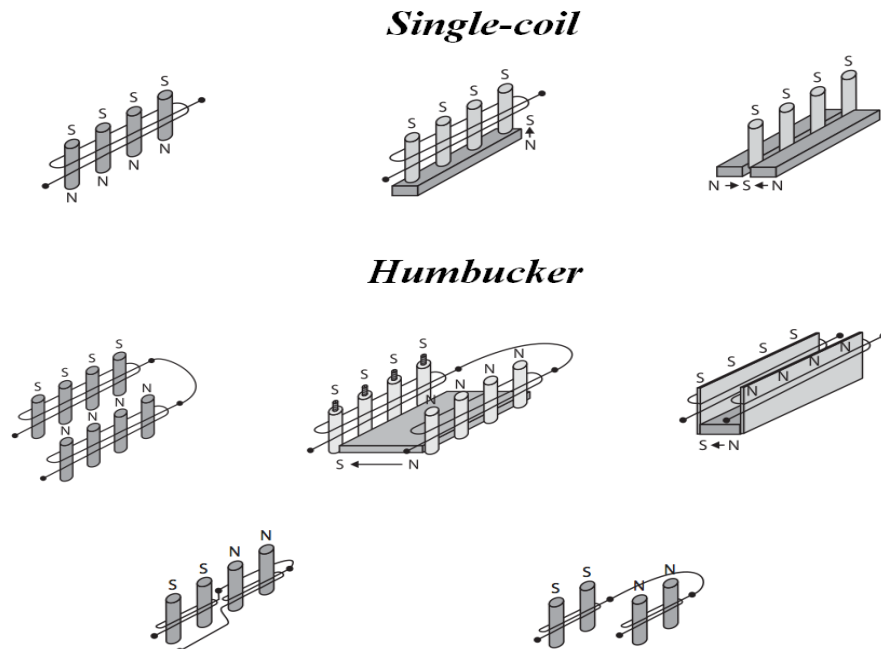


Figura No. 3.5: Arquitecturas de pastillas magnéticas, formatos simple y doble  
 Referencia: Elaboración del autor con base en “Building Electric Guitars” (Koch, 2001)<sup>66</sup>

Recordemos: las cuerdas están fabricadas con un material magnetizable, por lo que su movimiento invierte el flujo magnético que emana de los polos de las pastillas cada que se acercan y alejan. Las pastillas permanecen fijas, y por la fluctuación magnética se induce una corriente eléctrica equivalente al sonido que produce la vibración de las cuerdas. El efecto se puede apreciar visualmente en la figura 3.6.

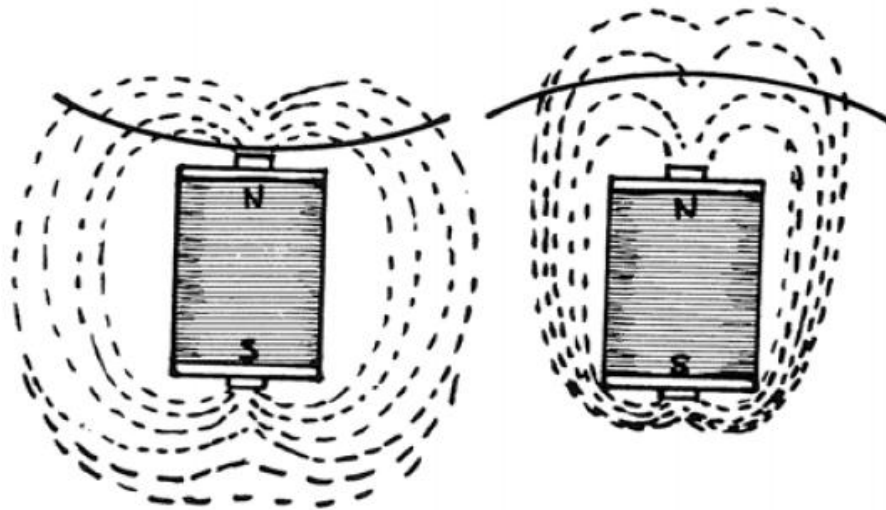


Figura No. 3.6: Efecto de la cuerda en el flujo magnético de la pastilla  
Referencia: Extraído de “Guitar Electronics for Musicians” (Brosnac, 1983)<sup>67</sup>

Generalmente el calibre del alambre varía entre 36 y 54, por lo que para evitar corto circuito el embobinado requiere de un tratamiento con laca o un compuesto polisintético. A medida que disminuye el grosor, la pastilla será más sensitiva pero también más cara de fabricar (Brosnac, 1983)<sup>67</sup>.

- L. Controles:** Son filtros compuestos por potenciómetros, capacitores y resistencias, mediante los cuales generalmente se modifican la amplitud (afectando la intensidad) y/o los armónicos (afectando el timbre) de la señal eléctrica que produce el instrumento. También se pueden utilizar para regular el nivel de mezcla de señales que se inducen en pastillas diferentes, como ocurre en la Ibanez AT100 de la figura 3.2.

El elemento principal es el potenciómetro, un resistor con tres polos y ajuste manual, que puede ser de tipo lineal (A) o de tipo logarítmico (B). La diferencia entre ambos tipos radica en cómo incrementa la resistencia eléctrica. En el tipo A se incrementa gradualmente, mientras que en el tipo B alcanza sus valores más altos casi al final del recorrido. Por lo mismo, entre guitarristas existe una polémica subjetiva entorno a la mejor configuración para los populares controles de “volumen” y “tono” (Koch, 2001)<sup>66</sup>.

Los valores más comunes son: 20, 25 y 100[k $\Omega$ ] (para circuitos activos), 250[k $\Omega$ ] (para *single-coil*) y 500[k $\Omega$ ] (para *humbucker*). Además, los hay con *switches* integrados para poder disponer de configuraciones alternas (Donahue, 2002)<sup>68</sup>.

**M. Switches:** Se utilizan para hacer cambios en el sentido de la corriente, activando y desactivando diferentes partes del circuito. Con ello es posible: seleccionar las pastillas en funcionamiento o cambiar sus fases, cambiar entre conexiones en serie y en paralelo, usar elementos complementarios, silenciar el instrumento sin necesidad de utilizar el control de volumen, entre muchas otras opciones con las que los guitarristas suelen experimentar (Koch, 2001)<sup>66</sup>.

Algunos de los tipos más comunes son: SPST (ON-OFF o toggle), SPDT (ON-ON) y DPDT. Tipos difíciles de encontrar son: Alternate DPDT (ON-ON-ON o ON-OFF-ON), 3SPDT, 4SPDT y 4-pole 5 way (megaswitch).

**N. Conectores:** Son las salidas compatibles con cables que se utilizan para transmitir las señales producidas por el instrumento a dispositivos externos, como pedales, amplificadores, interfaces de audio, entre otros. Por lo general se utiliza el conocido como audio *jack* de ¼["?"], tipo mono, conector hembra y abierto (Koch, 2001)<sup>66</sup>.

También los hay de tipo estéreo, con blindaje, con *switches*, y hasta los que son compatibles con tecnologías digitales. Ejemplos de los últimos van desde el popular USB hasta el inusual conector GK de Roland.

### 3.2.4. Elementos complementarios

Los elementos complementarios son aquellas tecnologías que no resultan necesarias para fabricar una guitarra eléctrica funcional, pero que sin duda pueden facilitar, incluso enriquecer, las experiencias tanto del guitarrista como de su audiencia. Los hay para: transportar, detener y/o almacenar el instrumento, mejorar su estética, obtener un mayor control de algún componente, utilizar efectos visuales durante una presentación, así como para transmitir, procesar y/o amplificar la señal eléctrica.

Ejemplos interesantes de algunas de estas tecnologías son: All Parts Tremol-No, EVH D-Tuna, True Temperament Fretting System, Roland GK3 Divided Pickup, Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit, Graph Tech Guitar Labs Ghost Modular Pickup System, Shadow SH-075, Fishman TriplePlay, Fernandes Sustainer, Heet Sound Products EBow, Source Audio Hot Hand Wah Filter, Line6 POD y Helix, entre otras.

En esta investigación se eligió el sistema Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit, una pastilla hexafónica que se conecta a un sistema embebido para poder digitalizar la vibración de cada cuerda, y de esa manera manipular un dispositivo secundario capaz de realizar control MIDI.

### 3.2.5. Acabados

Además de los subsistemas descritos anteriormente, los acabados (como: cortes, relieves, incrustaciones y pintura) de una guitarra son los elementos que definen gran parte de su estética como interfaz, razón por la cual influyen enormemente en la experiencia usuario. Por ello, los hay para todos los presupuestos, gustos y diseños, con técnicas que van de lo artesanal a lo industrial.

En el caso de la guitarra utilizada para la parte práctica de esta investigación, se decidió hacer modificaciones de relieve y para mejorar el acceso a los trastes más altos del diapasón. Debido a que ambas tareas implicaron un riesgo elevado para la integridad del cuerpo, en la Ciudad de México se consiguió asesoría de profesionales en tallado de madera.

En la figura 3.7 se aprecia que el señor Augusto Zavala sólo necesitó un par de gubias, martillo con cabeza de goma y lija para madera (calibre 60). Sentado en una mesa de su taller y con apoyo de uno de sus alumnos, su vasto conocimiento empírico le permitió realizar los cambios en un par de sesiones de 20[*min*] cada una.



Figura No. 3.7: Modificaciones  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Como se muestra en la figura 3.8, se procedió a eliminar la pintura para dejar la madera con un acabado natural. La diferencia en tiempo al lijar manualmente y utilizando una máquina es muy significativa. El proceso manual para eliminar la pintura de la superficie frontal del cuerpo requirió, aproximadamente, 12[horas]. Utilizando lijadora eléctrica, eliminar la pintura de la superficie trasera y los bordes del cuerpo requirió, aproximadamente, 6[horas]. En zonas de difícil acceso para la lijadora se utilizó un poco de *thinner* [diluyente] para facilitar el trabajo y se lijó nuevamente a mano.



Figura No. 3.8: Lijado A  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Una vez removida la pintura vieja, durante tres meses, en sesiones de 2 a 3[horas] al día, se lijó suavemente la estructura (menos el diapasón) respetando el sentido de la veta en cada tipo de madera. En el proceso se utilizaron lijas (calibre 100 y 120), resanador para madera (para corregir errores y viejos golpes), y finalmente se aplicó un poco de aceite para madera. Después un par de días de secado, como se puede ver en la figura 3.9, el instrumento quedó preparado para barnizarlo.



Figura No. 3.9: Lijado B  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Saber lijar la madera es un habilidad que cada quien desarrolla con base en la observación, el tacto y el tiempo invertido. De forma jocosa, en el taller del Sr. Augusto aconsejan hacerlo hasta que la madera quede “como pompa de princesa”. Para ello, otro consejo útil compartido consiste en: pegar la lija con cinta adhesiva a la superficie suave de un borrador de pizarrón, para poder trabajar ejerciendo poca presión y de manera más uniforme.

No es raro que los instrumentos musicales sean embellecidos y encarecidos haciéndoles incrustaciones (de maderas, conchas, resinas, metales, joyas, cristales y/o acrílicos), en lo que es una interminable búsqueda por hacerlos más originales. En ese sentido, el autor personalizó su guitarra con el diseño representado en la figura 3.10, cuyo número de registro público ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR) es: 03-2016-042811325100-01.



Figura No. 3.10: ALFASOLMEGA  
Referencia: Elaboración del autor

Debido a que una imagen se puede utilizar para futuros productos, mercancías y servicios como parte de un proyecto de negocio, proteger las garantías relacionadas con su autoría bajo la Ley Federal del Derecho de Autor, es la estrategia más segura para mitigar daños por plagio.

En México, el trámite de registro público ante el INDAUTOR cuenta con mecanismos muy eficientes, pero lamentablemente no es gratuito. A pesar de ello la ONU lo condecoró con el “2015 United Nations Public Service Award”, otorgándole el primer lugar en la categoría “Improving the delivery of Public Services”. Por esa razón lo consideramos parte de la burocracia básica con la que cualquier artista en nuestro país debe estar familiarizado.

Ahora, continuemos con el relato de nuestra experiencia práctica. Se requirió de cuatro meses y dos prototipos para poder fabricar e instalar un *inlay* de abulón laminado con chapa de plata. Para lograrlo se consiguió la participación de un taller de orfebrería ubicado en Cuernavaca, Morelos, que a su vez funcionó como contacto con otro taller dedicado al grabado en metales y ubicado en Taxco, Guerrero.

Los lauderos suelen requerir ayuda de terceros en trabajos que involucran metales o que demandan precisión milimétrica. Por las características del reto técnico, se exploró la posibilidad de encontrar alguien dentro del circuito joyero y así fue como se contactó a Jessica Martínez de JESS Restauración, quien aceptó el reto pese a no tener experiencia alguna en la personalización de instrumentos.

En la figura 3.11 se muestra que, una vez impresa en papel con las dimensiones deseadas, la imagen se digitalizó (en formato .jpg) para crear un mapa de vectores utilizando el *software* CAD CAM. Este mapa permitió automatizar la operación de un pantógrafo Cielle CNC para rebajar un bisel de plata (calibre 22) y la cabeza del instrumento, proceso que requirió de tres brocas y un *end mil*.

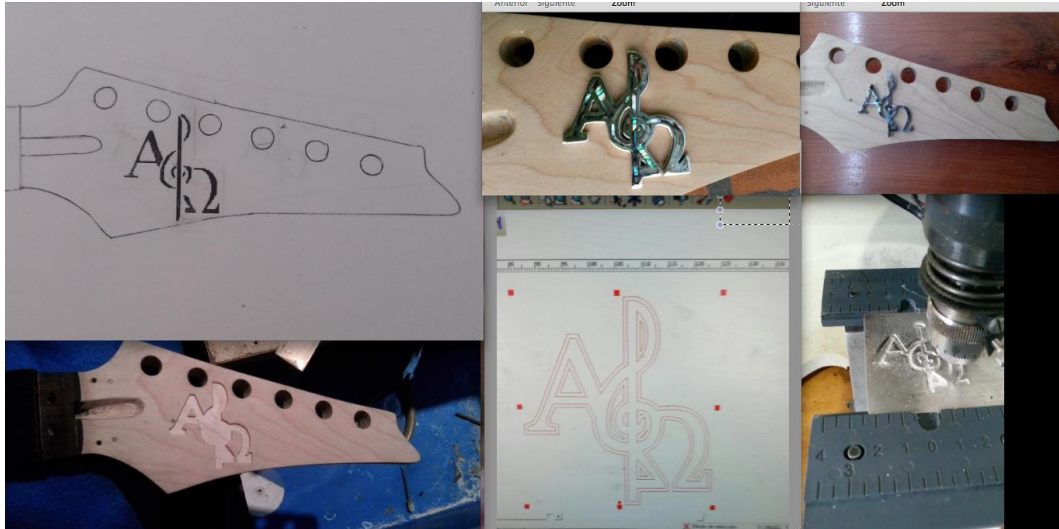


Figura No. 3.11: Inlay A

Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Después, como se aprecia en la figura 3.12, los orfebres utilizaron: arco (o hueso), seguetas (calibres 4/0 y 5/0), lijas de agua (calibres 400, 600 y 2000), motor Freedom (de 1/6[HP]) con pieza de mano, y diferentes fresas para esmerilar. Una vez terminada, la pieza se fijó con pegamento epóxico (el mismo con el que se pegó el abulón al bisel de plata) y prensa.



Figura No. 3.12: Inlay B

Referencia: Archivo fotográfico del proyecto



La última parte de la etapa de acabados consistió en aplicar barniz (base nitrocelulosa y *thinner*) a la estructura, menos el diapasón que fue protegido con cinta adhesiva. Como se muestra en la figura 3.13, la operación requirió de un área de trabajo amplia con ambiente seco, buena ventilación y protección contra el Sol. Además, la guitarra se suspendió entre dos estructuras utilizando alambre de acero.



Figura No. 3.13: Barniz A  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Durante treinta días previos a la temporada de lluvias en Temixco, Morelos, se aplicaron entre tres y cinco capas de barniz por día, lijando entre cada capa y repitiendo el proceso con lijas cada vez más delgadas (calibres 100, 120 y 150). Para ello se utilizaron: brochas de peine de camello, guantes, máscara, recipiente y agitador. Al finalizar, como se puede ver en la figura 3.14, la madera adquirió un nuevo aspecto.



Figura No. 3.14: Barniz B  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

### 3.3. Atractivo de una guitarra MIDI

#### 3.3.1. Popularidad de la guitarra eléctrica en el mundo

A partir de 1931, cuando la guitarra eléctrica comenzó a comercializarse en EE.UU., el instrumento fue adquiriendo una ventaja indiscutible sobre las demás interfaces musicales y propiciando grandes revoluciones en distintos géneros. Al respecto, Les Paul le aseguró a Yentob que el número de posibilidades con el instrumento depende de la relación que el músico construye con éste, en lo que es una búsqueda interminable por poseer un sonido propio (Yentob, 2008)<sup>25</sup>.

Para la década de 1960, con la evolución de las bandas de *rock* y la expansión de la televisión, la guitarra eléctrica (un objeto de deseo para músicos jóvenes) fue convirtiéndose en un símbolo de rebeldía para la cultura popular. En esa época, a medida que los sistemas de amplificación fueron aumentando de tamaño, los guitarristas fueron encontrando mayor capacidad de expresión a través de su instrumento.

“... se convirtió en una cosa musical porque, ciertamente, me di cuenta al preguntar a otros guitarristas de aquella época: Jeff Beck, Dave Davis, Eric (Clapton), Jimmy Page; que todos tropeamos con la distorsión... La distorsión crea un sonido sinoidal largo en lugar de un ‘ding’... Con ese soporte la guitarra se convirtió como en un saxofón, como en una voz, como en un violín... Nos dio nuevas notas con las cuales trabajar”.

Pete Thousand (The Who)

En México, músicos como Javier Bátiz y Carlos Santana fueron influenciados por Ritchie Valens y otros artistas norteamericanos de *blues*, cuya música se escuchaba en la zona de Mexicali, Baja California. En la capital del país, bandas como Los Camisas Negras, Los Sonámbulos y Los Rebeldes del Rock, entre otros, popularizaron al *rock & roll* entre la juventud.

En festivales como Woodstock (en 1969, EE.UU.) y Avándaro (en 1971, México) el *rock* alcanzó cifras de audiencia sin precedentes. En ambos eventos el sentimiento (inconformidad entorno a las disposiciones y el control mediático gubernamentales), el sonido (bandas con guitarra eléctrica como instrumento dominante), las inquietudes de los jóvenes (alucinógenos, alcohol y música), y la respuesta del resto de la sociedad (un escándalo mediático de juicios morales en contra) fueron muy similares. Lamentablemente, la consecuencia de Avándaro fue un Estado mexicano sin tolerancia al *rock*, el cual ordenó clausurar los “cafés cantantes”. Aquellos recintos de sana juventud donde se inició la tradición del *rock & roll* dejaron de existir.

Más de diez años después, las disqueras promovieron una estrategia conocida como “*rock* en tu idioma”. Se comercializaron grabaciones de bandas nacionales, argentinas y españolas (como: Los Amantes de Lola, Caifanes, Maná, Soda Stereo, Enanitos Verdes, Rata Blanca, Barón Rojo, entre otras) para cambiar la tendencia de escuchar *rock* en inglés por temas en español. Paralelamente, el *rock* no comercial sobrevivió por bandas como Botellita de Jerez, ejecutantes clandestinos de “guacarock”.

Poco a poco, el gobierno fue disminuyendo la censura para los grupos que dejaban mejores ganancias y el *rock* volvió a ser un fenómeno que congregó a las masas, en tocadas como las organizadas en Rockotitlán. Actualmente, empresas del espectáculo como Ticketmaster y OCESA comercializan los festivales más concurridos que cuentan con la presencia de artistas del *rock*, como Vive Latino, Corona Capital, Somos América, Coordinada, Cumbre Tajín, entre otros. Los bancos como Banamex y Santander hacen arreglos especiales con los organizadores de espectáculos para ofrecer promociones atractivas a sus tarjetas habientes, y así la cultura *rock* se ha convertido en una industria para los inversionistas de grandes capitales en México.

En nuestro país, la guitarra eléctrica ha ganado el interés de las masas gracias a músicos como Ricardo Esteban Valenzuela Reyes (Ritchie Valens), Javier Bátiz, Carlos Santana, José Alejandro Lora Serna (Three Souls In My Mind, el Tri), Diego de Cossio (Los Camisas Negras), Federico Arana (Los Sonámbulos, Los Sinners, Naftalina), Baltasar Mena Iniesta<sup>cc</sup> (Los Sonámbulos, Los Sinners, Naftalina), Miguel Morales (Tinta Blanca), Javier Martín del Campo (La Revolución de Emiliano Zapata), Ricardo Ochoa y Juan José Ruiz (Peace And Love), Angelillo (La División del Norte), Armando Nava y Jorge Luján (Los Dugs Dugs), Felipe Souza (Starlight, el Tri, Guillermo Briseño, Betsy Pecanins, Naftalina, Paleta Souza, Haragán y CIA, Souza), Sergio Arau (Botellita de Jerez), Jorge Reyes Valencia (Chac Mool), Gustavo Adrián Cerati (Soda Stereo), Alejandro Marcovich (Santa Sabina, Caifanes), Felipe Staiti (Enanitos Verdes), Sergio Vallín Loera (Maná), León Chiprut (Aleks Syntek & La Gente Normal), Kazz y Gasú (Los Amantes De Lola), Emmanuel del Real y José Alfredo Rangel Arroyo (Café Tacvba), Cano y Tony Hernández (El Gran Silencio), Pato y Sax (La Maldita Vecindad y los Hijos del Quinto Patio), iLan Bar-Lavi (Sonex), Ismael Fuentes y Francisco Ayala (Molotov), Antonio Ruiz (CODA), Héctor Walter Giardino (Rata Blanca), Jorge Salán (Mago de Oz), Sergio Aguilar y Manuel Vázquez (Agora), José Ramón Macario (Arcadia Libre), César Huesca, Hector Hellion, entre otros.

Guitarristas mexicanos menos conocidos pero cuyos talentos les hacen dignos de mención son: Angélos Quetzalcóatl, Jorge Miller (Embrujo Flamenco), Emmanuel Mora, Tom Kessler, Rogelio Ortiz (La Beberecua), Eduardo Velarde (Mitote Jazz, La Beberecua), Andrés Uribe (Guayafunk), Alfredo Martínez (Deep Jazz, Digimusic Creative Studios), Omar López Israde, Cris Van Beuren (Fuxé), Oziel Barrios (Digimusic Creative Studios, Ozzielotl), Sergio Barrera Salazar, Jorge Sapién (Digimusic Creative Studios, Jenny and the Mexicats), Sergio Felix Serrat (Telah, Los Baktun), Eduardo Preciado, Antonio Montaña (Horus), Ignacio Sotelo (Weird Sound Studio), Luis Guerrero, Hugo Loyo, Benajmín y Pablo Berthier (Glass Mind), Rodrigo Vega Covarrubias (Ginger Bulldog, Ave Sol), Jesús Mejía (BOLÉ, Los Padrinos) y Paola Rocha.

Además, a través de Internet y sin necesidad de conocimiento musical alguno, también podemos disfrutar a músicos de otras partes del mundo, cuyas propuestas artísticas y grabaciones contribuyen a que la guitarra continúe ganando terreno en la cultura de diversos pueblos. Tal es el caso de:

---

<sup>cc</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

Django Reinhardt, Charlie Christian (Benny Goodman Sextet and Orchestra), Wes Montgomery, Robert Johnson, Sister Rosetta Tharpe, T-Bone Walker, Muddy Waters, Maybelle Carter (The Carter Family), B.B. King, Les Paul, Joe Pass, Chuck Berry, George Benson, John Lennon y George Harrison (The Beatles), Cat Stevens, Bob Marley, Jimi Hendrix (The Jimi Hendrix Experience), Billy Gibbons (ZZ Top), Jimmy Page (Led Zeppelin), Mark Knopfler (Dire Straits), Eric Clapton (Cream, The Yardbirds), Jeff Beck, Robben Ford, Brian May (Queen), Richie Blackmore (Rainbow, Deep Purple), David Gilmore (Pink Floyd), Steve Morse (Deep Purple, Dixie Dregs), Neal Schon (Santana, Journey), John Scofield, Eric Johnson, Al Di Meola (Return To Forever, World Sinfonia), John McLaughlin, Ry Cooder (Buena Vista Social Club), Pat Metheny, Curtis Mayfield, Regi Wooten (The Victor Wooten Band), Scott Henderson, Stanley Jordan, Frank Zappa, Frank Gambale, Greg Howe (Maragold), Larry Carlton, Lee Ritenour, Allan Holdsworth (Jean-Luc Ponty), Mike Stern, Ted Nugent, Joe Satriani, Steve Vai, Alex Lifeson (Rush), Steve Howe (Yes), Robert Fripp y Adrian Belew (King Crimson), Nuno Bettencourt, Rudolf y Michael Schenker (Scorpions), Tony Iommi (Black Sabbath), Vivian Campbell (Dio), Randy Rhoads (Ozzy Osbourne), Dave Murray y Adrian Smith (Iron Maiden), Yngwie Malmsteen, Joe Stump, Eddie Van Halen (Van Halen), Steve Lukather (Toto, El Grupo), Gary Moore (Skid Row), Bonnie Raitt, Stevie Ray Vaughan, Jimmie Vaughan, Doyle Bramhall II, Dave Celentano, Elmer Ferrer, Cui Jian, Gary Clark Jr., Oli Brown, Fito Cabrales y Carlos Raya (Fito y Fitipaldis), Joe Bonamassa, John Mayer, Keith Urban, Richie Sambora (Bon Jovi), Paul Gilbert (Mr. Big), The Edge (U2), Brett Garsed, Jennifer Batten y Orianthi Panagaris (The Michael Jackson Band), Kumi Adachi, Richie Kotzen (Mr. Bing, The Winery Dogs), Slash (Guns N' Roses, Velvet Revolver), Zakk Wylde (Ozzy Osbourne, Black Label Society), Lita Ford, Jason Becker, Marty Friedman, Kirk Hammett (Metallica), Luca Turilli (Rhapsody), John Petrucci (Dream Theater, Liquid Tension Experiment), Michael Angelo Batio, Emppu Matti (Nightwish), Michael Romeo (Symphony X), Thomas Youngblood (Kamelot), Timo Tolkki (Stratovarius), Daniel Håkansson y Pontus Mantefors (Diablo Swing Orchestra), Dimebag Darrel (Pantera), Alexi Laiho (Children Of Bodom), Devin Townsend, Dave Weiner (Steve Vai), Tony MacAlpine (Steve Vai, Planet X), Kiko Loureiro, Carina Alfie, St. Vincent, Omar Rodríguez-López (The Mars Volta), Dave Grohl (Foo Fighters), Brad Delson (Linkin Park), Steven Wilson (Porcupine Tree, No-Man), Herman Lee y Sam Totman (DragonForce), Chris Impelliteri (Impelliteri), Johan Reinholdz (Andromeda), Mats Haugen (Circus Maximus), Mattias IA Eklundh (Freak Kitchen), Marco Sfogli, Guthrie Govan (Asia, GPS, The Aristocrats, Steven Wilson), Christophe Godin, Jeff Kollman (Cosmosquad), John Mitchell (Frost), Daniele Gottardo, Ron Jarzombek (Spastic Ink), Steinar Gundersen (Spiral Architect), Andrew Goddard y Mark Hosking (Karnivool), Nomy Agranson (The Gourishankar), Adam Jones (Tool), Tosin Abasi (Animals As Leaders), Munky y Head (Korn), Mike Le Rossetti, Nick Nola, Danny Gill, Andy Timmons, Neil Zaza, Shawn Lane, Larry LaLonde, Charlie Hunter, Reb Beach, Alex Hutchings, Wayne Krantz, Jimmy Herring, Jeff Sipe, Eric Gales, Matt Schofield, Marcel Ziul, Jack Thammarat, Yuval Ron, Djamel Laroussi, Bob Lanzetti y Mark Lettieri (Snarky Puppy), Yasi V Hofer, Li-sa-X, Juliette Valduriez, Tina S, Alejandra Mesliuk, Juliana Vieira, Laura Cox, Desiree Bassett, Jacob McCaslin, Trev Lukather, Manuel Bastian, Steffen Schackinger, Sebastien Cloutier, Rob Chapman, Silvio Gazquez, Andrés Segovia, John Williams, Göran Söllscher, Tatyana Ryzhkova, Marina Alexandra, Usman Riaz, Andy McKee, Peppino D' Agostino, Pat Kirtley, Don Alder, Sungha Jung, Kaki

King, Paco de Lucía, Ottmar Liebert, Juan José Heredia, Tommy Emmanuel, Dave Matthews (The Dave Matthews Band), John Butler (John Butler Trio), Mike Love, Sergio Altamura, Stefano Barone, Kelly Valleau, Mike Raybum, Dominic Miller, Oshan Danger Mahony (The Turbans), Ed Sheeran, Newton Faulkner, Tori Kelly... Tenga en cuenta el lector que: la lista incluye 200 artistas, pero únicamente 20 (el 10%) son mujeres.

¿Qué es lo que hace a la guitarra una tecnología tan especial?, que personas de todo el mundo la adoptan como su medio de comunicación. ¿Es, como le dijo Les Paul a Alan Yentob, la capacidad del instrumento para relacionarse con el ejecutante?, ¿estamos hablando de una relación más humana con la tecnología?

Al respecto, David Gilmore también compartió su reflexión con Yentob mientras hablaban sobre una técnica de interpretación llamada *bending* [flexión], donde el ejecutante altera la tensión de la cuerda desplazándola (hacia arriba o abajo) sobre la superficie del diapasón. De acuerdo con su explicación, la guitarra es un instrumento sumamente personal debido a que cada guitarrista desarrolla una forma única de hacer vibrar las cuerdas, consiguiendo así un sonido propio (Yentob, 2008)<sup>25</sup>.

Desde finales de la década de 1970, músicos como Pat Metheny, Al Di Meola, Allan Holdsworth, Robert Fripp, Mike Stem, Adrian Belew, Lee Ritenour, entre otros, han ganado reconocimiento por realizar síntesis de sonido utilizando interfaces con forma de guitarra. Gradualmente, a medida que las computadoras fueron ganando presencia en los estudios de grabación, los guitarristas también fueron interesándose por este tipo de experiencia. Sin embargo, todavía en la segunda década del siglo XXI, las guitarras MIDI se caracterizan por ser instrumentos costosos y poco comunes.

En años recientes, fabricantes de tecnología musical como Line6, Fender, Gibson, Godin, Roland y Music Man han ido incursionado en el desarrollo de guitarras robóticas. A la fecha, se han producido y comercializado (a precios de consumo muy elevados) diversos diseños capaces de interactuar con computadoras para expandir la versatilidad del instrumento, en lo que es el inicio de una nueva era de posibilidades artísticas.

### 3.3.2. Oferta en el mercado mexicano de instrumentos musicales

En el mercado mexicano de instrumentos musicales la guitarra eléctrica posee, indiscutiblemente, gran variedad de ofertas y alta demanda. Con precios que pueden variar entre \$1 (en subastas en línea) y \$144 270 (en tiendas de instrumentos)<sup>ff</sup>, en el país se comercia gran variedad de diseños. También es común verlas a la venta (o cambio) en: avisos de escuelas y academias de música, casas de empeño, bazares y bares de músicos, tiendas departamentales (como Liverpool y Palacio de Hierro), tiendas de electrónica y audio (como BestBuy, Mitsu, Steren, Radioshak, entre otras), tiendas en línea (como MusicClub, Casa Veerkamp, QualityGuitar Solana, Guitar Gear, entre otras), y anuncios en sistemas Web (como MercadoLibre, SegundaMano, entre otros) y grupos de redes sociales.

En el Centro Histórico de la Ciudad de México, la calle Bolívar alberga la que quizás sea la mayor concentración de tiendas de instrumentos musicales en el país. En la misma zona también se encuentra una gran concentración de vendedores de cómputo personal. Los segundos aseguran que desde hace años no comercializan con *hardware* MIDI porque no les resulta posible competir contra los avances ofertados por sus vecinos.

El precio de un instrumento varía en función de varios aspectos, como pueden ser: su estado físico, año y lugar de fabricación, materiales, piezas, acabados y/o modificaciones, si tiene (o no) firmas y/o sellos del fabricante, si incluye (o no) funda (o estuche) y/o documentación del fabricante, si debe (o no) hacerse el pago de impuesto por importación de instrumentos musicales, si puede (o no) ser facturada por el vendedor, el tipo y esquema de pago. Hoy en día, algunas marcas que se pueden conseguir en la Ciudad de México y que poseen diseños de guitarras que compiten a nivel profesional son: Fender, Gibson, PRS, Gretsch, G&L, Ibanez, Jackson, ESP, Schecter, Peavy, Music Man, PRS, Line6, Yamaha, Parker, Washburn, Palmer, Ovation, Martin, Taylor, entre otras.

En cuanto a tecnologías (como: piezas, cables, pedales de efectos, amplificadores, entre otras) y accesorios (como: fundas/estuches, cuerdas, púas o plumillas, *slides*, herramientas, kits de mantenimiento, correas y bases) para guitarristas, también se comercializan: Schaller, Sperzel, Groover, Gotoh, AllParts, Hipshot, DiMarzio, EMG, Seymour Duncan, Jimmy Dunlop, Planet Wave, Kirlin, Morley, Xotic Effects, Electro-Harmonix, TC Electronics, Digitech, Roland, Boss, Korg, Marshall, Laney, Vox, Orange, Egnater, Ernie Ball, D'Addario, Rotosound, Jimmy Wess, Ridel, Gator Cases, Hercules Stands, entre otras.

---

<sup>ff</sup>El precio corresponde a una guitarra Ibanez JEM-EVO, un modelo especial que conmemora los veinticinco años desde la creación de la guitarra favorita de Steve Vai. En el mundo sólo existen cien ejemplares firmados por el mismo Vai; y en febrero de 2016 uno de ellos pudo ser contemplado en la sucursal Mesones de Casa Veerkamp.

Marcas de difícil adquisición en el país son: Charvel, Suhr, Carvin, Caparison, Chapman, Guild, Godin, Vogel, Vigier, Mayones, LAG, Laguna, D'Angelico, Eastwood, EVH, Moog, Reverend, Larrivéé, Luna, Dingwall, Farida, Pagelli, Mesa Boggie, Bogner, Dr. Z Amplification, 65 amps, Comford, Fractal Audio Systems, Graph Tech Guitar Labs, entre otras. Las causas parecen ser varias, siendo las más evidentes: los elevadísimos precios y tiempos de espera para sus consumidores, la falta de relaciones entre distribuidores y vendedores locales, así como la ausencia de centros de servicio autorizados para el mantenimiento y reparación de equipos (aspecto crítico para el manejo de pólizas de garantía).

Guitarras y tecnologías compatibles se comercializan a través de grupos en redes sociales como Facebook, donde miles de aficionados y profesionales en tecnología musical y de audio intercambian información constantemente. A menudo hay quienes se ponen de acuerdo para realizar algún tipo de transacción económica, y de esa manera sabemos sobre los productos y servicios de pequeñas marcas nacionales que promocionan el trabajo realizado en sus respectivos talleres. Tal es el caso de: Colibrí Guitars, Distorted Branch, Rocha Guitars, Junior Axtone, Volt-Nine Amps, CMP Electrónica, Cortez Loudspeakers, Gentlemen Custom Cabs, NoiseMakers, ZHN Custom Pedals, Vntage Tone, FPFEX, Junkie Tone, RASH custom pedals, HM-Fx Home Made Custom Pedals, Coatl Custom Pedalboards, Rev Pedal Cases, entre otras.

No hay duda, la guitarra es una impresionante tecnología al servicio del arte y la ciencia. Mientras el músico puede utilizarla para ser libre y trascender fronteras improvisando, el laudero no improvisa. La ciencia del segundo consiste en cuidar hasta el más pequeño detalle técnico que pueda influir sonora y visualmente en el instrumento. De esa manera, la guitarra hace que individuos con formas de pensar y vivir radicalmente diferentes establezcan relaciones laborales para el disfrute de otros.

En las industrias de la música y el espectáculo, los guitarristas mejor pagados suelen contratar lauderos como técnicos que los asisten durante conciertos y sesiones de grabación, incluso para la fabricación de nuevos instrumentos. De este tipo de colaboraciones han emanado incalculables momentos de epifanía artística que, en la mayoría de los casos, ninguno de los implicados hubiese podido realizar solo.

En nuestro país es costoso adentrarse en el uso de guitarras MIDI, particularmente si se trata de productos Roland. En la capital son pocos los comerciantes de instrumentos musicales que distribuyen la marca. Además, quienes lo hacen aún no cuentan con esquemas de pago que permitan incrementar el número de usuarios de forma rápida.

Al respecto, se advierte al lector que: 1) el pago con tarjeta de crédito, en mensualidades fijas, suele generar intereses, y 2) los bancos con los esquemas más atractivos para la compra de instrumentos musicales son Banamex, Bancomer y Santander.

### 3.4. Memoria técnica (how-to) para la adaptación

#### 3.4.1. Materiales, herramientas y consideraciones previas

- 1 – Guitarra eléctrica.
- 1 – Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit.

**Herramientas y materiales de carpintería:** destornilladores, llaves de tuercas, llaves Allen, prensas, vemier, flexómetro, *plywood* [madera terciada], gubias, martillo con cabeza de goma, lija (calibres 60 y 120), taladro (de 400[W]) con brocas (calibres  $\frac{3}{8}$ [""],  $\frac{5}{8}$ [""], y 1[""]) y *router* [rebajadora] (de 530[W]).

**Herramientas y materiales de electrónica:** multímetro digital, cables caimán-caimán, estación para soldar con regulador de temperatura (de 100 a 450[°C]), cautín con punta fina, cautín de pistola (de 130[W]), pinzas para corte o cortaúñas, pasta para soldar, soldadura de estaño, esponja limpiadora, cable para circuito (calibre 22), sujetadores de plástico, cinta para aislar, cinta de cobre con pegamento conductivo, tijeras de acero para lámina, lámina de cobre (calibre 32), pistola para silicón frío y tubo de silicón de poliuretano.

**Herramientas y materiales domésticos:** lápiz de grafito, plumón, hojas de papel, acetatos o cartón delgado, aguja de jeringa, regla, tijeras, toalla de baño o tela gruesa, sandalia de goma, borrador para pizarrón, borrador de goma, cinta adhesiva y lata de aire comprimido.

Proponemos cuatro pasos para la adaptación, con una duración estimada de nueve días. Los primeros dos se reservan para conseguir las herramientas y materiales necesarios, otro para las tareas de carpintería y los seis restantes para las tareas de electrónica. En caso de contar con pocos (o nulos) conocimientos en una o ambas áreas, se aconseja consultar a expertos. Tal fue el caso del autor de esta investigación en lo referente a la carpintería, sobre la cual recibió asesoría de otro estudiante de la FI UNAM, alumno de la carrera Ingeniería Petrolera. Augusto Zavala Hemández ha practicando carpintería por años, cuenta con taller propio y de muy buena gana aceptó ayudar en nuestro proyecto.

Las tareas de electrónica requieren herramientas y materiales como los que aprenden a utilizar los alumnos de la DIE UNAM en sus laboratorios. Por esa razón el autor de la investigación pudo llevarlas a cabo por su cuenta.

El tercer paso (aislar o apantallar) se puede llevar a cabo con otro material aislante (como la pintura conductiva o el aluminio) cuya instalación necesite de un proceso diferente. En nuestro caso utilizamos cobre debido a su popularidad entre los lauderos, pero el autor desea poner de manifiesto que: en México es muy difícil conseguirlo en presentación de cinta adhesiva con pegamento conductivo.



### 3.4.2. Procedimiento

- I. Con las prensas y tela gruesa, sujetar el cuerpo de la guitarra a una superficie de trabajo. Después, utilizar *router*, gubias, martillo y lija para remover el excedente de madera en la parte donde se depositará la electrónica del instrumento. Duración: medio día.

En la figura 3.15 se muestra que la medida de precaución para manipular un *router* consiste en utilizar gafas protectoras, ya que al rebajar madera es posible que pequeños trozos salgan proyectados y alcancen nuestros ojos.



Figura No. 3.15: Ampliación de la cavidad  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Para hacer cortes con una curvatura específica usando un *router* es necesario contar con una guía. La nuestra la fabricamos a partir de un trozo de *plywood*, usando lápiz y flexómetro.

Para evitar daños, el *router* se manipuló en zigzag dejándolo descansar un poco por cada diez minutos de trabajo. El excedente cercano a la superficie frontal del instrumento se removió manualmente con gubias, martillo y lija (calibre 60).

- II. Con el taladro y las brocas se deben hacer las perforaciones necesarias para instalar piezas que se montan con tornillos o que salen de la cavidad, y para asegurar el paso de cables. Duración: medio día.



Figura No. 3.16: Perforaciones

Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Para seleccionar la broca más adecuada para cada pieza se consultaron los diagramas con acotaciones incluidos en el manual de Roland, al igual que los de otros fabricantes cuyos productos se instalaron en la guitarra. Para que al accionar el taladro la broca no se deslice, antes de perforar es recomendable hacer una pequeña incisión con un clavo y martillo, justo en el centro de la superficie por atravesar. Ésta servirá como punto de agarre para tener un mejor control del taladro.

Para perforaciones no muy profundas es recomendable utilizar cinta adhesiva (o de aislar) para delimitar el largo de la broca. De esa manera se cuenta con una guía visual para evitar exceder el nivel de profundidad.

Para perforaciones de mayor diámetro y profundidad se recomienda el uso de brocas de tipo plano.

- III. Aislar (o apantallar) las cavidades donde se instalará la electrónica y la tapa del circuito, con el fin de evitar problemas por interferencia electromagnética (EMI, por sus siglas en inglés). Duración: tres días.

En nuestro caso creamos moldes de papel y acetato para fabricar una jaula de Faraday con lámina y cinta de cobre. Siempre téngase presente que el correcto funcionamiento de una jaula de Faraday depende de que exista continuidad entre todas las partes del elemento aislante, es decir, el cobre debe rodear completamente al circuito y conducir corriente eléctrica en todas sus partes. Para lograrlo, es vital que:

- 1) el pegamento de la cinta sea de tipo conductivo. De no ser así se tendría que soldar cada unión entre pedazos de cinta, pero aquella estrategia repercute (por el uso de estaño) en una mayor probabilidad de captar EMI, y
- 2) que la tapa haga contacto con la cinta en los bordes de la cavidad donde descansa al queda asegurada.

En la figura 3.17 se muestra cómo fabricamos las tapas del instrumento utilizando una lámina de cobre (calibre 34), material que se aconseja trabajar con cuidado ya que fácilmente puede causar heridas en la piel.



Figura No. 3.17: Jaula de Faraday A  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Para cortar la lámina se utilizaron las tijeras de acero. Siguiendo el molde se fabricaron dos piezas que fueron pegadas aplicando silicón de poliuretano y presión directa, con el fin de tener una tapa más gruesa.

Para hacer las perforaciones de los tornillos que sujetan la tapa al cuerpo, se utilizó el molde como guía para hacer las incisiones iniciales que facilitaron la manipulación del taladro.

Como se muestra en la figura 3.18, también se consideró oportuno aislar la cavidad donde se alojan los resortes del puente, ya que es paralela a las pastillas. De esa manera, se reduce aún más la captación de EMI.



Figura No. 3.18: Jaula de Faraday B  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Para poder cubrir las cavidades con la cinta adhesiva de cobre, primero se debe asegurar que la superficie se encuentre lo más homogénea y limpia posible. Se utilizó lija (calibre 120), dispersando el residuo con aire comprimido, hasta conseguir un tacto uniforme y libre de polvo.

Para nivelar la cavidad de las pastillas se recortó la goma de una sandalia utilizando las tijeras de acero. Previamente se crearon moldes con un material esponjoso reciclado de tapas de garrafón de agua potable, pero su baja dureza hizo de la goma un mejor candidato para asegurar las pastillas con tornillos y sin correr el riesgo de atravesar por completo el cuerpo del instrumento.

Para asegurar una mejor adherencia entre las piezas de cinta adhesiva de cobre y las cavidades, se utilizó un borrador de goma para hacer presión y esparcir el material sobre la superficie, sin el riesgo de hacer cortes que dañasen la continuidad (especialmente en zonas de bordes) de nuestra jaula de Faraday. En ese mismo sentido, el excedente de material (el que cubrió las perforaciones que se comunican con el exterior) se removió con una aguja de jeringa para aprovecharlo en otras áreas descubiertas.

Para evitar corto circuito, la jaula debe permanecer conectada a las demás salidas a tierra, unión que suele soldarse a la placa del puente que se atornilla en la parte trasera del cuerpo. Ten en cuenta que los potenciómetros y capacitores no deben tener contacto con el elemento aislante, para lo cual se puede utilizar acetato o pedazos de plástico delgado, afín de tener una barrera que los mantenga separados.

- IV. Asegurar la pastilla hexafónica, el conector GK y el resto de la electrónica al cuerpo del instrumento. Después, realizar las conexiones entre el sistema de Roland y el resto del circuito siguiendo las indicaciones del manual de instrucciones del kit. Duración: tres días.

Para instalar las pastillas magnéticas sin tener que hacer una perforación profunda, se utilizaron los moldes de la jaula para cortar pedazos de goma que llenaron las cavidades, cuidando no rebasar la altura necesaria para una correcta instalación de las cuerdas.

La goma tiende a expandirse dentro de la cavidad, permitiendo que los tornillos sostengan a las pastillas y que mediante su ajuste se pueda variar la inclinación de los polos para conseguir cambios de timbre. Se recomienda hacer pruebas de estrés antes de proceder.

Como se muestra en la figura 3.19, también recomendamos: 1) marcar los cables con etiquetas que permitan identificar a qué pastilla corresponden, 2) asegurar su paso de una sección del cuerpo a otra con sujetadores de plástico, y 3) evitar dejar expuestos los hilos de la pastilla hexafónica, los cuales se pueden recubrir con un poco de cinta para aislar.



Figura No. 3.19: Sistema Roland instalado A  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

De ser posible, crea las mallas que conecten a los componentes antes depositarlos en la cavidad para que cuentes con más espacio para soldar. De ser necesario, utiliza alambre delgado o cinta adhesiva para sujetar a los cables cuyas longitudes dificulten el manejo de los cañines.

La mayoría de los componentes eléctricos necesitan puntos finos de soldadura. Pero para soldar la unión de salidas a tierra fue más rápido utilizar un cañín de pistola, teniendo la precaución de no calentarlo demasiado porque puede causar daños irreparables.

Antes de soldar componentes asegúrate de estañarlos, es decir, aplícales una capa fina de pasta y otra de soldadura previa a la unión definitiva. En el caso de los cables, tréznalos para asegurar la formación de un solo núcleo.

Ten en cuenta que: una soldadura correcta o “limpia” es homogénea y de color metálico, mientras que una incorrecta o “sucia” presentará relieves o su color cambiará por la presencia de algún contaminante, como suele ser cuando se aplica un exceso de pasta o había polvo en los componentes.

Al concluir los pasos anteriores, la guitarra estará lista para ser mecánicamente ajustada y, finalmente, poder tocar música con ella. El resultado exitoso del proceso anterior es una guitarra eléctrica con posibilidad de comunicar digitalmente las vibraciones de cada una de una de sus seis cuerdas, a través de un cable con trece pines.

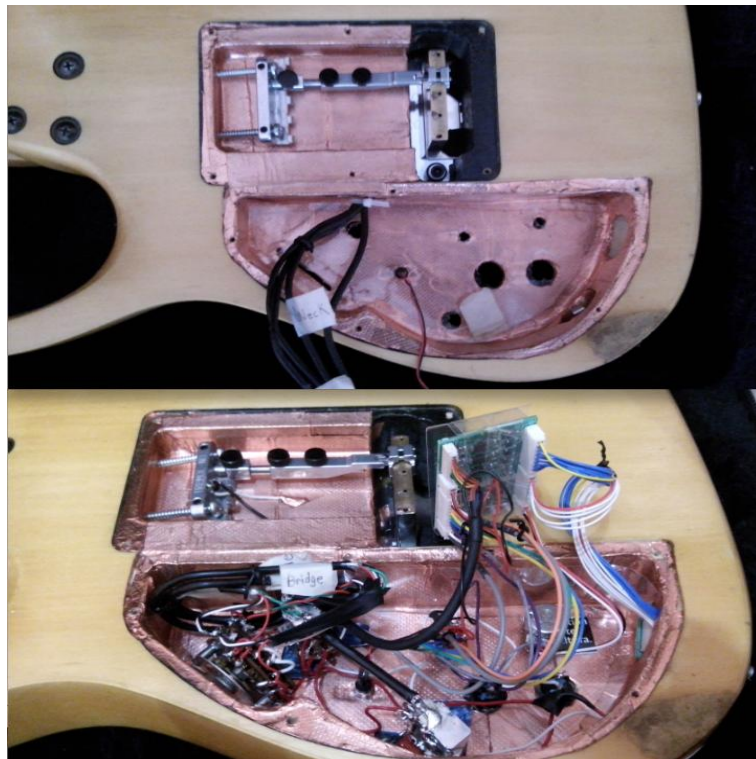


Figura No. 3.20: Sistema Roland instalado B  
Referencia: Archivo fotográfico del proyecto

Por último, para limpiar los cautines basta con aplicarles un poco de pasta para soldar y remover el estaño usando una esponja limpiadora. Evita raspar las puntas, ya que esto elimina su recubrimiento y las inutiliza. Tampoco apliques mucha presión, ya que esto puede alterar su alineación o romper la resistencia interna.

### 3.5. Sobre el sistema Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit

En 1977, según Wikipedia (en Inglés), Roland Corporation lanzó al mercado su primer sintetizador analógico para guitarristas con una interfaz de 24 pines, el modelo GS-500<sup>gg</sup>. En la actualidad, la empresa nipona distribuye la tercera generación de la línea de transductores GK, una interfaz para la comunicación digital de 13 pines.

Durante la parte práctica de esta investigación se seleccionó la versión para guitarra que requiere instalación interna, ya que se trata de un dispositivo estéticamente discreto y popular por ofrecer un buen desempeño. Sin embargo, advertimos que se trata de un producto poco accesible en México, cuya instalación requiere de conocimientos prácticos en carpintería y electrónica. Además, para obtener una señal MIDI requiere conexión a un sintetizador de guitarra compatible, ya que este sistema se encarga exclusivamente de la conversión A/D de la señal que produce el tañer de las cuerdas del instrumento.

Para los interesados en su estudio (diseño, formas de instalación y conexión, diversas aplicaciones, etcétera), así como el de otros productos de la marca también dirigidos para guitarristas, recomendamos consultar el sitio Web VGuitar Forums, disponible a través de [www.vguitarforums.com/smf/index.php](http://www.vguitarforums.com/smf/index.php)<sup>hh</sup>.

En la Ciudad de México, los productos de la marca pueden conseguirse por medio de un distribuidor autorizado o como artículos de segunda mano. En el caso de los orientados a la síntesis de sonido para guitarristas, los precios y gastos por instalación oscilan en los siguientes rangos. Tenga en cuenta el lector que existe una notable diferencia entre realizar el pago en una sola exhibición o diferirlo en cargos mensuales a tarjeta de crédito, por los cuales se cobran intereses.

<b>Roland GR55 Guitar Synthesizer con Roland GK-3 Divided Pickup incluida</b>	\$12, 748 – \$19 500
<b>Roland 13-Pin Cable (3, 5 o 10[m])</b>	\$900 – \$1300
<b>Gastos de instalación</b>	\$600 – \$1000
<b>TOTAL</b>	\$14, 248 – \$21 800

Sabemos de guitarristas mexicanos como Emmanuel Mora y Alejandro Otaloa, quienes han incursionado en este tipo de tecnologías, pero en nuestro país hace falta explorar alternativas que ayuden a que la experiencia sea económicamente más accesible.

<sup>gg</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

<sup>hh</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

Lo cierto es que, pese a ser soluciones costosas para la conversión de una guitarra en un controlador MIDI, los productos de Roland continúan ganando seguidores debido a: 1) la relación de la marca con artistas que aceptan promocionar sus productos a través de Internet y mediante clínicas-conciertos; 2) las incontables posibilidades artísticas que surgen de su uso y combinación con otras tecnologías digitales; y 3) la poca competencia en el mercado mexicano de instrumentos musicales.

Para comprobar el correcto funcionamiento de nuestra adaptación se contó con el apoyo de Guitar Gear, una tienda especializada en tecnología para guitarristas que tiene una sucursal en la Ciudad de México. Amablemente accedieron a dejarnos probar la guitarra con un sintetizador Roland GR-55, el modelo más reciente y más completo que ha fabricado la empresa nipona.

El 02 de marzo de 2017, durante unos 20 minutos, el autor exploró por primera vez con su guitarra parte de la inmensa variedad de sonidos que es posible crear utilizando un sintetizador digital de última generación. Conforme a lo señalado por el fabricante, el foco LED conectado al embebidor de la guitarra encendió para indicar una correcta comunicación con el sintetizador.

Poco más de un mes después, el autor contactó a un revendedor de equipo musical que tenía un sintetizador Roland GR-20, el modelo anterior al moderno GR-55. Como el equipo es de segunda mano e incluía únicamente un transformador de corriente eléctrica original, se acordó un precio de \$2 300 (dos mil trescientos pesos mexicanos) en efectivo. Inmediatamente después, el autor compró la interfaz Roland UM-ONE para poder hacer transferencia MIDI a USB.

Así, con una inversión extra de \$580 (quinientos ochenta pesos mexicanos), la guitarra ahora forma parte de un sistema más grande que puede establecer comunicación MIDI con una computadora de escritorio o un iPad. Los resultados de las pruebas realizadas desde entonces forman parte de la siguiente sección, donde presentamos nuestras conclusiones.



# Conclusiones

Agradecemos al lector atento por invertir su tiempo y esfuerzo en comprender las ideas que integran esta investigación, cuyo objetivo general es el de promover un desarrollo más humano de la tecnología. En ese sentido, hemos presentado antecedentes históricos y fundamentos científicos para quienes sientan interés en el estudio del sonido utilizando computadoras.

En la práctica, hemos realizado la instalación del sistema Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit para adaptar una guitarra eléctrica en una interfaz digital, capaz de comunicarse (mediante un cable) con un dispositivo secundario, que será el encargado de enviar los mensajes MIDI. Los sistemas GK de Roland incorporan una pequeña computadora que procesa las vibraciones independientes que produce el tañer de las cuerdas, es decir, permiten obtener equivalentes digitales de las vibraciones de cada cuerda.

Pero hacer Ingeniería para resolver el problema implicó una labor más profunda que sólo hacer la instalación del transductor de Roland y explicar su funcionamiento. También nos dimos a la tarea de interpretar nuestra realidad tecnológica, incorporando la visión de diferentes tipos de expertos, a favor de extender la enseñanza musical en las escuelas de educación básica por medio de programas que fortalezcan el desarrollo de las habilidades digitales. Ahora, pasaremos a dar respuesta a las tres hipótesis que formulamos después de hacer nuestra justificación y también incorporaremos el cierre de otras tres líneas de discusión que surgieron durante la revisión de nuestras referencias.

Así concluimos nuestra descripción sobre la realidad tecnológica, a casi dos décadas desde el inicio del siglo XXI, la cual consideramos de interés para quienes estudian la relación entre Computación y Música, para docentes que desean incorporar el uso de TIC en las aulas de educación básica, para quienes buscan comprender más sobre el funcionamiento de MIDI y sus posibilidades como diseño digital, así como para guitarristas y amantes de los instrumentos de cuerda que buscan información con la cual alimentar la pasión (u obsesión, según sea el caso) que viven por sus instrumentos.

Esperamos que nuestra labor de investigación le resulte útil para avanzar en la búsqueda que le ha llevado a leerlo, y que el fruto de su trabajo se sume a los esfuerzos por humanizar la tecnología y extender la enseñanza musical a todo México. Sin más demora, presentamos nuestras últimas reflexiones al respecto.

## **Sobre las tendencias en desarrollo de TIC y el papel de los futuros tecnólogos.**

Las ideas tecnológicas no son importantes por los productos que se originan a partir de ellas sino por las realidades que se instauran cuando las personas optamos por hacerlas parte de su vida diaria. Tomemos por ejemplo a los modelos de computadora Ammiga y PET de la empresa estadounidense Commodore Intemational, que fueron los primeros en utilizarse para la experiencia de audio digital a nivel doméstico en el mundo (en 1981) y para la elaboración de *software* educativo en México (en 1983), respectivamente. En 1994 la empresa se declaró en bancarrota y aquellos productos no se fabrican más. Pero en México y en el mundo la realidad en torno a la educación y el audio no ha vuelto a ser la misma desde que se empezaron a usar computadoras para esos fines .

Uno de los problemas ya señalado al principio de esta investigación, es el de la velocidad del cambio tecnológico, lo cual se ilustró con el caso en el que publicistas expertos en el mercado mexicano, se declararon incapaces ante los editores de la revista *Expansión* para diseñar en 2008 la campaña de un producto que se lanzaría al durante el año de 2050, con un presupuesto cercano a los doce millones de pesos. La reacción de los publicistas se debe a que predecir a largo plazo en los ámbitos donde se usa la tecnología digital es muy difícil. En 2005, el mismo Gordon E. Moore (cofundador de Intel) reconoció no ser capaz de poder visionar más allá de ocho años de desarrollo, que en aquel entonces equivalían a dos o tres generaciones de tecnología digital.

La industria de las nuevas tecnologías ha logrado penetrar todos los ámbitos de actividad de las sociedades modernas y la tendencia es que se incremente su presencia en todo el mundo, pues también se han vuelto un motor para el desarrollo de otras industrias, la ciencia, el arte y la educación.

La teoría de Schumpeter sobre las Revoluciones Industriales, a partir de la cual las TIC se pueden concebir como el motor industrial de nuestra era, es acorde a la visión de tecnólogos contemporáneos como Irving Wladawsky-Berger, un connotado investigador que en 2014 propuso ante académicos de la Maestría en Ciencias de las Computación del ITAM, siete tendencias de desarrollo para la tecnología digital.

Como se describe en el Capítulo 1, dichas tendencias son: *Mobile Internet* [Internet Móvil], *Internet of Things* [Internet de las Cosas], *Cloud Computing* [Cómputo en la Nube], *Big Data, Analytics & Data Science* [Grandes Datos, Analítica y Ciencia de Datos], *Social Media* [Medios Sociales], y *Collaborative Innovation* [Innovación Colaborativa]. Además, Wladawsky-Berger prevé que el desarrollo de la industria de los semiconductores es cada día menos acelerado con respecto a lo que dicta la ley de Moore, lo cual no es consecuencia de límites físicos sino de factores económicos. Dado que la experiencia usuario es el nuevo motor de cambios para el desarrollo de TIC, los transistores pueden seguir reduciendo su tamaño pero ahora se han vuelto más costosos.

En términos económicos, a pesar de todo el desarrollo y penetración de las TIC, para millones de personas en el mundo siguen siendo artículos de lujo que reflejan un estatus en la sociedad. Además, con el aumento de *Cloud Computing*, el énfasis en la velocidad del procesador de una computadora ya no es tan relevante. Se puede decir que la ley de Moore se encuentra ante una limitante. Entonces, ¿qué pasará con la computación?

Los componentes digitales están formando sistemas embebidos en casi cualquier cosa. La computación personal que conocemos y experimentamos desde la década de 1970, puesta en acción por Doug Engelbart y redefinida por Alan Kay; tiende a cambiar por la computación ubicua, visionada por Mark Weiser una década más tarde y aprovechada por Steve Jobs para el lanzamiento del iPod (en 2001) y el iPhone (en 2007). Razón por la cual los editores de la revista *Software Guru*, Pedro Galván y Mara Ruvalcaba, señalan al *Wearable Computing* [Cómputo Vestible] como otra tendencia de desarrollo de la tecnología digital. En ella, la empresa mexicana MACHINA ha incursionado con el diseño de su MIDI Jacket, una interfaz digital que sintetiza sonido a partir del movimiento de quien la viste.

En su último informe gratuito sobre la música digital, la IFPI también señaló al *Wearable Computing* y a la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) como áreas de desarrollo de la tecnología digital que resultan de interés para las compañías discográficas y la industria del deporte.

Por su parte, la FI UNAM ha dado un gran paso hacia la vanguardia médica con la creación de una nueva carrera, la Ingeniería Biomédica. Aquel interés por la computación inspirada en y aplicada a los sistemas médicos, constituye otra tendencia de desarrollo de la tecnología digital que está abriéndose camino entre los países económicamente más prósperos del mundo. Sin duda, el vínculo entre Computación y Biología es motor de cambios para las sociedades modernas y ha logrado ampliarse gracias a tecnólogos como Ray Kurzweil, encargado desde 2012 de traer el entendimiento del lenguaje natural a Google.

A finales de la primera década del siglo XXI, Kurzweil predijo que la inteligencia de las máquinas llegará a ser infinitamente más poderosa que toda la inteligencia humana combinada, visión tecnológica en pos de una filosofía a la que Jaron Lanier identifica como “totalitarismo cibernético”. Para Lanier, los totalitaristas cibernéticos obedecen a los intereses de los agentes económicos y políticos dominantes, quienes han logrado apoderarse de las nubes de computadoras para dictar la realidad tecnológica.

En su manifiesto tecnológico, de principios de la segunda década del siglo XXI, Lanier también advirtió que la tecnología de reconocimiento de patrones y la neurociencia se desarrollan paralelamente, de modo que la neurociencia puede servir de inspiración a la tecnología práctica, y viceversa. Sin embargo, considera que la neurociencia computacional tiene lugar en un margen impreciso del método científico, pues las propuestas teóricas sobre el funcionamiento del cerebro humano sólo abarcan una parte de los muchos procesos que se involucran en la actividad cerebral.

En ese sentido, investigadores de la University of Standford han trabajado arduamente por casi ocho años en el desarrollo de Neurogrid, una tecnología inspirada en el sistema eléctrico del cerebro humano. Se trata de una tarjeta del tamaño y con el consumo energético de un iPad, que con dieciséis *chips* llamados neuronúcleos, es capaz de simular un millón de neuronas y billones de conexiones sinápticas. Considerando lo planteado por la ley de Moore, este proyecto es más atractivo que otros comparables como el SyNAPSE de IBM o el BrainScales de Heidelberg University, debido a que utiliza *hardware* de hace más de quince años. Por ello, los desarrolladores estimaron, en 2014, que en producción masiva con tecnología industrial actual, el costo para simular un millón de neuronas se podía reducir de UDS 40 000 a UDS 400.

Lo anterior nos lleva a pensar en la posibilidad de un futuro donde los músicos humanos cuenten con orquestas de robots que gracias a la combinación entre MIDI y Neurogrid sean capaces de tocar instrumentos, sintetizar sonido, danzar y moverse acrobáticamente, para generar respuestas emocionales en la audiencia. Un espectáculo así, combinado con los frutos de las cada vez mejores de la RVI y la CGI, sin duda tendrá grandes posibilidades de estimular a la condición humana.

Y es precisamente aquella condición, la que las personas (en particular los tecnólogos) no debemos dejar perder como consecuencia de nuestra proximidad cotidiana con las computadoras. He aquí un reto constante para los interesados en la computación: aprender a discernir, pese a los frecuentes cambios, sobre en qué diseños conviene invertir nuestros recursos y esfuerzos, a fin de alcanzar un desarrollo tecnológico más humano y no en pos del “totalitarismo cibemético”.

Nuestras realidades tecnológica y económica dependen del consumo de electrónicos y servicios de información en el entorno doméstico, un escenario sin precedentes. Aparentemente, la computación se ha vuelto más accesible pero, en la mayoría de los casos, se trata de estrategias de mercado diseñadas para atraer consumidores que estén interesados en el uso de nuevos dispositivos pero no en su programación.

Es por la anterior que consideramos que: las personas no debemos depositar nuestra fe en tecnologías cuyo funcionamiento no entendemos del todo, aún cuando parece que ofrecen resultados asombrosos. El grave error en las últimas décadas ha sido el deificar a las máquinas digitales y las ideas de sus diseñadores, haciendo creer al hombre y mujer promedio (personas que no se dedican a estudiar la tecnología) que se trata de algo por encima de sus propia capacidad de entendimiento. Que es asunto de los “gurús” en el área.

Actualmente, existen miles de millones de usuarios de TIC frente a un muy reducido número de proveedores y un número aún menor de programadores que no pertenecen a una corporación y que fomenten nuevas estrategias para su producción. Por ello el papel de los tecnólogos es crucial para desacelerar el frenesí de consumo que no permite la democratización de las TIC. La constante evolución de los productos del mercado ha facilitado el acceso, extendiendo a las TIC por casi todos lados pero dificulta (casi imposibilita) su dominio.

De esa manera, los agentes preponderantes (empresas corporativas) perpetúan su dominio en la transformación de la industria. Mientras pareciera que los problemas más alarmantes pasan desapercibidos para la sociedad, que se muestra eufórica ante lanzamiento de un *gadget* [artefacto] o servicio, como la nueva versión de un iPhone o el videojuego Pokémon Go.

El proceso de humanización de las TIC debe pasar de la lógica del consumo a la lógica de la reflexión para que su uso se oriente a solucionar grandes problemas como: el cambio climático terrestre, la sobrexplotación de los recursos naturales, el paso a un nuevo ciclo energético basado en fuentes limpias, la educación y la salud en países subdesarrollados, el impulso a las economías libres y de autoconsumo, las leyes en torno a derechos de autor, propiedad intelectual y patentes; el tratamiento y erradicación de enfermedades degenerativas como el SIDA y el Alzheimer; los conflictos políticos en fronteras y zonas de guerra, como México, Egipto, Siria y Corea del Norte, con miras a garantizar un desarme nuclear mundial; hasta las misiones espaciales en búsqueda de otros planetas aptos para recrear condiciones de vida que hay en la Tierra.

Orientar el esfuerzo colectivo hacia el desarrollo tecnológico que atienda estos problemas planetarios tampoco es una tarea fácil. Por lo pronto, uno de los esfuerzos se ha enfocado en el área de la infraestructura para lograr una mayor y mejor conectividad a través de Internet. En ese sentido las organizaciones W3C y IETF buscan crear documentos técnicos y estándares para mejorar la navegación en la WWW y el desarrollo de Internet, respectivamente. Sus especificaciones tecnológicas están siendo implementadas por desarrolladores, académicos, empresarios e investigadores de todo el mundo, permitiendo el surgimiento de una nueva era de conectividad.

Las redes de datos continúan creciendo y permiten ejecutar algoritmos para búsqueda de información cada vez más complejos. La documentación de los nuevos sistemas cambia constantemente, mientras que los volúmenes de información que se cruzan para descubrir nuevos conocimientos son cada vez más grandes. ¿Realmente todos estos avances y esfuerzos se aprovechan para resolver los graves problemas que nos conciernen como humanidad?, ¿poseerlos nos hace una mejor especie?

Así llegamos a la última frontera sobre el posible futuro de las TIC que mencionaremos, sobre los individuos que han generado una conexión aún más profunda que la que se alcanza con el uso doméstico y cotidiano. Nos referimos a los *cyborgs* [ciborgs], humanos que han decidido insertar algún tipo de TIC a su cuerpo para adquirir nuevas capacidades sensoriales. Auténticos hombres y mujeres máquina.

Según Wikipedia, el término fue acuñado por Manfred E. Clynes y Nathan S. Kline en 1960. Después, en 1985, Donna Haraway publicó el ensayo “Cyborg Manifesto”. Para 2004, el inglés Neil Harbisson se convirtió en la primera persona en ser reconocida por su gobierno como un *cyborg*, después de que este músico logró osteointegrar una antena a su cráneo con salida al hueso occipital.

Mediante este órgano artificial Harbisson es capaz de superar su condición nata como padecedor de acromatopsia, y ahora su cuerpo es capaz de codificar señales del espectro de luz como sonidos, incluso las no visibles para el ojo humano. Además, cuenta con comunicación satelital para poder enviar y recibir archivos de imagen desde distintas partes del mundo a través de Internet.

Al ser interrogado sobre lo que determina su identidad como *cyborg*, este exponente de la “Aldea Digital Telmex 2016” afirma que no es la unión entre su cuerpo y la antena sino la unión entre el *software* y su cerebro. En 2010, con apoyo de su amiga Moon Ribas, logró crear la *Cyborg Foundation* [Fundación Cíborg], una organización sin fines de lucro que busca ayudar a que más humanos se conviertan en *cyborgs*, con el fin de promover el uso de la cibernética como parte del cuerpo humano y defender los derechos de los *cyborgs*.

Resulta que aquella realidad futurista con la cual iniciamos el discurso de esta investigación (visionada por los publicistas mexicanos para el 2050), donde la tecnología digital sería integrada al cerebro humano, se hizo presente en el mundo en años previos al lanzamiento del reto por parte de la revista Expansión. En aquel entonces, Harbisson actuó en total secretismo debido a que su proyecto fue rechazado por un comité de bioética en Inglaterra. Pero aquello no lo detuvo, lo llevó a trabajar con un equipo interdisciplinario formado por un doctor anónimo dispuesto a hacer la cirugía de colocación del implante, e ingenieros y artistas que lo asesoraron durante el proceso. La humanidad ha entrado a nueva era.

Como hemos visto: resulta muy complejo hacer afirmaciones con respecto a las TIC, ya que es un campo de conocimiento que cambia constantemente, al mismo tiempo que se expande y genera transformaciones en otros campos. Con su industrialización, los hombres y mujeres en el siglo XXI exploran si nuestra naturaleza biológica es un sistema de información descifrable, el cual se puede mejorar, actualizar o *hackear* mediante la implementación de *hardware* de propósito específico.

El alcance y profundidad que ha logrado la Computación en distintos aspectos de la vida ha llevado a considerar a esta rama desde una perspectiva ontológica, es decir, como un todo descrito por entidades y las relaciones entre ellas.

Los interesados en este tipo de estudios pueden recurrir a la última versión del Computing Classification System (CCS) de la ACM, publicada en 2012. Se trata de una estructura poli-jerárquica que permite conocer las diferentes líneas de investigación en las que trabajan los fabricantes de TIC. Por ello, el sistema fue tomado como referencia por el M.C. Alejandro Velázquez Mena durante el diseño del más reciente plan de estudios para la carrera Ingeniería en Computación en la FI UNAM.

Es tiempo, nuestra Facultad debe pasar a una nueva etapa en donde la investigación científica y el desarrollo tecnológico mejoren nuestra condición humana, implementando soluciones que se inspiran en el arte a los problemas que impactan nuestra realidad. Por ejemplo, debemos fortalecer el proceso de enseñanza de las TIC en las escuelas de educación básica valiéndonos de la tecnología musical.

## **Sobre las políticas mexicanas en relación a TIC y educación.**

Durante su 3º Informe de Gobierno, correspondiente al periodo 2014-2015, el presidente Enrique Peña Nieto reconoció que desde el inicio de su mandato se habían ejecutado noventa reformas para las cuales fue necesario cambiar cincuenta y un artículos de la Constitución Política. Con ello, México se posicionó en aquel entonces como el país miembro de la OCDE con mayores cambios jurídicos en los últimos años.

Algunas de las disposiciones modificadas en este sexenio son: el Código Penal Federal, la Ley de Amparo, la Ley de Asociaciones Público Privadas, la Ley de Inversión Extranjera, la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, la Ley Federal de las Entidades Paraestatales, la Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos, la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública, la Ley Federal de Derecho de Autor, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley General de Educación, la Ley del Sistema Público de Radiodifusión de México, la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión y la Ley de Marina Mercante.

De acuerdo con la CONEVAL, el número de personas en situación de pobreza aumentó en dos millones para un 46.2% de pobres en una nación con más de 112 000 (ciento doce millones) de habitantes. Aquellas cifras, aunadas a las constantes pérdidas del peso mexicano ante el dólar americano, hacen dudar sobre la eficiencia del actual gobierno para gestar los asuntos económicos en beneficio de la mayoría de los mexicanos. Pese a ello, Peña Nieto anunció que se continuarán haciendo modificaciones a los derechos y las obligaciones de los individuos y las organizaciones en diversos ámbitos, como parte de la estrategia para mejorar la atracción de inversión extranjera.

Dentro de los planes recientes de su administración llama nuestro interés la creación de una Secretaría de Cultura. Quizás a través de ésta sea posible que en medio de los serios problemas sociales, agravados por la tremenda desigualdad económica entre las distintas clases, la enseñanza musical tenga una oportunidad de expandirse por México para ayudar a sanar al sangrado tejido social.

Durante décadas, la SEP ha realizado distintos esfuerzos por distribuir materiales entomo a Música y TIC entre los alumnos y profesores de educación básica. Las referencias (Caballero Moreno, 1975)<sup>37</sup>, (Manzanos, 1981)<sup>59</sup>, (Challoner, 2003)<sup>71</sup>, (Echegaray, 2006)<sup>65</sup>, (SEP y CONACULTA, 2014A)<sup>23</sup> y (SEP y CONACULTA, 2014B)<sup>50</sup> son evidencias de esto. Sin embargo, el analfabetismo en ambas áreas no podrá ser erradicado hasta que existan políticas que permitan ejecutar estrategias para atender problemáticas específicas y alcanzar metas concretas.

En ese sentido, desde 2014, el Gobierno Federal ha repartido más de dos millones de dispositivos de cómputo personal (tabletas y laptops) entre alumnos y profesores de 5° y 6° de primaria en quince de los estados tecnológicamente más rezagados, como parte de los programas MiCompu.MX y PIAD. Además, ya se cuenta con más de cuarenta y dos mil conexiones entre centros de estudios como resultado del programa México “Conectado”.

Las instituciones públicas especializadas que han colaborado con la SEP en lo referente a los contenidos educativos y culturales precargados en los dispositivos son: el CEFRAL, el CENAPRED, la CONABIO, el CONACYT, el CONAFE, el CONACULTA, el CONAPRED, la Fonoteca Nacional, el IFAI, el ILCE, el INAH, el INEGI, el MUNAL, la PROFECO y Radio Educación. Además, se cuenta con un portal de Internet donde se encuentran todos los contenidos para que los alumnos, docentes y padres de familia de todo el país puedan aprovecharlos.

Como es lógico pensar, los resultados de esos programas han sido la base para tomar las decisiones estratégicas en lo que refiere a educación digital, razón por la cual ha sido importante estar al pendiente de la información que se ha publicado en tomo a ellos.

Respecto a las reformas en materia de telecomunicaciones y radiodifusión pública, el representante del poder ejecutivo aseguró que han permitido: reducir el costo de los servicios de telefonía fija, móvil y banda ancha, expandir las redes móviles, duplicar el número de los usuarios de Internet, así como atraer inversiones por 250 000 000 000 (doscientos cincuenta mil millones) de pesos. A reserva de que todo esto sea verdad, los tecnólogos no debemos perder de vista que estas reformas también le dieron el control de las telecomunicaciones al Estado, lo cual tiene implicaciones sobre el derechos de los usuarios para compartir información libremente.

Casi al final de su tercera rendición de cuentas reveló una nueva estrategia de Ingeniería Económica, la cual consiste en reformar los planteles de educación mediante la emisión de certificados de infraestructura educativa en la Bolsa Mexicana de Valores. De esa manera se espera incrementar (para 2018) el Fondo de Aportaciones Múltiples en 50 000 000 000 (cincuenta mil millones) de pesos. Además, la educación también será impactada debido a la creación de un Programa Nacional de Inglés para extender el dominio de aquella lengua entre los mexicanos.

Promoviendo este tipo de políticas, la administración de Peña Nieto ha continuado la transformación neoliberal del sistema mexicano de educación pública. Recordemos que en 1983, durante el gobierno de Miguel de la Madrid Hurtado, el proyecto Galileo (impulsado por la Fundación Arturo Rosenblueth) marcó el inicio de la participación privada en el campo de la educación pública digital. Ahora, el gobierno podrá utilizar el capital de empresas privadas para acrecentar los recursos con los que se pretende cubrir parte de los gastos que cada escuela demande en materia tecnológica, conforme a sus características, población, recursos y es fuerzas en operación.



Desde el gobierno de Felipe Calderón Hinojosa los conocimientos sobre TIC en la educación básica pasaron a ser considerados como habilidades digitales, y no como temas dentro del plan de estudios. Como consecuencia, el acceso a la tecnología y el Internet se han transformado en necesidades básicas a cubrir por los alumnos, los padres y las escuelas para poder alcanzar la llamada “educación de calidad”.

Para su 4º Informe de Gobierno, correspondiente al periodo 2015-2016, Peña Nieto alcanzó los más bajos índices de aceptación que algún representante del poder ejecutivo ha tenido en México. Su estrategia para la rendición cuentas consistió en entregar al Congreso de la Unión dos documentos, uno escrito y otro con datos estadísticos, mismos que se puede consultar a través de Internet. Además, sostuvo un encuentro televisado con jóvenes de distintos grupos sociales, una muestra de los 30.6 millones de mexicanos entre los 15 y 29 años de edad (51% mujeres y 49% hombres), muchos de los cuales fueron señalados más tarde (en redes sociales) como presuntos miembros de la juventud priista, según datos de la SEGOB.

Como un ejemplo del esfuerzo realizado por su administración, el presidente de México habló sobre la importancia de su polémica Reforma Educativa. Aseguró que mediante ésta se han podido evaluar a 450 mil aspirantes al sistema de educación pública, evitando así el incurrir en viejas prácticas acostumbradas por miembros del SNTE y la CNTE para la venta o heredad de plazas federales.

Al decir que la reforma es polémica nos referimos a las decisiones institucionales pactadas entre el poder Ejecutivo y las principales fuerzas políticas del Congreso de la Unión, mediante las cuales el Estado redefinió los procesos de evaluación y contratación de los docentes en las escuelas públicas. En 2014 se creó el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, el cual funciona como una dependencia de gobierno con carácter autónomo, encargada de establecer los criterios y procesos mediante los cuales se evalúa a los docentes para determinar si estos pueden o no impartir clases a los alumnos de educación básica.

A partir del 2015, en el ejercicio de su función, el INEE publica los perfiles, parámetros e indicadores de un buen desempeño docente para cada ciclo escolar. Su propuesta integra cinco dimensiones a evaluar para determinar si se trata de un maestro idóneo para estar frente a grupo. Por primera vez en décadas, la permanencia del docente frente al aula no depende directamente del sindicato sino del nuevo instituto. Sin embargo, en los indicadores publicados por la autoridad no se especifican las habilidades digitales que deben poseer los docentes a pesar de que sí deben fomentar su uso en los alumnos, y que puede afectar favorablemente su desempeño en las cinco dimensiones.

Vale la pena mencionar que la Reforma Educativa ha sacudido a las fuerzas de izquierda que representan a los trabajadores de la educación pública en México, algunos de los cuales aseguran que se trata realmente de una reforma laboral. Pero esto no ha detenido al gobierno federal ni al SNTE para avanzar con la implementación de este nuevo esquema para el ingreso y permanencia en el servicio profesional docente.

En la Conferencia Nacional de Gobernadores (CONAGO) 2015 se acordó dividir al país en cinco regiones educativas, las cuales son: sur-sureste (Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán); centro (Ciudad de México, México, Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala); occidente (Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro y Zacatecas); noreste (Coahuila de Zaragoza, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas); y noroeste (Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sinaloa y Sonora). Y en ese mismo año se colocaron los primeros certificados de infraestructura en la Bolsa Mexicana de Valores.

El 4º Informe de Gobierno en su sección “México con Educación de Calidad”, uno de los cinco ejes transversales en los que el gobierno federal ha documentado su gestión, indica los siete ejes estratégicos en los que consiste la Reforma Educativa, los cuales son: 1) colocar la escuela en el centro educativo, 2) invertir más y mejor en infraestructura, equipamiento y materiales educativos, 3) fortalecer el desarrollo profesional docente, 4) revisar los planes y programas de estudio, 5) dar un renovado impulso a la equidad y a la inclusión educativa, 6) vinculación entre la educación y el mercado laboral y 7) reforma administrativa de la SEP.

Entre los intereses de este eje transversal se encuentra promover la incorporación de las nuevas TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje, razón por la cual la tecnología MIDI representa una auténtica ventana de oportunidad para que las enseñanzas entomo a TIC y Música confluyan en las aulas de educación básica.

Para finales de 2016, la SEP y la SCT pusieron en marcha su más reciente estrategia para extender la educación entomo a TIC. Nos referimos al programa @prende2.0, una alianza entre asociaciones civiles, empresarios de la tecnología, desarrolladores de contenidos educativos y proveedores de servicios de comunicaciones. Entre sus metas se encuentra la de crear el portal con la mayor cantidad de contenidos educativos en Latinoamérica.

Por ser realmente accesible para las escuelas que dispongan de una infraestructura de computación y/o aprovechen los dispositivos personales de su comunidad, MIDI puede utilizarse fácilmente para expandir la enseñanza musical en México. Además, su uso implicaría un mayor desarrollo de las habilidades digitales en estudiantes y maestros de la educación básica.

Así entonces, concluimos que la hipótesis a) de esta investigación es verdadera. En México existe la voluntad política para la enseñanza digital, por lo cual se están favoreciendo los esfuerzos para el aumento de infraestructura y conectividad, en este escenario la tecnología MIDI tiene una ventana de oportunidad para ser tomada en cuenta por los gobernantes mexicanos que busquen crear programas educativos que encaminen a la población hacia aquel futuro declarado por Carlos Santana durante su oración de 2015 frente al Ángel de la Independencia, es decir, el de un país unido a través de su música, en armonía y con compasión.

## **Sobre la importancia de que la FI UNAM asuma el reto de estudiar a la tecnología musical, como una forma de revolucionar el estudio del sonido y música.**

Los y las profesionistas de la Ingeniería no podemos ignorar que la tecnología musical y la música digital también son grandes negocios. Considerando la manera en que dinamizan la economía y el desarrollo tecnológico, la FI UNAM debe poner sus esfuerzos en este campo de estudio que día a día sigue sumando seguidores y dividendos.

El análisis de la IFPI sobre el valor de la industria fonográfica de 2012 a 2014 reveló un crecimiento en el consumo legal de música digital. Para lograrlo, la tendencia en diversos países incluido México, ha sido la alianza entre proveedores de música por *streaming*, proveedores de telecomunicaciones y el mismo gobierno. A partir de 2015 los datos sobre el valor económico de esta industria han pasado a ser privados, ya que la IFPI reemplazó su análisis sobre la música digital por un documento conocido como “Global Music Report”, que requiere del pago de una licencia para poder ser consultado.

Por su parte, en 2014, la revista *Entrepreneur* señaló a las agencias de DJ como un negocio lucrativo en nuestro país. No es de extrañar, ya que la variedad de instrumentos digitales y sistemas de audio e iluminación ha incrementado notablemente en las últimas décadas, a la vez que han reducido costos. Así, cada vez es mayor la cantidad de artistas que buscan establecer alianza con promotores de espectáculos, empresas de tecnología y marcas comerciales.

La situación actual propicia destinar esfuerzos y recursos en pos de una nueva forma de hacer tecnología dentro de la Facultad. En ese sentido, la mejor forma de crecer en el campo donde las TIC se cruzan con el sonido y la música es asistir a eventos como: la expo Sound-Check, las reuniones de la AES México, el NAMM Show, la International Computer Conference (ICMC), la Sound and Music Conference (SMC), la International Conference on Digital Audio Effects (DAFX), la International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR), la International Conference on New Interfaces for Music Expression (NIME), la IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (IEEE ICASSP), la ACM Multimedia (ACM-MM), entre otros.

Además, cuando se habla de tecnología relacionada con el arte es razonable pensar en escenarios que favorecen el desarrollo humano de las personas. Por esa razón, este tipo de estudio debe promoverse entre alumnos y académicos de la FI UNAM.

Al presentar los fundamentos de esta investigación nos enfocamos en estudiar cómo las vibraciones que corresponden a un sonido musical temperado pueden discretizarse para convertirlas en secuencias de números que serán fácilmente manipuladas por computadoras. Para ello, durante el Capítulo 1 fue necesario establecer la relación científica entre diferentes teorías y referencias prácticas que representan fundamentos para los interesados en la creación de música utilizando computadoras.

Recapitulando: hemos presentado cuarenta ecuaciones y siete figuras que constituyen una base científica para futuros tecnólogos musicales. Las ecuaciones 1.1 a 1.11 y las imágenes 1.4 y 1.5 permiten comprender a las ondas como fenómenos físicos que ocurren en el espacio y en el tiempo. Las ecuaciones 1.12 a 1.32b y las imágenes 1.6 a 1.10 permiten entender a las ondas armónicas simples y su adición mediante el principio de superposición, analizando el caso específico que corresponde a las notas temperadas. Así, en las ecuaciones 1.33 a 1.40 hemos caracterizado a las cualidades de los sonidos musicales, así como su representación utilizando medios electrónicos.

Además, en el Apéndice C hemos incluido diversos valores, figuras y nombres asociados a dichas cualidades, para lectores, conocedores o no del tema, puedan profundizar por su cuenta.

De forma instintiva la especie humana y otras se valen del sentido del oído (análisis) para realizar gran cantidad de actividades cotidianas, incluido el poder emitir (síntesis) respuestas. Con base en matemáticas discretas, los tecnólogos digitales han creado algoritmos para que las computadoras manipulen grandes cadenas de números en procesos de análisis (escuchar) y síntesis (emitir) de audio. Utilizando lenguajes de programación, los físicos e ingenieros continúan buscando formas más precisas de describir el fenómeno musical, al mismo tiempo que mejoran la eficiencia de los códigos en los que dichos algoritmos han sido implementados.

En ese sentido, el autor recomienda el curso “Audio Signal Processing for Music Application” (ASPMA), disponible a través de Coursera para quienes sientan interés por profundizar en la relación que existe entre sonido y computadoras. Su temario comprende teoría, demostración y práctica (dentro de un ambiente Linux) para diferentes tipos de análisis y síntesis de archivos de audio (tipo: .wav, canal: mono, bitrate: 16[b]), utilizando el lenguaje de programación Python y otras tecnologías llamadas sms-tools, Audacity, Sonic Visualizer, freesound y Essentia.

Dicho curso de aprendizaje en línea fue desarrollado por el MTG UPF (en España) en colaboración con Stanford University (en EE.UU.), y es impartido por el investigador musical Xavier Serra. Tiene una duración de diez semanas y consta de: vídeos materiales de estudio, lecturas complementarias, evaluaciones en línea, tareas de programación que deben ser enviadas a un repositorio y tareas de revisión colectiva. Además, el ambiente de Coursera provee foros de discusión y usuarios que asisten al staff del curso para resolver dudas y guiar a los estudiantes activos.

Gracias a este curso sabemos sobre publicaciones como: Computer Music Journal (CMJ), Journal of New Music Research (JNMR), Journal of the Audio Engineering Society, IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing (IEEE TASLP), ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (ACM TOMM). Todas ellas de interés para los involucrados en estudiar de forma científica la relación entre tecnología digital, sonido y música.

Un principio del método científico es ir descartando la validez de las ideas, con base en si éstas o su relación con otras son verdaderas o falsas. De esa manera se escoge la versión que, a falta de más pruebas que contradigan lo ya establecido, se considera lógicamente correcta. Y en ese sentido cada vez son más los países que están orientando sus sistemas de educación pública, incluido México.

Aún quedan retos y mitos a resolver en torno a la guitarra y otros instrumentos menos conocidos, pero no por eso menos valiosos. También existe una enorme variedad de tecnologías de sonido que podríamos estudiar para atender problemas que van desde la conservación del patrimonio sonoro y cultural, seguridad de la información, hasta la identificación y conservación de otras especies.

Pero más allá de los alcances del método científico, en la esfera humana, escuchar y emitir no son sólo un proceso, son verbo, cualidades del espíritu y el alma que tienen que ver con las conciencias personal y social. Es innegable que ambas actividades tienen la capacidad de generar momentos de sinergia colectiva multitudinarios, y para los músicos son parte del camino al “frenesí”, de poder “flying high” [elevarse], de “estar en comunión”, de estar “in the zone”, de conectar... Por ello, los científicos reconocen no poder explicar el fenómeno del todo y esto a su vez propicia que las líneas de investigación dentro de esta área de conocimiento sigan aumentando.

Como advertimos al lector antes de presentar nuestros fundamentos científicos, existen expertos en música como Victor Wooten (en EE.UU) y Ariel Guzik (en México) cuyo cruce de información para definir al sonido musical va más allá de la visión que hemos introducido al lector, la cual es afín a la teoría del sistema musical temperado sobre el que se basa el diseño de MIDI. Así entonces, concluimos que la hipótesis b) de ésta investigación es verdadera. Por estar relacionado con el arte, el fenómeno musical trasciende a la interpretación científica.

## **Sobre MIDI y su adaptación en una guitarra eléctrica.**

Antes de MIDI el concepto “nota” gozaba de una ambigüedad que favorecía una mayor riqueza tonal de las expresiones musicales. Instrumentos muy diferentes podían ser utilizados para producir sonidos cercanos entre sí, más nunca iguales. Con la digitalización del sistema temperado, las notas musicales han adquirido características físicas bien definidas y la inmutabilidad propia de los estándares tecnológicos.

Como protocolo de comunicación, MIDI fue rápidamente adoptado por los empresarios de la tecnología musical debido a que permite controlar varios instrumentos a través de un teclado único, una realidad tecnológica sumamente atractiva para los productores musicales. En tan sólo unas décadas, apoyándose en la adopción doméstica del audio digital y los videojuegos, el estándar ha conseguido que el sistema temperado continúe expandiéndose e imponiéndose a otras formas de hacer música, con una notable mayor efectividad que la que logró el Papa Gregorio durante sus primeros días.

Por ello, en el Capítulo 2 hemos descrito la arquitectura básica (sistema mínimo, conexiones, cables, datos y mensajes), los modos de operación, las topologías y los tipos de dispositivos que comprenden a esta tecnología. También establecimos que: si un fabricante desea que su instrumento (físico o virtual) sea reconocido como General MIDI, es decir, que sea compatible con el estándar entonces deberá incorporar (por lo menos) 175 programas para cambios de timbre.

Estas voces, cuyos algoritmos varían para cada fabricante, serán controladas a través de un dispositivo maestro que puede enviar mensajes por diferentes canales (o direcciones lógicas). Así, hasta 16 instrumentos se pueden utilizar al mismo tiempo. Algunos mensajes describen a los sonidos musicales que se transmiten, mientras que otros sirven para sincronizar a los dispositivos o realizar ajustes en sus modos de operación sobre algún canal en específico.

Pero pese a sus ventajas, MIDI sigue presentando inconvenientes. Por ejemplo:

1. El número de sonidos temperados está limitado a 112, ya que la altura se define mediante 7 bits de datos. En teoría esto significa que hay 128 valores diferentes, pero 16 de ellos corresponden a frecuencias de vibración no audibles para el oído humano. Además, la mayoría de los fabricantes no exceden las 88 notas que ofrece el teclado de un piano;
2. Los cables no pueden tener una longitud mayor a 15[m], lo cual obliga a utilizar retransmisores en instalaciones muy grandes. Con ello, la operación se encarece y es más sensible a fallas;
3. Sistemas con tres o más dispositivos suelen presentar retardos, como consecuencia de las diferencias entre los optosciladores que se utilizan para transmitir los mensajes;

4. No se puede variar el *tempo* durante la ejecución de secuencias de mensajes, ya que esto causaría irregularidades en la señal de reloj que controla al sistema, resultando en el fallo e inutilización de los dispositivos;
5. Su implementación en aerófonos y cordófonos es poco común, y por lo mismo suele ser muy costosa.

Es por lo anterior que MIDI debe entenderse como un modelo para la transmisión de mensajes musicales entre dispositivos digitales, más no como una solución definitiva a ese tipo de comunicación. No obstante, su anclaje impone que los alumnos de la FI UNAM aprendan sobre su especificación técnica para comprender su papel en el proceso de composición musical utilizando computadoras, sus ventajas e inconvenientes. De ahí que estudiemos su potencialidad para ser utilizada en programas que permitan expandir la enseñanza musical en las escuelas de educación básica.

Pero, ¿por qué buscar la implementación de esta TIC en la guitarra eléctrica? Para resumir la respuesta retomemos lo dicho por Alan Yentob al final de su documental para la BBC (en 2008), una referencia muy completa sobre la historia y cultura entorno al instrumento en EE.UU. e Inglaterra. De acuerdo con aquel célebre productor de televisión, la guitarra eléctrica es un accesorio de moda con connotaciones de rebelión y sexualidad, se encuentra presente en la música de cada país y posee la capacidad para ir sumando seguidores interesados en su disfrute.

En el Capítulo 3 también hemos incluido información sobre: las leyes de Mersenne, que describen el funcionamiento físico de los cordófonos; la clasificación por tipos, con ejemplos de instrumentos originarios de varias partes del mundo; los conceptos y las técnicas utilizadas por lauderos especializados en la guitarra eléctrica, con relatoría del proceso que hemos implementado; la expansión del instrumento durante el siglo XX, con reconocimientos para intérpretes de diferentes géneros musicales; así como nombres de fabricantes de tecnologías y accesorios compatibles.

Es cierto, en menos de un siglo desde el inicio de su distribución en serie (en 1950), la guitarra eléctrica ha logrado expandirse a todo el mundo. Quizás sólo sea superada por las interfaces de teclado temperado, las cuales han proliferado y reducido costos gracias a MIDI. De ahí que nuestro objetivo específico haya sido adaptar ambas tecnologías en una sola interfaz.

Los interesados en realizar control MIDI por medio de una guitarra pueden utilizar productos como: Roland GK3 Divided Pickup, Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit, Graph Tech Guitar Labs Ghost Modular Pickup System, Shadow SH-075, Fishman TriplePlay, Expressiv MIDI Guitar, You Rock MIDI Guitar Controller, Starr Labs Z7S, Livid Instruments Guitar Wing, Incident Technologies gTar, Misa Digital Instruments Kitara, Sonuus G2M, TerraTec Producer AXON AX 100 mk II, TabStrummer TS1, ION All-Star Guitar, ACPAD, entre otros. Incluso existen varios *software* para diferentes sistemas operativos que pueden utilizarse con cualquier guitarra, entre los cuales Jam Origin MIDI Guitar resulta atractivo por su baja latencia.

En la Ciudad de México sólo hemos ubicado de manera física los siguientes: Roland GR 55 Guitar Synthesizer (con Roland GK3 Divided Pickup incluido), Fishman TriplePlay, You Rock MIDI Guitar Controller y Livid Instruments Guitar Wing. Cada uno con diferentes posibilidades tecnológicas y artísticas, y por precios de venta que van desde los \$3 400 (tres mil cuatrocientos pesos mexicanos) a los \$19 500 (diecinueve mil quinientos pesos mexicanos).

Por lo mismo, optamos por hacer un trato con un distribuidor de tecnología musical en El Paso, Texas, EE.UU. Y así se puso de manifiesto que la hipótesis c) de esta investigación es falsa, el sistema Roland GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit es un producto poco accesible en la capital del país. De hecho, cada vez lo será menos debido a que recientemente fue descontinuado por el fabricante.

No obstante, desde el surgimiento comercial de MIDI, el papel de Roland ha sido fundamental para la expansión y adopción del estándar. Además, la serie GK se compone de distintos modelos de transductores para guitarra eléctrica, y el que hemos utilizado fue seleccionado debido a su estética discreta.

Este sistema se compone de una pastilla hexafónica, una tarjeta embebida, un conector GK, cables, un potenciómetro, tres *switches* y un foco LED. Se encarga únicamente de la conversión A/D de las señales producidas por el tañer de las cuerdas, y su uso con intenciones artísticas impone la adquisición de otros productos, el cable Roland 13-Pin cable y algún sistema compatible (como el Roland GR55-Guitar Synthesizer, GR-D, GR-S, VG-99, y/o VB-99) para realizar síntesis de sonido o control MIDI.

Además, el transductor es compatible con distintos modelos de sintetizadores para guitarristas del mismo fabricante, un conocido líder en la industria de la tecnología musical. La adaptación que hemos realizado quedó documentada en una memoria técnica donde se pueden consultar los materiales, las herramientas y el procedimiento sugerido.

El autor de esta investigación produjo su prototipo de la guitarra digital formando un equipo interdisciplinario cuyos miembros no contaban con antecedentes en la fabricación de instrumentos musicales, tampoco con relaciones en la industria de la música, pero sí con los conocimientos y herramientas para desempeñar diferentes tareas especializadas. Los interesados en la lutería, es decir, en la construcción y reparación de instrumentos de cuerda; deben consultar con quienes poseen conocimientos empíricos sobre los procesos especializados que deseen llevar a cabo.

En ese sentido, las modificaciones del instrumento se lograron gracias a la participación de: un tallador de madera, dos carpinteros, un grabador de metales, dos orfebres y un tornero. También se consultaron obras de los lutereros Martin Koch y James Donahue, y del técnico de instrumentos electrónicos Daniel Brosnac. Además, en YouTube se consultaron vídeos útiles pertenecientes a los canales: tannetv, Breja ToneWorks, DylanPickups, Crimson Custom Guitars y Jeff Baker. Todo esto para poder definir las etapas de la parte práctica del proyecto, así como los procedimientos, las herramientas y los materiales necesarios.



Quizás podamos aventurarnos a decir que se trata de una forma “más humana” de hacer tecnología. Por ello, los tecnólogos debemos esforzarnos por proponer diseños tecnológicos que, como la guitarra, permitan vincular personas muy diferentes entre sí.

Recientemente el autor adquirió un sintetizador para guitarra Roland GR-20, modelo que fue lanzado al mercado en 2004. Pese a tener menos prestaciones que el actual GR-55, la inversión para adquirirlo fue significativamente menor y las posibilidades continúan siendo muchas.

Ambos modelos incorporaran un procedimiento para ajustar la sensibilidad de la pastilla hexafónica, cuya ejecución es necesaria para obtener el mejor desempeño posible. Así se garantiza la transmisión entre la guitarra y el sintetizador, y en nuestro caso resulta posible operar en alguna de las siguientes formas:

- 1) Controlar el generador de sonido del sintetizador, escogiendo entre casi seiscientos programas de voz y con capacidad para combinar la señal con la que produce la electrónica convencional del instrumento; o
- 2) Comunicarse vía MIDI con otros dispositivos, incluyendo una computadora personal (o un iPad) que puede ser usada como secuenciador. Para lograrlo fue necesario adquirir una interfaz Roland UM-ONE, encargada de transferir los mensajes MIDI vía USB.

La síntesis ha resultado ser una experiencia sumamente interesante, ya que los programas de voz llevan a otro nivel la experiencia de crear un sonido propio. Ahora es posible utilizar el timbre de otros instrumentos, máquinas y voces humanas. Para ello se dispone de once bancos de sonidos, de los cuales el último se encuentra asignado al usuario para que almacene hasta noventa y nueve efectos personalizados.

Otra función atractiva es la transposición de la señal, mediante la cual se puede cambiar la altura hasta dos octavas temperadas en cualquier dirección. Así se aumenta significativamente el rango de notas que el guitarrista puede utilizar. Además, la interfaz Roland GR-20 también cuenta con tres pedales que se pueden utilizar para controlar el sonido y lograr una mayor expresividad durante la ejecución.

El fabricante le ha asignado distintas funciones posibles a cada pedal para crear diferentes armonías o controlar el volumen. En caso de querer que dichas funciones estén disponibles es necesario asegurarse de que el sintetizador utilice el SW MODE 1, y en consecuencia los cambios de programa de voz se harán utilizando los *switches* (tipo *push*) de la guitarra.

Como ya mencionamos anteriormente, en el sitio Web VGuitar Forums es posible obtener detalles sobre el diseño y funcionamiento de la interfaz GK de Roland. A partir de los diagramas y vídeos disponibles sobre el circuito, la pastilla hexafónica y el cable para conectarlos, proponemos un método sencillo para quienes estén interesados en verificar de forma científica el funcionamiento del transductor.

Para ello es necesario hacer una inversión adicional de \$1300 (mil trescientos pesos mexicanos), aproximadamente, para adquirir un Roland 13-Pin Cable de 5[m]. Después, con el propósito de tener acceso a los núcleos de los hilos que sirven para energizar y comunicar al embebido de la guitarra, se debe cortar uno de los extremos del cable (un conector DIN 13 pines) y remover el elemento aislante.

Los primeros seis hilos (los pines 1 a 6) corresponden a las señales de cada cuerda de la guitarra, de la primera a la sexta. Los siguientes dos hilos (los pines 7 y 8) corresponden a la salida convencional del instrumento y el volumen MIDI, respectivamente. El siguiente hilo (el pin 9) corresponde a la salida (GK/MIX/Guitarra) seleccionada mediante un *switch* (tipo ON-ON-ON). Los siguientes dos hilos (los pines 10 y 11) corresponden a los *switches* (tipo push) que sirven para cambiar el programa de voz. Finalmente, dos hilos (los pines 12 y 13) sirven para alimentar el circuito.

Así es posible experimentar con los equipos de un laboratorio de electrónica para conocer los valores mínimo y máximo que produce cada salida del transductor. Sólo se necesitan: una fuente de voltaje (regulada a  $\pm 7[V]$ ), un osciloscopio (capaz de graficar dBmV vs frecuencia [Hz]) para medir las señales producidas por las salidas de la interfaz GK, y cables Banana-Caimán y BNC-Caimán para conectar los equipos al cable Roland 13-Pin modificado.

Como la comunicación MIDI requiere de un dispositivo secundario, en nuestro caso la interfaz Roland UM-ONE, este tipo de transmisión puede resultar en errores o problemas de latencia. Desde el punto de vista como ejecutante parece ser menos precisa que la síntesis de sonido, pero tampoco es un desastre. Además, las posibilidades de creación a través de la guitarra se potencian debido a la inmensa variedad de tecnologías con las cuales es compatible.

En ese sentido, el autor ha comenzado a experimentar con dos sistemas para transcribir música temperada, los software MuseScore (de tipo libre) y Apple GarageBand (de tipo privativo) corriendo en un ambiente Mac OS X 10.6.8. En su opinión, el mejor desempeño para ambos sistemas requiere una interpretación donde el ataque de las cuerdas se asemeje lo más posible a presionar las teclas de un piano. Y así se pone de manifiesto que el estándar se impone para que la guitarra pueda controlar a la pianola que tiene muchas voces.

En 2017 la guitarra MIDI sigue siendo poco común, probablemente como consecuencia de sus altos costos de inversión. Pero sus posibilidades artísticas continúan sumando usuarios y la popularidad actual de la guitarra eléctrica como instrumento musical hacen posible visionar que llegará el día en que la guitarra MIDI se produzca en masa por varios fabricantes. Quizás llegue a ser tan accesible en México como ahora lo es la guitarra eléctrica. Hoy en día, en el mercado mexicano de instrumentos musicales continúa siendo una posibilidad al alcance de unos pocos.

Tenemos de frente el reto de explotar el potencial de nuestra guitarra digital, cuyas posibles aplicaciones han incrementado significativamente con respecto a las prestaciones que ofrece una guitarra eléctrica convencional. Por lo mismo, el autor advierte el comienzo de una nueva etapa como músico e ingeniero en computación.

Del estudio sobre la producción de sonido en instrumentos musicales convencionales, a partir de las leyes que rigen su comportamiento y de los diferentes métodos de enseñanza que existen, es posible pasar al diseño de interfaces de computadora interactivas cada vez mejores. Incluso puede dar pie al surgimiento de diseños digitales alternos que satisfagan las necesidades de los intérpretes y mejoren el problema de altos costos de inversión.

Por igual, el estudio de los instrumentos prehispánicos es de vital importancia para preservar la cultura de los pueblos ancestrales de México y, de esa manera, poder crear versiones digitales de los mismos que ayuden a compartir la identidad cultural del mexicano en un contexto mundial cada vez más dependiente de la tecnología digital.

Otro par de retos abiertos para los tecnólogos musicales son el desarrollo de diseños digitales inspirados en las teorías del “Sonido 13” de Julián Carrillo (de México) y la “Música Universal” de Hermeto Pascoal (de Brasil). Ambas son alternativas de estudio viables para los interesados en expandir el uso de computadoras con fines musicales, más allá de las fronteras de MIDI y los instrumentos cuya construcción es afín al sistema musical temperado.

Creemos en la importancia de que se realicen más investigaciones como ésta, mediante la cual buscamos incentivar que la FI UNAM explore las oportunidades de negocio que se desprenden del estudio de la tecnología musical. También alentamos a nuestros futuros tecnólogos a que continúen trabajando por extender este tipo de conocimiento, y esperamos que las evidencias de nuestro trabajo, complementos y referencias les sean útiles para llegar aún más lejos.

Alentamos a aquellos que no tienen mucha experiencia pero sí el deseo de participar, a que propongan nuevas estrategias que permitan consolidar grupos de investigación con recursos destinados a experimentar con tecnologías de este tipo. En otras universidades del mundo ya existen grupos con intereses similares, nuestra Facultad no debe quedarse al margen de esta tendencia.

Si los ingenieros no creamos los puentes tecnológicos hacia el arte, difícilmente los artistas y pedagogos tendrán éxito en crear las herramientas que sirvan de manera eficiente para beneficiar a grandes poblaciones. Por ello, es responsabilidad nuestra ampliar las posibilidades para transmitir emociones e ideas, a través de diseños tecnológicos que refuercen la condición humana y que no atenten en su contra.

## **Sobre la necesidad de una mayor inclusión de mujeres para un desarrollo tecnológico verdaderamente humano.**

Los tecnólogos contemporáneos tenemos de frente un doble reto que consiste en: generar e implementar estrategias que permitan extender el desarrollo tecnológico con ideales humanistas, de manera que logremos incrementar el número de mujeres que participan activamente en el arte, la ciencia y la tecnología.

La tendencia de los países desarrollados ha sido generar los cambios jurídicos que fomenten un trato más igualitario e inclusivo de la mujer. Sin embargo, en el mundo los ámbitos de la ingeniería y la guitarra siguen siendo dominados principalmente por hombres. Curiosamente, en México esta desigualdad de género se invierte cuando observamos al gremio de los docentes de educación básica, donde la mayoría son mujeres y es rara la presencia de hombres frente al aula.

Sin la participación de las mujeres en la construcción de nuestra realidad tecnológica, nuestros desarrollos no serán otra cosa más que una sobrevaloración de la apreciación masculina, en lugar de tecnologías más humanas. De igual manera, la educación básica no debe ser impartida únicamente por mujeres, los ingenieros mexicanos debemos proponer cambios que ayuden a mejorar la realidad educativa del país. Toda situación donde se pretenda humanizar algo debe velar por no caer en el error de sobrevalorar las contribuciones de un solo género.

Durante la gestación y el desarrollo de la tecnología digital, existen ejemplos de mujeres con ideas innovadoras que ayudaron a realizar grandes transformaciones de nuestra realidad. Por ejemplo, la idea de un sistema de comunicación basado en el funcionamiento de una pianola musical. En 1942, casi cuarenta años antes del surgimiento MIDI, aquella idea pasó a ser una realidad tecnológica creada por la actriz Hedy Lamarr y el músico George Antheil.

Inspirados en la pianola, aquellos artistas lograron desarrollar el Secret Communication System [Sistema de Comunicación Secreta], una versión temprana del *frequency hopping* [método de saltos en frecuencia] para resolver el problema de que enemigos pudiesen bloquear las señales de torpedos dirigidos remotamente. En 1962, durante la Guerra de los Misiles y en virtud del uso del transistor, el invento fue retomado por el ejército de EE.UU para sentar las bases de las telecomunicaciones móviles.

Aquel antecedente de Lamarr en el área de la ingeniería militar es uno de los casos más célebres de la participación de una mujer en el desarrollo tecnológico. Desde luego, existen más pero no suelen ser tan contados como las historias de éxito donde los protagonistas son hombres. Para ilustrar esta problemática, tomemos como ejemplo el CCS 2012 de la ACM que incluye una lista con el nombre de ochenta y tres personajes influyentes en la Computación, de los cuales sólo tres son mujeres. Es evidente que estamos ante un problema cultural que necesitamos reconvenir a fin de que los ideales de un género no se impongan sobre los del otro.

La FI UNAM y el Comité de Computación del CAACFMI UNAM lo saben y han tomado medidas al respecto. En nuestra Facultad la coordinación de la carrera Ingeniería en Computación pasó del M.C. Alejandro Velázquez Mena a la M.I. Norma Elba Chávez Rodríguez. Y por su parte, los miembros del comité señalado acordaron seleccionar mujeres para ocupar el cargo como alumnas representantes de las diferentes carreras que participan en sus sesiones.

Existen diversos esfuerzos que buscan fomentar una mayor participación de las mujeres en el desarrollo tecnológico, sobre los cuales vale la pena estar informados. Tal es el caso de: 1) la Society of Women Engineers [Sociedad de las Mujeres Ingenieras], que durante más de seis décadas ha buscado dar voz a las ingenieras que participan en la industria, 2) el estudio Women in CS de la organización Computer Science, que sirve para entender el estado actual de las mujeres en el área; 3) el movimiento Hour of Code, que promueve la elaboración de tutoriales y herramientas para enseñar programación (en sesiones de una hora a la semana) a cualquier persona, 4) el concurso Technovation, donde líderes en la fabricación de TIC invitan a grupos de niñas de todo el mundo a que éstas aprendan y apliquen las habilidades necesarias para resolver problemas del mundo real usando tecnología; y 5) la organización she++, que busca empoderar a grupos minoritarios en tecnología al desmantelar estereotipos negativos respecto a las carreras técnicas.

En la FI UNAM el interés por estudiar la relación entre música y tecnología se manifestó por primera vez gracias a la creatividad de otra mujer. En 1979, Beatriz Eugenia Hernández Rodríguez presentó su tesis de licenciatura titulada “Generación de música electrónica”, la referencia más antigua en el tema según el catálogo digital de la biblioteca. Han pasado casi cuarenta años desde entonces y la Facultad ha conseguido aumentar la matrícula de estudiantes mujeres en sus diferentes licenciaturas y posgrados. Pero las investigaciones en tomo a música y otras artes siguen siendo poco comunes, ya que desafortunadamente aún no se dispone de laboratorios, grupos de investigación, ni asociaciones de alumnos que se dediquen de manera específica a este tipo de estudios.

Recientemente la UNAM comenzó a impartir una licenciatura en Música y Tecnología Artística en la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia. Además, la universidad también cuenta con un posgrado (a nivel maestría y doctorado) en Tecnología Musical, el cual pronto cumplirá sus primeros diez años. Nuestra Facultad está celebrando doscientos veinticinco años de historia, y cuenta con recursos que pueden ser aprovechados para extender sus estudios en el horizonte de las artes. Para lograrlo será importante tener contacto y alianzas con los programas mencionados y sus representantes, así como con fabricantes y artistas digitales.

Nuestro mejor deseo para las futuras investigadoras que busquen extender el desarrollo científico y tecnológico hacia las artes u otras áreas de conocimiento que permitan beneficiar a poblaciones cada vez más grandes.

# Glosario de términos

**13-Pin Cable:** Cable fabricado por Roland en longitudes de 3, 5 y 10[m] para comunicar sus modelos de pastillas hexafónicas con sus productos de síntesis de sonido para guitarristas.

**A-22:** También conocida como “*the frying pan*” [la sartén], fue la primera guitarra eléctrica (de tipo hawaiana), hecha de aluminio. Creada por Rickenbacker Electro en 1931, EE.UU.

**ACM:** Association for Computing Machinery, Inc. [Asociación para Maquinaria de Cómputo].

**ACM-MM:** ACM Multimedia.

**ACM TOMM:** ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications [Transacciones en Computación Multimedia, Comunicaciones, y Aplicaciones de la ACM].

**AERC:** Asociación de Estaciones Radiofónicas Comerciales. Antecesor de la actual CIRT.

**Aerófono:** Instrumento musical que genera sonido por medio del flujo de aire.

**AES:** Audio Engineering Society [Sociedad de Ingeniería en Audio].

**AMCIS:** Asociación Mexicana para la Calidad en la Ingeniería de *Software*.

**Anclaje (o, en lengua inglesa, *lock in*):** Proceso de congelamiento o estancamiento al que se somete un diseño digital cuando muchos programas de *software* se diseñan para que trabajen con éste.

**BBC:** British Broadcasting Corp [Corporación de Transmisión Británica].

**CAACFMI UNAM:** Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y las Ingenierías de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**CCADET UNAM:** Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**CCE:** Comisión de Competencia Económica.

**CEFRAL:** Centro de Cooperación Regional para la Educación de Adultos en América Latina y el Caribe.

**CENAPRED:** Centro Nacional de Prevención de Desastres.

**CFE:** Comisión Federal de Electricidad.

**CINVESTAV IPN:** Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

**CIRT:** Cámara Nacional de la Industria de la Radio y Televisión.

**CM CENART:** Centro Multimedia del Centro Nacional de las Artes.

**CMJ:** Computer Music Journal [Diario sobre Música de Computadora].

**CNM:** Conservatorio Nacional de Música.

**CONABIO:** Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad.

**CONACULTA:** Consejo Nacional para Cultura y las Artes.

**CONACYT:** Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

**CONAFE:** Comisión Nacional de Fomento Educativo.

**CONAPRED:** Consejo Nacional Para Prevenir la Discriminación.

**CONEVAL:** Consejo Nacional de la Evaluación de la Política de Desarrollo Social.

**Cordófono:** Instrumento musical que generan sonido por medio de cuerdas.

**DAFX:** International Conference on Digital Audio Effects [Conferencia Internacional sobre Efectos de Audio Digital].

**DJ:** Disc-Jockey [Pinchadiscos], término mediante el cual se hace referencia a alguien que crea, selecciona y/o reproduce música grabada (propia o de otros compositores) para una audiencia determinada.

**EMI:** Electromagnetic Interference [Interferencia Electromagnética].

**ENM UNAM:** Escuela Nacional de Música. Antecesor de la actual FaM UNAM.

**FA UNAM:** Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**FaM UNAM:** Facultad de Música de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**FI UNAM:** Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**FONCA:** Fondo Nacional para la Cultura y las Artes.

**GK-KIT-GT3 Divided Pickup Kit:** Pastilla hexafónica (de instalación interna) para la conversión A/D de sonidos producidos por las cuerdas de una guitarra eléctrica convencional. Es un producto de Roland compatible con diferentes tecnologías digitales para cordofonistas.

**GR-55 Guitar Synthesizer:** Sintetizador para guitarra de Roland que, además de permitir doble síntesis escogiendo entre novecientos tipos de instrumentos digitales para cada cuerda, integra: interfaz para grabación de sonido digital, compatibilidad con *software* para emulación de amplificación y pastillas, un *looper* para repetición de ideas, y control MIDI. Su uso requiere de un cable que lo conecte a la pastilla hexafónica del instrumento.

**Grammy:** Máximo galardón dentro de la industria musical, otorgado por la National Academy of Recording Arts and Sciences [Academia Nacional de Artes y Ciencias de Grabación] de EE.UU.

**IBM:** International Business Machines Corp [Corporación Internacional Máquinas de Negocio].

**ICASSP:** IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing [Conferencia Internacional sobre Acústica, Lenguaje y Procesamiento de Señales del IEEE].

**ICMC:** International Computer Music Association [Asociación Internacional Música de Computadora].

**ICMC:** International Computer Music Conference [Conferencia Internacional sobre Música de Computadora].

**IEEE:** Institute of Electrical and Electronic Engineers [Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos].

**IETF:** Internet Engineering Task Force [Fuerza de Trabajo de la Ingeniería de Internet].

**IFAI:** Instituto Federal de Acceso a la Información y Protección de Datos. Antecesor del actual INAI.

**IFPI:** International Federation of the Phonographic Industry [Federación Internacional de la Industria Fonográfica].



**IFT:** Instituto Federal de Telecomunicaciones

**ILCE:** Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa.

**IRCAM:** Institut de Recherches et Coordination Acoustique/Musique [Instituto de Investigaciones y Coordinación Acústica Musical].

**IIMAS UNAM:** Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas de la Universidad Autónoma de México.

**IMC UNESCO:** International Music Council of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [Consejo Internacional de Música de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura].

**IMER:** Instituto Mexicano de la Radio.

**INAH:** Instituto Nacional de Antropología e Historia.

**INAI:** Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales.

**INBA:** Instituto Nacional de Bellas Artes.

**INDAUTOR:** Instituto Nacional de Derechos de Autor.

**INEGI:** Instituto Nacional de Estadística Y Geografía.

**IPN:** Instituto Politécnico Nacional.

**ISMIR:** International Conference on Music Information Retrieval [Conferencia Internacional sobre Recuperación de Información Musical].

**ITAM:** Instituto Tecnológico Autónomo de México.

**JNMR:** Journal of New Music Research [Diario de Nuevas Investigaciones sobre Música].

**LIREN:** Laboratorio de Investigación en Resonancia y Expresión de la Naturaleza. Opera en México desde hace más de veinticinco años, bajo la dirección de Ariel Guzik.

**MAAGTIC-SI:** Manual Administrativo de Aplicación General en materia de Tecnologías de Información y Comunicaciones y de Seguridad de la Información.

**MIDI:** Music Instrument Digital Interface [Interfaz Digital de Instrumento Musical].

**MIT:** Massachusetts Institute of Technology [Instituto Tecnológico de Massachusetts].

**MMA:** MIDI Manufacturers Association [Asociación de Fabricantes de MIDI].

**MUNAL:** Museo Nacional de Arte.

**NAMM:** National Association of Music Merchandisers [Asociación Nacional de Comerciantes de Música].

**NIME:** International Conference on New Interfaces for Music Expression [Conferencia Internacional sobre Nuevas Interfaces para la Expresión Musical].

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

**OEA:** Organización de los Estados Americanos.

**OHA:** Open Handset Alliance [Alianza de Auricular Abierto].

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas.

**OTI:** Organización de la Televisión Iberoamericana.

**Percusiones:** Instrumentos musicales que generan sonido al ser golpeados o agitados.

**PNR:** Partido Nacional Revolucionario. Antecesor del actual PRI.

**PRI:** Partido Revolucionario Institucional.

**PROFECO:** Procuraduría Federal del Consumidor.

**RCA:** Radio Corporation of America [Corporación de Radio de América].

**Remix:** Tema musical que ha sido editado o recreado completamente para sonar diferente a la versión original, haciendo uso de herramientas (*software* y/o *hardware*) de audio.

**RPM:** Radio Programas de México.

**RTC:** Dirección General de Radio, Televisión y Cinematografía.

**Sampling:** También conocida como “muestreo”, es una técnica que consiste en tomar una porción de una grabación de sonido que se reutilizará (parcial o completamente) en una pieza musical diferente. En audio digital equivale a obtener valores (enteros o punto flotante) que corresponden a una variable de tiempo para los valores de frecuencia que componen al espectro de un sonido.

**Scratching:** También conocida como “rasgueo”, es una técnica para producir sonidos (comúnmente empleada por DJ’s) que consiste en la manipulación (sentido horario y anti-horario) de un disco de vinilo que se encuentra en reproducción sobre una tomamesa.

**SEGOB:** Secretaría de Gobernación.

**SEP:** Secretaría de Educación Pública.

**Sequencing:** También conocida como “secuenciación”, es un conjunto de técnicas que se utilizan para ordenar sonidos o datos con el propósito de orquestar una composición musical.

**SHCP:** Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

**SMC:** Sound and Music Conference [Conferencia sobre Sonido y Música].

**Sonido 13:** Sistema musical desarrollado por Julián Carrillo en 1926, EE.UU., que rompe con las limitaciones del sistema temperado dividiendo un tono hasta en 16 partes. Como consecuencia, el número de sonidos musicales por octava aumenta de doce a noventa y seis.

**TASLP:** IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing [Transacciones en Audio, Habla y Procesamiento de Lenguaje de la IEEE]

**Telecaster:** Primer modelo de guitarra eléctrica producida en serie. Fue diseñada por Fender y se distribuye desde 1950.

**TELECOMM:** Telecomunicaciones de México.

**Televisa:** Televisión Vía Satélite, S.A. Empresa privada mexicana que figura uno de los principales participantes en la industria del entretenimiento a nivel mundial.

**TELMEX:** Teléfonos de México, S.A.B. de C.V. Empresa conocida como “el gigante” de la telecomunicaciones en América Latina.

**TIC:** Tecnología(s) de Información y Comunicaciones.

**TSM:** Telesistema Mexicano. Afiliación de televisoras que sirvió como base para articular el monopolio Televisa.

**UAEM:** Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

**UPN:** Universidad Pedagógica Nacional.

**USI:** Universal Synthesizer Interface [Interfaz de Sintetizadores Universal]. Modelo digital que se tomó como el antecedente de MIDI, diseñado por Dave Smith.

**WWW o W3:** World Wide Web [Red Mundial Amplia]. Sistema que funciona como la base de comunicación en Internet, desarrollado por Tim Berners-Lee y Robert Cailliau.

# Referencias

- 1: Anderson, Bárbara. (2008). Directo a nuestros cerebros. *Expansión, Número 1000*, pp. 170-173.
- 2: Banco de México. (2008). *Tipo de cambio Pesos por dólar E.U.A (FIX)*. Recuperado el 11 de octubre de 2015, de <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarSeries>
- 3: Moore, Gordon E. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics, Volume 38, Number 8*.
- 4: MIDI Manufactures Association. (1996). *The Complete MIDI 1.0 Detailed Specification* (2° ed.). Los Ángeles, California, EE.UU.: MMA.
- 5: Kirk, Ross & Hunt, Andy. (1999). *Digital Sound Processing for Music and Multimedia* (1° edition). C: Focal Press.
- 6: Phillips, Dave. (September 13, 2004). Linux MIDI: a Brief History, Part 1, 1. *Linux Journal*. Recuperado el 15 de marzo de 2014, de <http://www.linuxjournal.com/article/7773?page=0,0>
- 7: Jordà Puig, Sergi. (1997). *Guía Monográfica del Audio Digital y el MIDI* (1° edición). Madrid, España: Ediciones Anaya Multimedia, S.A.
- 8: Lanier, Jaron. (2011). *Contra el rebaño digital* (1° edición). Barcelona, España: DEBATE.
- 9: INEGI. (2010). *Búsquedas sobre viviendas particulares habitadas, computadoras y total de población*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de Banco de Información INEGI: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/default.aspx>
- 10: SEP. (19 de Agosto de 2011A). *Artículo 592 por el que se establece la articulación de la Educación Básica*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de Portal de la Educación Básica en México: <http://basica.sep.gob.mx/ACUERDO%20592web.pdf>

- 11: Rocha Iturbide, M. (Marzo de 2003). *Artesonoro.net*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de <http://www.artesonoro.net/articulos/Electroacusticinmexico.pdf>
- 12: FI UNAM. (11 de Agosto de 2005B). *Programa de Estudios. Audiometría*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de Ingeniería UNAM: [http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/Computacion/Ingenieria\\_Biomedica/audiometria.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/Computacion/Ingenieria_Biomedica/audiometria.pdf)
- 13: FI UNAM. (11 de Agosto de 2005A). *Programa de Estudio. Codificación de Audio y Video*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de Ingeniería UNAM: [http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/Computacion/Redes\\_y\\_seguridad/codificacion\\_de\\_audio\\_y\\_video.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/Computacion/Redes_y_seguridad/codificacion_de_audio_y_video.pdf)
- 14: LPV FI UNAM. (2015). *Laboratorio de Procesamiento de Voz*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de WIX: <http://estructuras05fi.wix.com/labvoz>
- 15: IFPI. (2013). *Informe sobre la música digital (7º edición)*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015 de: [http://www.ifpi.org/content/library/DMR2013\\_Spanish.pdf](http://www.ifpi.org/content/library/DMR2013_Spanish.pdf)
- 16: IFPI. (2014). *Digital Music Report (8º edition)*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015 de: <http://www.ifpi.org/downloads/Digital-Music-Report-2014.pdf>
- 17: IFPI. (2015). *Digital Music Report (9º edition)*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015 de: <http://ifpi.org/downloads/Digital-Music-Report-2015.pdf>
- 18: Uribe, É. (2013). Haz dinero con la fiesta y la música. *Entrepreneur* , 21 (01), pp. 271-285.
- 19: Moncada García, F. (1995). *Teoría de la música*. México: Musical Iberoamericana S.A. de C.V.
- 20: Jeans, J. (1981). Matemáticas de la música. En *El mundo de las matemáticas* (8º ed., Vol. 6, págs. 214-244). Barcelona, España: Ediciones Grijalbo.
- 21: Schumpeter, J. A. (2002). *Ciclos económicos: análisis teórico, histórico y estadístico del proceso capitalista* (5 ed.). (J. Pascual, Trad.) Zaragoza, España: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- 22: Standage, T. (2007). En T. Standage, *La Historia del mundo en seis tragos* (1º ed., págs. 189-190). México: Random House Mondadori, S.A. de C.V.
- 23: SEP y CONACULTA. (25 de Junio de 2014A). Fonoteca Nacional. Preservamos la memoria sonora para el futuro. 4. D.F., México.
- 24: Edwards, M. (2011). Algorithmic Composition: Computational Thinking in Music. *Communication Of The ACM* , 54 (7), 58-67.

- 25: Yentob, A. (Productor), & Yentob, A. (Dirección). (2008). *The Story of the Guitar* [Película]. Inglaterra.
- 26: Marcelino, L. (Agosto de 2012). *Derrick de Kerckhove: "O controlas el lenguaje o el lenguaje te controla a ti"*. Recuperado el 9 de Octubre de 2015, de Jot Down – Arte y Letras: <http://www.jotdown.es/2012/08/derrick-de-kerckhove-o-controlas-el-lenguaje-o-el-lenguaje-te-controla-a-ti/>
- 27: Duque Vega, S. E. (2014). Notas presenciales. *Conferencia Magistral en Computación del ITAM, Dr. Irving Wladawsky*. D.F.
- 28: Ruvalcaba, M., & Galván, P. (2014). Software Guru: Origen y Visión. *Software Guru* (44), 19-23.
- 29: MACHINA. (2015). *A new way to make music*. Recuperado el 9 de Octubre de 2015, de MACHINA: <http://www.machina.cc/>
- 30: Waugh, B. (7 de Abril de 2014). *The new pulse of digital music*. Recuperado el 9 de Octubre de 2015, de The University of British Columbia: <http://news.ubc.ca/2014/04/07/150959/>
- 31: UMA. (03 de Julio de 2012). *Brillante apertura de los actos conmemorativos del centenario de Alan Turing*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de Gabinete de Prensa: <http://www.uma.es/contenido.php?idm=29&clase=p&id=3004&tipo=n>
- 32: MTG UPF. (2015). *Reactable. Genesis of the project*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de MTG: <http://mtg.upf.edu/project/reactable>
- 33: Libura, Krystyna Magdalena. (2005). *Ocho Venado, Garra de Jaguar, héroe de varios códigos* (1º ed., pág. 5). México: SEP: Ediciones Tecolote.
- 34: OCEANO. (2000A). La música. En *Enciclopedia Océano de México* (Vol. 3, págs. 830-847). Barcelona, España: OCEANO.
- 35: Gómez Gómez, Luis Antonio. Los instrumentos musicales prehispánicos: clasificación general y significado. *Arqueología Mexicana* (Raíces) XVI, n° 94 (2008): 38-46.
- 36: Reuter, J. (1980). *La música popular de México* (1º ed.). D.F., México: Panorama Editorial, S.A.
- 37: Caballero Moreno, A. (1975). *Panorama musical de la Ciudad de México*. D.F., México: Departamento del Distrito Federal.
- 38: Breach Velducea, M. (7 de Enero de 2013). *La música de don Antonio Camilo, reconocida como tesoro histórico*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de La Jornada: <http://www.jornada.unam.mx/2013/01/07/cultura/a08n1cul>

- 39: Fernaud, Á. (1983). América Latina en su música. México: Siglo XXI Editores, S.A. de C.V. y UNESCO.
- 40: Cordero, J. S. (2015). Las Tensiones Culturales en el Porfiriato. *Proceso* (2022), 56-58.
- 41: OCEANO. (2000B). Medios de comunicación. En *Enciclopedia Océano de México* (Vol. 4, págs. 863-872). Barcelona, España: OCEANO.
- 42: DGTVE. (2015). *¿Qué es DGTVE? Y Red EDUSAT*. Recuperado el 9 de Octubre de 2015, de Televisión Educativa: <http://www.televisioneducativa.gob.mx/que-es-dgtve> y <http://www.televisioneducativa.gob.mx/red-edusat>
- 43: Morales Cruz, B. (2014). *Implicaciones de la integración de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Educación Básica en México. Análisis del estado del arte*. D.F., México: FFyL UNAM.
- 44: Equipo Galileo. (2015). *Breve historia del proyecto Galileo*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de Galileo 2: <http://www.galileo2.com.mx/portal/index.php/quienes-somos/breve-historia.html>
- 45: García Hernández, A. (12 de Junio de 2011). *El analfabetismo tecnológico de las autoridades acabó con Enciclomedia*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de La Jornada: <http://www.jornada.unam.mx/2011/06/27/politica/002n1pol>
- 46: SEP. (2011B). *Programa de Estudio 2011. Guía para la educadora. Educación Básica Preescolar*, 102-118. D.F., México: SEP.
- 47: UNAM. (2004). Nace la UNAM. Suplemento del 75 aniversario de la Autonomía de la Universidad. *Gaceta UNAM* (3 757), I-IV.
- 48: Nowandnext.com. (2008). Tecnología que deja huella. *Expansión* (1000), 48 y 49.
- 49: TELMEX. (2015). *Aldea Digital Telcel 4GLTE – Infinitum*. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de TELMEX Blog: <http://blog.telmex.com/tag/aldea-digital/>
- 50: SEP y CONACULTA. (25 de Junio de 2014B). *Sexto Seminario Internacional de Archivo Sonoros y Audiovisuales: La democratización del patrimonio sonoro y audiovisual en la era digital*. D.F., México.
- 51: OCDE. (2012). *Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México*. Recuperado el 12 de Octubre de 2015, de OCDE: <http://www.oecd.org/centrodemexico/49528111.pdf>
- 52: #DEFENDERINTERNET. (9 de Junio de 2014). *Carta de apoyo internacional por la defensa de la libertad de expresión y la libertad de Internet en México*. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de #DEFENDERINTERNET: <http://defenderintemet.org/>

- 53: SEGOB. (14 de Julio de 2014). *Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano*. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de Diario Oficial de la Federación: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5352323&fecha=14/07/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5352323&fecha=14/07/2014)
- 54: Puckette, M. (2006). *The Theory and Technique of Electronic Music (DRAFT: 30 December 30, 2006)*. EE.UU.: DM UCSD, pp. 1 - 12.
- 55: Sonido 13 Web Oficial. (2015). *Julián Carrillo y el Sonido 13*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de <http://www.sonido13.com/index.html>
- 56: Wooten, V. L. (2006). *The Music Lesson. A Spiritual Search For Growth Through Music* (Berkley trade paperback ed.). (S. E. Duque Vega, Trad.) Nueva York, EE.UU.: Berkley Books.
- 57: Guzik (Autor), Juárez, C. (Productor), & Huerta, D. (Dirección). (2013). *Máquinas [Película]*. México.
- 58: Hecht, E. (2000). *Óptica*. Madrid, España: Addison Wesley Iberoamericana, pp. 11-33.
- 59: Manzanos, A. (1981). *Apuntes de historia de la música I* (1º ed., Vol. I). México: SEP Diana.
- 60: Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B., & Sanders, J. V. (1998). *Fundamentos de Acústica* (1º ed.). (R. R. Boullosa, Trad.) D.F., México: Limusa S.A. de C.V.
- 61: Orós Cabello, J.C. (1996). *MIDI y MOD fácil con el PC*. Madrid, España: RA-MA.
- 62: Penfold, R. A. (1993). *MIDI Avanzado. Guía del Usuario*. EE.UU.: RA-MA Editorial y Addison-Wesley Iberoamericana, S.A.
- 63: Ruiz Antón, V., Rajadell Segundo, S., & Capilla Martínez, R. (2001). *El ordenador como instrumento musical MIDI. Guía práctica para usuario*. Madrid, España: Ediciones Anaya Multimedia, pp. 25-35, 37 y 38.
- 64: UTEHA. (1980). En *Historia de la música* (Vol. VI, págs. 16-22 y 50-59). San Sebastián, País Vasco, España: Hispano-Americana.
- 65: Echegaray, M. Á. (2006). *Imágenes pictóricas de la música en México* (1º ed.). D.F., México: Libros del Rincón.
- 66: Koch, M. (2001). *Building Electric Guitars*. Gleisdorf, Austria.
- 67: Brosnac, D. (1983). *Guitar Electronics for Musicians* (1º ed.). (S. E. Duque Vega, Trad.) EE.UU.: Omnibus Press.



- 68: Donahue, J. C. (2002). *Guitars Design, Production and Repair*. Bensalem, EE.UU.: Noah James Publishing.
- 69: Cruz, E. (2001). De cómo una letra hace la diferencia. Las obras en náhuatl atribuidas a Don Hemando Franco. *Estudios de Cultura Náhuatl* , 32, 257-295.
- 70: Dunlop Manufacturing, Inc. (2015). *Dunlop*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de Products: Slide: <http://www.jimdunlop.com/products/accessories/slides#signature-slides>
- 71: Challoner, J. (2003). *La revolución digital*. Toluca, México: Libros del Rincón.
- 72: Hedy Lamarr Foundation. (2014). *Hedy Lammarr Org*. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de From Strapless to Wireless: <http://www.hedylamarr.org/hedystory5.html>
- 73: Tchaikovsky, P. I. (Compositor). (1995). [Leningrade Philharmonie, Intérprete, E. Mravinsky, & K. Sanderling, Dirección] De *Tchaikovsky: Symphonien No. 4, 5 & 6* [CD]. Hamburgo: Deutsche Grammophon.
- 74: Allegri, G. (Compositor). (1999). [Goodman, Roy & King's College Choir, Intérprete, & D. Willcocks, Dirección] De *Allegri: Miserere; Palestrina: Stabat Mater* [CD]. Cambridge, Inglaterra: The Decca Record Company.
- 75: Radio Caroline. (2015). *The heyday of Radio Caroline and British Offshore Radio*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de Radio Caroline – 3: The Glory Years: [http://www.radiocaroline.co.uk/#history\\_part\\_3.html](http://www.radiocaroline.co.uk/#history_part_3.html)
- 76: Santana Barragán, C. H. (Compositor). (1998A). *The Best of Santana*. [Santana Band #1-#16, Intérprete] [CD]. Nueva York, EE.UU.: Columbia.
- 77: Santana Barragán, C. H. (Compositor). (1998B). *The Best of Santana Volume 2*. [Santana Band #1-#16, Intérprete] [CD]. Nueva York, EE.UU.: Columbia/Legacy.
- 78: Hendrix, J., & McDermott, J. (Productores). (2012). *Jimi Plays Berkeley* [Película]. México.
- 79: Händel, G. F. (Compositor). (1973). *Handel: Messiah*. [Donath, Helen; Reynolds, Anna; Burrows, Stuart; McIntyre, Donald; Bilgram, Hedwig; Krapp, Edgar; Webb, Gordon; London Philharmonic Orchestra & John Alldis Choir, Intérprete, & K. Richter, Dirección] [CD]. Londres, Inglaterra: Deutsche Grammophon.
- 80: Mozart, W. A. (Compositor). (1990). *Requien in D minor, KV 626*. [Dawson, Lynne; van Nes, Jard; Lewis, Keith; Estes, Simon; Orchestra Horst Neumann & Philharmonia Chorus, Intérprete, & C. M. Giulini, Dirección] [CD]. Londres, Inglaterra: Sony Classical GmbH.
- 81: Mecánica Popular. (Marzo de 1974). México Compite en Calidad en Equipos HI-FI. *Mecánica Popular* , 34-36.

- 82: Santana Barragán, C. H., & McLeod, A. (Compositores). (1974). *Illuminations*. [Devadip Carlos Santana & Turiya Alice Coltrane, Intérprete] [CD]. Austria: Columbia.
- 83: Georgiou, S. D. (Compositor). (1975). *Greatest Hits*. [Cat Stevens, Intérprete] Los Ángeles, California, EE.UU.
- 84: Dave Smith Instruments. (2015). *Dave Smith Instruments*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de About DSI: <http://www.davesmithinstruments.com/about/>
- 85: Bolling, C. (Compositor). (1983). [Claude Bolling Trio & English Chamber Orchestra, Intérprete, & J. P. Rampal, Dirección] De *Suite for chamber orchestra and jazz piano trio*. Londres, Inglaterra: CBS Records Inc.
- 86: Davis, Miles (Autor) y Matarazzo, J. (Productor). (2009). *Miles Davis in Concert* [Película]. México.
- 87: Van Halen (Compositor). (1984). [Edward Lodewijk; Van Halen, Alex Arthur; Roth, David Lee & Sobolewski, Michael Anthony, Intérprete] De *1984* [CD]. Burbank, EE.UU.: Warner Bros. Records Inc.
- 88: Vai, S. S. (Compositor). (2003). [Steve Vai Band, Intérprete] De *The Infinite Steve Vai An Anthology* [CD]. Nueva York, EE.UU.: Sony Music Entertainment Inc.
- 89: Santana Barragán, C. H. (Compositor). (2000). [Santana Band, Intérprete] De *Blues For Salvador* [CD]. Estado de México, México: Sony Music Entertainment México, S.A. de C.V.
- 90: Vaughan, S. R. (Compositor). (2002). [Stevie Ray Vaughan & The Double Trouble, Intérprete] De *The Essential Stevie Ray Vaughan & Double Trouble* [CD]. México: Sony Music Entertainment.
- 91: Liebert, O. (Compositor). (1990). [Ottmar Liebert & Luna Negra, Intérprete] De *Nouveau Flamenco* [CD]. Los Ángeles, California, EE.UU.: Luna Negra Music/Higher Octave Music, BMI.
- 92: Vidal Roloff, M. (Compositor). (1995A). [Vidal, Marcos; Pérez, Mario; Ortuño, Pau; Roig, Óscar; Pascual, Pep; Ubach, Andreu; Figeres, Joan; Palet, Benet & Giberga, Febe, Intérprete] De *Buscadme Y Viviréis* [CD]. México: Piedra Angular.
- 93: McFerrin, R. K., & Ma, Y.-Y. (Intérpretes). (2006). De *Hush* [CD]. México: Sony BMG Music Entertainment.
- 94: Soda Stereo (Compositor). (1992). [Cerati, Gustavo Adrián; Bosio Bertolotti, Héctor Pedro & Ficcchia Gigliotti, Carlos Alberto, Intérprete] De *La Historia de Soda Stereo* [CD]. México: Sony Music Entertainment México, S.A. de C.V.

- 95: Dream Theater (Compositor). (1992). [LaBrie, James; Morre, Kevin; Myung, John; Petrucci, John & Portnoy, Mike, Intérprete] De *Images And Words* [CD]. Nueva York, EE.UU.: Atlantic Recording Corporation.
- 96: Lannerbäck, J. J. (Compositor). (1992). [Yngwie Malmsteen Band, Intérprete] De *Fire & Ice* [CD]. Tokio, Japón: Elektra Entertainment.
- 97: Santana Barragán, C. H. (Compositor). (1993). [Santana Band, Intérprete] De *Sacred Fire. Live in México & Latin America* [CD]. México: Universal Music México S.A. de C.V.
- 98: Coro de monjes del Monasterio Benedictino de Santo Domingo de Silos . (1994). [I. Fernández de la Cuesta, & F. Lara, Dirección] De *Canto Gregoriano* [CD]. Madrid, España: EMI Records Ltd.
- 99: Vidal Roloff, M. (Compositor). (1995). [Arenos, Jordi; Carmona, Juan; Díaz, Miguel Ángel; Hernández, Moisés; Gimeno, Pau; Dorrego, Jorge; Dorrego, Rubén; De Cárdenas, Laura; Morales, Manuel & Lechago, Javier, Intérprete] De *Nada Especial* [CD]. México: Piedra Angular.
- 100: Shostakovich, D. D. (Compositor). (1993). [Brautigam, Ronald; Masseurs, Peter & Royal Concertgebouw Orchestra, Intérprete, & R. Chailly, Dirección] De *The Jazz Album* [CD]. Londres, Inglaterra: DECCA.
- 101: Perlman, Itzhak; Peterson, Oscar; Ellis, Herb; Brown, Ray & Tate, Grady . (1994). De *Side by Side* [CD]. Nueva York, EE.UU.: TELARC.
- 102: Broschi, R. (Compositor). (1994). [Mallas-Godlewski, Ewa & Lee Ragin, Derek, Intérprete, & C. Rousset, Dirección] De *Farinelli, il castrato*. Metz, Francia: TRAVELLING-AUVIDIS.
- 103: Bach, J. S. (Compositor). (1995). [G. Söllscher, Intérprete] De *4 Suiten Für Laute* [CD]. Bonn, Alemania: Deutsche Grammophon.
- 104: Marsalis, W., & Guaraldi, V. A. (Compositores). (1995). [Wynton Marsalis Septet & Ellis Marsalis Trio, Intérprete] De *Joe Cool's Blues* [CD]. Nueva Orleans & Nueva York, EE.UU.: 3/5 Productions.
- 105: Satriani, J., Johnson, E., & Vai, S. S. (Compositores). (2001). [G3 Tour Bands, Intérprete] De *G3-Live In Concert* [CD]. Estado de México, México: Sony Entertainment México, S.A. de C.V.
- 106: Benson, G. (Compositor). (1997). De *Best Of George Benson: The Instrumentals* [CD]. Burbank, EE.UU.: Warner Bros. Record Inc.
- 107: Summer, G. M. (Compositor). (1997). [Sting & The Police, Intérprete] De *The Very Best of Sting & The Police* [CD]. Argentina: A&M Records.

108: Hockley, M. (Productor), & Knowles, J. (Dirección). (1997). *Music for Montserrat* [Película]. EE.UU.

109: Beethoven, L. v. (Compositor). (1999). [Oppitz, Gerhard; Orquesta Sinfónica de Minería & Grupo Pro Música, Intérprete, & J. Velazco, Dirección] De *Fantasia Coral para piano, orquesta y coro, Op. 80* [CD]. D.F., México: Grabación privada realizada por Humberto Terán.

110: Berlioz, H. (Compositor). (1999). [Oxford Symphony Orchestra, Intérprete] De *Symphonie Fantastique, Op. 14. Episode De la Vie D' Un Artiste* [CD]. D.F., México: PRODISC.

111: Santana Barragán, C. H. (Compositor). (2010). [Santana Band & Guests, Intérprete] De *Supernatural (Legacy Edition)* [CD]. Nueva York, EE.UU.: Arista Records LLC.

112: Seivane Hoyo, S. (Compositor). (1999). [S. Seivane, Intérprete] De *Susana Seivane* [CD]. Danbury: Green Linnet.

113: Rachmaninoff, S. V. (Compositor). (2000). [Prats, Jorge Luis; Orquesta Filarmónica de la Ciudad de México; Lugansky, Nikolai; State Academy Symphony Orchestra of Russia; Lill, John & BBC National Orchestra of Wales, Intérprete, E. Bátiz, I. Shpiller, & T. Otaka, Dirección] De *Rachmaninoff: Piano Concertos (Complete)* [CD]. Leeuwarden: Brilliant Classics.

114: Rachmaninoff, S. V. (Compositor). (1993). [Horowitz, Vladimir & New York Philharmonic, Intérprete, & E. Ormandy, Dirección] De *Rachmaninoff – Concerto No. 3* [CD]. Nueva York, EE.UU.: BMG Music.

115: Escajadillo Peña, R. A. (Compositor). (2000). [Intérprete Aleks Syntek]. De *89-99 En Concierto* [CD]. D.F., México: EMI Music México S.A. de C.V.

116: Clapton, E. P., & King, R. B. (Compositores). (2000). [Eric Clapton & B.B. King, Intérprete] De *Riding With The King* [CD]. D.F., México: Wamer Music México de S.A. de C.V.

117: Agora (Compositor). (2001). [Vazquez, Manuel; Contreras, Eduardo; Carrillo, Eduardo; Longi, Pablo; Aguilar, Sergio & Barragán, Hector, Intérprete] De *Segundo Pasado* [CD]. D.F., México: Argenta Records.

118: Clapton, E. P. (Compositor). (2001). [Eric Clapton, Intérprete] De *One More Car, One More Driver* [CD]. D.F., México: Wamer Music México de S.A. de C.V.

119: Tool (Compositor). (2001). [Jones, Adam; Keenan, Maynard James; Chancellor, Justin & Carey, Danny, Intérprete] De *Lateralus* [CD]. Nueva York, EE.UU.: Zomba Recording Corporation.

- 120: Röyksopp (Compositor). (2001). [Berge, Svein & Brundtland, Torbjorn, Intérprete] De *Melody A.M.* [CD]. Londres, Inglaterra: Wall of Sound Recordings.
- 121: Daft Punk (Compositor). (2001). [de Homem-Christo, Guillaume Emmanuel & Bangalter, Thomas, Intérprete] De *Discovery* [CD]. París, Francia: Warner Music.
- 122: Ponty, J.-L. (Compositor). (2002). [J.-L. Ponty, Intérprete] De *The Best Of Jean-Luc Ponty* [CD]. Nueva York, EE.UU.: Sony Music Entertainment México, S.A. de C.V.
- 123: Maná (Compositor). (2002). [Olvera, José Fernando Emilio; González Trujillo, Alejandro; Vallín Loera, Sergio & Calleros, Juan Diego, Intérprete] De *Revolución De Amor* [CD]. D.F., México: Warner Music México de S.A. de C.V.
- 124: Diego "el Cigala" & "Bebo" Valdés . (2003). De *Lágrimas Negras & Blanco Y Negro En Vivo* [CD & DVD]. Madrid & Valldemossa, España: Calle 54 Records, S.L.
- 125: Marín López, J. (2003). Cinco nuevos libros de polifonía en la Catedral Metropolitana de México. *Historia Mexicana* , LII (4), 1073-1094.
- 126: Benson, G. (Compositor). (2003). De *The Very Best Of... George Benson. The Greatest Hits Of All...* [CD]. Burbank, EE.UU.: Warner Bros. Record Inc.
- 127: Satriani, J. (Compositor). (2004). [J. Satriani, Intérprete] De *The Electric Joe Satriani An Anthology* [CD]. Estado de México, México: Sony Music Entertainment México, S.A. de C.V.
- 128: Sherinian, D. (Compositor). (2003). De *Black Utopia* [CD]. Alemania: InsideOutMusic.
- 129: Daft Punk (Compositor). (2003). [de Homem-Christo, Guillaume Emmanuel & Bangalter, Thomas, Intérprete] De *Daft Club* [CD]. París, Francia: Warner Music.
- 130: Andromeda (Compositor). (2003). [Reinholdz, Johan; Fremberg, David; Lejon, Thomas & Hedin, Martin, Intérprete] De *II=I* [CD]. México: Scarecrow Records.
- 131: Prieto, P. (Compositor). (2005). [Prieto, Pablo; Medina, Alberto & Moldonado, Carlos, Intérprete] De *Body Soul* [CD]. Sonora, México: Universidad de Sonora.
- 132: Horus (Compositor). (2004). [Montaño, Diego; Perelló, Jorge; Montaño, Toño & Martínez, Andy, Intérprete] De *2004* [CD]. París, Francia: Grabación independiente.
- 133: Daft Punk (Compositor). (2005). [de Homem-Christo, Guillaume Emmanuel & Bangalter, Thoma, Intérprete] De *Human After All* [CD]. París, Francia: Warner Music.
- 134: Parsons, J. (Productor), & Hamish, H. (Dirección). (2004). *Finally... The First Farewell Tour* [Película]. México.

- 135: Mesmer, E. (Productor), & Morihara, Y. (Dirección). (2004). *Live At Budokan* [Película]. México.
- 136: Agora (Compositor). (2005). [Vazquez, Manuel; Contreras, Eduardo; Carrillo, Eduardo; Villareal, Daniel; Aguilar, Sergio & Barragán, Hector, Intérprete] De *Zona De Silencio* [CD]. México: Iguana Records S.A. de C.V.
- 137: Vai, S. (Productor). (2007). *Visual Sound Theories* [Película]. Holanda.
- 138: Watanabe, R. (Dirección). (2005). *Niacin Live In Tokio* [Película]. EE.UU.
- 139: Wooten, V. L. (Compositor). (2005). [Victor Wooten Band, Intérprete] De *Soul Circus* [CD]. California, EE.UU.: Vanguard Records.
- 140: Gambale, F. (Compositor). (2006). De *Best Of The Smooth Jazz Side* [CD]. Nueva Jersey, EE.UU.: Frambale Music, BMI.
- 141: Sherinian, D. (Compositor). (2006). *Blood Of The Snake*. [CD]. México: Over the Rainbow Records.
- 142: Dream Theater (Compositor). (2006A). [LaBrie, James; Myung, John; Petrucci, John; Portnoy, Mik; Rudess, Jordan & Octavarium Orchestra, Intérprete] De *Score* [CD]. D.F., México: Wamer Music México S.A. de C.V.
- 143: Mesmer, E. (Productor), & Portnoy, M. (Dirección). (2006B). *Score* [Película]. EE.UU.
- 144: Tool (Compositor). (2006). [Jones, Adam; Keenan, Maynard James; Chancellor, Justin & Carey, Danny, Intérprete] De *10,000 Days* [CD]. EE.UU.: Sony BMG Music Entertainment.
- 145: Fine Wine Trio (Compositor). (2007). [Kapp, R.B; Perla, Gene & Hernández, Gabriel, Intérprete] De *Mexico Express* [CD]. San Miguel de Allende, México: Fine Wine Records.
- 146: Dream Theater (Compositor). (2007). [LaBrie, James; Morre, Kevin; Myung, John; Petrucci, John & Portnoy, Mike, Intérprete] De *Systematic Chaos* [CD]. Nueva York, EE.UU.: Roadrunner Records.
- 147: Liquid Trio Experiment (Compositor). (2007). [Levin, Tonny; Portnoy, Mike & Rudess, Jordan, Intérprete] De *Spontaneous Combustion* [CD]. Nueva York, EE.UU.: Magna Carta.
- 148: Willis, K., Breen, R. (Productores), Jones, A., & Grey, A. (Dirección). (2007). *Vicarious* [Película]. EE.UU.

149: Narvaez, L. (Productor), & Clinch, D. (Dirección). (2008). *Where The Light Is. Live In Los Angeles* [Película]. EE.UU.

150: No-Man (Compositor). (2007). [Bowness, Tim & Wilson, Steven John,; Intérprete] De *Together We 're Stranger* [CD & DVD]. Alemania: Kscope.

151: Mitote Jazz (Compositor). (2008). [Tercero, Isabel; Cipriano & Mitote Jazz, Intérprete] De *Funklórico* [CD]. Zapopan, Jalisco, México: Discos Imposibles S.A. de C.V.

152: Agora (Compositor). (2008). [Vazquez, Manuel; Cantreras, Eduardo; Carrillo, Eduardo; Villareal, Daniel; Aguilar, Segio & Barragán, Hector, Intérprete] De *Silencio Acústico* [CD]. México: Iguana Records S.A. de C.V.

153: Gross, M. (Productor), & Taymor, J. (Dirección). (2008). *Across The Universe* [Película]. México.

154: Daïan, J. (Compositor). (2009). [Julien Daïan Quintet & DJ Borz, Intérprete] De *French Paradox* [CD]. Meudon & Nueva York, Francia & EE.UU.: dpm djaz.

155: Tessarini da Rimini, C. (Compositor). (2008). [Formenti, Gabriele; Vitali, Micol; Goidanich, Marlise; Suez, Samir & Ambrosio, Luca,; Intérprete] De *Tessarini: Trio Sonatas Op. 12-Two Flute Sonatas* [CD]. EE.UU.: Brilliant Classics.

156: Strand, C. (Dirección). (2009). *Return To Forever Returns Live At Montreux 2008* [Película]. Suiza.

157: Mendelssohn-Bartholdy, F. (Compositor). (2009). [Dibble, Sally; López-Speziale, Carla; Chacón-Cruz, Arturo; Lagunes, Jorge; Orquesta Sinfónica de Minería; Niños y Jóvenes Cantores de la ENM & Houston Symphony Chorus, Intérprete, C. M. Prieto, P. Morales, & C. Hausmann, Dirección] De *Elías* [CD]. D.F., México: Academia De Música Del Palacio de Minería.

158: Reactable Systems. (2015). *Reactable History*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de <http://www.reactable.com/history/>

159: Salán, J. (Compositor). (2010). [Jorge Salán Band, Intérprete] De *Estatuas En la Calle/Directo Al Subsuelo* [CD & DVD]. D.F., México: Wamer Music México S.A. de C.V.

160: Wilson, S. (Compositor). (2009). [Steven Wilson Band, Intérprete] De *Insurgentes* [CD]. Alemania: Kscope.

161: Karnivool (Compositor). (2009). [Goddard, Drew; Kenny, Ian; Stockman, Jon; Hosking, Mark & Judd, Steve, Intérprete] De *Sound Awake* [CD]. Inglaterra: Sony Music Entertainment UK Limited.

162: Mena, C. (2011). Galardón a Naftalina por su gran trayectoria. *Gaceta Digital de la FI UNAM* (8), 26.

163: The Beatles (Compositor). (2011). [Andy Timmons Band, Intérprete] De *Plays Sgt. Pepper* [CD]. Texas, EE.UU.: Timstone Records.

164: Wilson, S. J. (Compositor). (2011). [Steven Wilson Band, Intérprete] De *Grace For Drowning* [CD]. Alemania: Kscope.

165: Hoile, L. (Dirección). (2012). *Get All You Deserve* [Película]. Alemania.

166: Pineda, H. (2012). Naftalina y Los Locos del Ritmo. *Gaceta Digital de la FI UNAM* (8), 31.

167: ACM. (30 de Marzo de 2012). *The 2012 ACM Computing Classification System*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de ACM Publications: <https://www.acm.org/publications/class-2012>

168: Da Costa Brunet, M. (Compositor). (2011). [Toma Tu Lugar, Intérprete] De *Hogar Dulce Hogar* [CD]. San Luis: ZOE Música.

169: The Turbans (Compositor). (2012). [The Turbans, Intérprete] De *Arambol 2012* [CD]. Turville, Loekie Café & Crete: Grabación independiente.

170: Circus Maximus (Compositor). (2012). [Eriksen, Michael; Haugen Mats; Mollen, Glenn; Finbråten, Lasse & Hagen, Truls, Intérprete] De *Nine* [CD]. D.F., México: Scarecrow Records.

171: Souza, F. (Compositor). (2013). [Souza, Intérprete] De *Blues Alzado Urgente* [CD]. D.F., México: Promociones Fraslo S.A. de C.V.

172: Niles, D. (Dirección). (2012). *Rendezvous* [Película]. México.

173: Pink Floyd (Compositor). (2013). [All Stars Tribute Band, Intérprete] De *Dark Side Of The Moon: All Stars Tribute* [CD]. D.F., México: Producciones Mexicanas Discográficas, S.A. de C.V.

174: Wilson, S. J. (Compositor). (2013). [Steven Wilson Band, Intérprete] De *The Raven That Refused To Sing (And Other Stories)* [CD]. D.F., México: Scarecrow Records.

175: Daft Punk (Compositor). (2013). *Random Access Memories*. [de Homem-Christo, Guillaume Emmanuel & Bangalter, Thomas, Intérprete] [CD]. París, Francia: Sony Music Entertainment.

176: DGCS UNAM. (13 de Enero de 2015). *Cristobal Miguel García Jaimes, una vida de pasión por la ciencia*. Recuperado el 13 de Mayo de 2015, de Boletín UNAM-DGCS-025: [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015\\_025.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_025.html)



177: Abate, T. (28 de Abril de 2014). *Stanford bioengineers create circuit board modeled on the human brain*. Recuperado el 9 de Octubre de 2015, de Stanford News: <http://news.stanford.edu/news/2014/april/neurogrid-boahen-engineering-042814.html>

178: Wilson, S. J. (Compositor). (2014). De *Cover Version* [CD]. Alemania: Kscope.

179: Braga, J., Zambenedetti Granville, L., O'Flaherty, C., & Marcos Moreiras, A. (2014). *El Libro del IETF*. (P. Hoffman, Ed., & L. Pavon, Trad.) San Paulo, Brasil.

180: Hammerman, R., & Russell, A. L. (2016). *Ada's Legacy* (1° ed., Vol. 7). ACM Books, Morgan & Claypool Publishers.

181: Wishart, Trevor. (1996). *On Sonic Art*. Vol. 12, editado por Simon Emmerson, 24. Amsterdam: Contemporary Music Studies.

# Apéndices

## A: Cronología sobre el desarrollo tecnológico y musical desde finales del siglo XIX a principios del siglo XXI

Tabla No. 1  
Desarrollo tecnológico y musical

Año	Lugar	Acontecimiento
1521 – 1550	Nueva España (México)	Se documentaron las primeras noticias sobre la enseñanza de la música en el Nuevo Mundo, cuando religiosos inician a los indígenas y luego también a los mestizos en el canto llano y en las complejas formas polifónicas. Entre otras cosas, se sabe que: en 1527, Fray Juan Caro enseñaba a los indios a cantar leyendo las partes de música; en 1530, Fray Pedro de Gante entrenó un coro de indios que cantaba todos los domingos en la catedral de México (Fernaud, 1983) <sup>39</sup> ; entre 1525 y 1526, se fundó el Imperial Colegio de Indios de la Santa Cruz de Santiago de Tlatelco, donde la música era una materia formal; entre 1537 y 1538, llegó el primer músico que enseñó a tocar vihuela de arco (un antecesor de la guitarra) (Caballero Moreno, 1975) <sup>37</sup> .
1599	Nueva España (México)	Se elaboró el “Códice Valdés”, documento que durante mucho tiempo se consideró perdido y que probablemente sea de la mayor importancia para el estudio de la música novohispana. Éste incluye dos piezas polifónicas para unas oraciones escritas en náhuatl, que pueden ser atribuidas a un personaje denominado Hernando Francisco (Cruz, 2001) <sup>69</sup> .
1600	Nueva España (México)	Se elaboraron registros de cuerdas de guitarra en venta en la zona de Santa Fe Trail (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1601	Nueva España (México)	El 25 de marzo, por Auto General de Fe, el Tribunal Negro de la Inquisición destruyó gran parte del acervo musical que constituía el Archivo del Cabildo Catedral Metropolitano de México. Sobrevivieron obras de compositores como Giovanni Pierluigi Palestrina, Eduardo y Alfonso Lobo, Orlando de Lassus, entre otros (Caballero Moreno, 1975) <sup>37</sup> .
1636 – 1637	Francia	En su obra “ <i>Harmonie Universelle</i> ” [Armonía Universal], Mersenne decretó las leyes que describen el comportamiento de los cordófonos (Jeans, 1981) <sup>20</sup> .
1711	Nueva España (México)	Se estrenó “La Parténope”, primera ópera mexicana, escrita (en español e italiano) por el primer músico mexicano célebre, Manuel de Sumaya. Su partitura se encuentra extraviada (Caballero Moreno, 1975) <sup>37</sup> .

Principios siglo XIX	RU	En Londres, Mauro Giuliani editó <i>Giulianiad</i> , la primera revista de publicación mensual sobre guitarra (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1824	México	Gracias al esfuerzo de José Mariano Elizaga, se constituyó la primera Sociedad Filarmónica mexicana (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
1825	México	Se creó la Academia Filarmónica Mexicana, considerada el primer proyecto de un conservatorio en América Latina (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
1833	EE.UU.	Christian Friedrich Martin fundó The Martin Guitar Company, empresa cuyos diseños caracterizan a la guitarra norteamericana (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1848	México	Se formó la primera compañía mexicana de ópera, dirigida por Agustín Caballero (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
1854	México	El 15 de septiembre se estrenó, en el Teatro Santa Anna, el Himno Nacional Mexicano. La letra fue escrita por Francisco González Bocanegra y la música compuesta por Jaime Nunó Roca (Caballero Moreno, 1975) <sup>37</sup> .
1866	México	El gobierno legítimo de Benito Pablo Juárez García creó la tercera Sociedad Filarmónica Mexicana (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
1868	México	Mediante el subsidio del presidente Juárez, El Conservatorio Nacional de Música (CNM) inició sus cursos. Entre los miembros fundadores debe mencionarse a Tomás León, Agustín Balderas, Aniceto Ortega, Julio Ituarte y Melesio Morales <sup>ii</sup> , y entre la primera generación egresada a Ricardo Catro, Gustavo E. Campana y Felipe Villanueva (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
1870's	-	Alexander Graham Bell experimentó con los primeros sistemas telefónicos, demostrando que el sonido puede ser convertido en señales eléctricas, transmitido a otros lugares y reproducido de nuevo (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1876	-	Elisha Gray inventó el primer instrumento musical eléctrico con una interfaz de teclado, conocido como telégrafo musical (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1877	México	A consecuencia de la suspensión de una garantía constitucional que permitía la libertad de reunión, la Sociedad Filarmónica fue disuelta. Sus funciones fueron canalizadas al CNM, nacionalizado el 13 de enero por decreto presidencial de José de la Cruz Porfirio Díaz Mori (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
	EE.UU.	Thomas Alva Edison <sup>jj</sup> inventó el primer aparato que se creó para grabar y reproducir sonido, el fonógrafo (SEP y CONACULTA, 2014A) <sup>23</sup> . Durante la realización de esta investigación, un ejemplar fue contemplado en la galería de la empresa mexicana Margules Audio junto con la siguiente descripción, cortesía de Julián Margules D: "Utilizaba unos cilindros huecos de papel cubiertos de una capa de parafina, los cuales tocaba una aguja de acero que cambiaron en 1878 por unos recubiertos de papel estaño, pero igual que los de papel sólo tenían una vida de máximo 4 reproducciones. Fue en 1886 que Chichester Bell (primo de Alexander Graham Bell) y Charles Summer Tainter mejoraron el sistema y lo patentaron con el nombre de gramáfono cambiando la aguja de acero por una zafiro y el cilindro de papel estaño por uno con recubrimiento de cera. El procedimiento para obtener un cilindro era el siguiente: se colocaba al artista frente al aparato el cual tenía una bocina en forma de trompeta; ahí desempeñaba su número, el cual hacía que la aguja practicara un surco continuo en la cera mientras el tambor giraba, posteriormente se repetía el cilindro y uno escuchaba lo que se grabó. Surge una pregunta: ¿una vez grabado el primer cilindro cómo se realizaban copias?".

<sup>ii</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>jj</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

1892	México	Impulsada por Carlos J. Meneses, Gustavo Campa, Felipe Villanueva, Ricardo Castro y José Rivas, se formó la Sociedad Anónima de Conciertos de Orquesta (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
1900	-	William Duddell descubrió que la frecuencia de oscilación de las luces de calle puede ser controlada y creó el arco cantante, con el cual realizó una gira (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1900's	-	El uso del gramófono 78 –llamado así porque el disco giraba a 78[rpm]– para la reproducción de música fue en aumento (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1903	EE.UU.	William Christopher Handy <sup>kk</sup> escuchó por casualidad a un guitarrista negro presionando las cuerdas sobre el diapasón con un cuchillo (técnica que ahora se conoce como <i>slide</i> [deslizamiento]), y lo describió como “la música más rara que jamás escuché” (Yentob, 2008) <sup>25</sup> . Aquella técnica, también conocida como <i>bottleneck</i> [cuello de botella], consiste en el deslizamiento de un objeto cualquiera (usualmente de metal o vidrio) sobre las cuerdas del diapasón durante la ejecución del instrumento. Actualmente, la empresa norteamericana Dunlop Manufacturing, Inc. Comercializa por Internet sus múltiples diseños de este popular accesorio para guitarra (Dunlop Manufacturing, Inc., 2015) <sup>70</sup> , entre otros productos de tecnología musical.
1904	EE.UU.	Joseph Kekuku, inventor de la guitarra hawaiana con cuerdas de acero e intérprete de <i>slide</i> , dejó Hawái para extender la música de la isla al resto del mundo (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1906	EE.UU.	Thaddeus Cahill mostró por primera vez al público su invento, el telarmonio o dinamófono. Éste fue el primer instrumento musical eléctrico, polifónico y sensible al tacto, cuyo peso superaba las 200[Tm] (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
	-	Se desarrolló la válvula de tubo de vacío (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1908 – 1921	México	La radiodifusión evolucionó desde sus primeras transmisiones, hasta los primeros programas y anuncios comerciales. Por su parte, el gobierno adoptó los sistemas de radiodifusión en tareas de la Secretaría de Marina y la Secretaría de la Relaciones Exteriores (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1913	México	Victoriano Huerta nombró a Julián Carrillo Trujillo <sup>ll</sup> director del CNM (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
	Francia	El estreno del ballet “ <i>The Rite of Spring</i> ” de Igor Stravinsky causó una revuelta en París, ya que la gente quedó sorprendida no sólo en por el guión y la presentación de los bailarines, sino también por la música (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1915	México	El gobierno constitucionalista del presidente José Venustiano Carranza Garza creó la Dirección General de Bellas Artes (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
1916	EE.UU.	La música hawaiana registró mayor número de ventas de discos que cualquier otro género (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1920's	Rusia	Léon Theremin desarrolló el primer instrumento musical eléctrico que no necesita de contacto para producir sonido, conocido como Theremin o eterófono. Consiste de un par de antenas (una barra vertical, una horizontal en forma de lazo) que permiten el control continuo del tono y el volumen de un sonido (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .

<sup>kk</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>ll</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

1920's	-	Se realizó la primera grabación de vídeo de un guitarrista ejecutando su instrumento (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1921 – 1930	-	Entre las dos Guerras Mundiales se dio un aumento prolífico de instrumentos con interfaz de teclado. Algunos fueron: el <i>electrophon</i> (1921), el <i>staccatone</i> (1923), el <i>superpiano</i> (1927), el <i>dynaphon</i> (1928), las ondas Martenot (1928), el <i>compleux-Givelet</i> (1929) y el trauttonio (1930) (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1923	México	Raúl Azcárraga Vidaurreta fundó La Casa de la Radio, empresa asociada al diario El Universal que distribuyó unidades receptoras de radio al precio de doce pesos mexicanos. Además, la Liga Nacional de Radio, el Centro de Ingenieros y el Club Central Mexicano de Radio se fusionaron para fundar la Liga Central Mexicana de Radio, cuyo principal objetivo era la propuesta reglamentaria para el funcionamiento del llamado “medio invisible” (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1924	México	La SEP lanzó su señal de radio (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1925	México	Julián Carrillo Trujillo abandonó su cátedra en el CNM para dedicarse a desarrollar el “Sonido 13”, un sistema musical de su autoría que rompe con las limitaciones del sistema temperado dividiendo un tono hasta en dieciséis partes (Caballero Moreno, 1975) <sup>37</sup> . Como consecuencia, el número de sonidos musicales por octava aumentó de doce a noventa y seis. Para aquellos interesados en profundizar en dicha teoría, desde 2008 existe una página Web programada por Hugo Vargas Olvera y asistida por familiares y discípulos de Julián Carrillo, dedicada a difundirla de manera gratuita (Sonido 13 Web Oficial, 2015) <sup>55</sup> .
	EE.UU.	Por encargo del músico George Beauchamp, el laudero John Dopyera creó la guitarra con resonador o dobro, una guitarra con cuerpo de metal y un sistema de conos para la amplificación del sonido (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1926	México	Se promulgó la Ley de Comunicaciones Eléctricas, en la cual se reconoció a la radiodifusión como un servicio público federal y se establecía el régimen de permisos para operarlo (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1928	México	Por iniciativa del Estado, se creó la Orquesta Sinfónica Mexicana (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
1929	México	La Universidad Nacional de México adquirió su autonomía como resultado de una huelga de origen estudiantil y con duración de dos meses, donde maestros y alumnos lucharon por la participación de los estudiantes en el Consejo Universitario (UNAM, 2004) <sup>47</sup> . De manera paralela, Carlos Antonio de Papua Chávez y Ramírez <sup>mm</sup> promovió y consiguió que el CNM dejase de depender de la Universidad, con lo cual se originó la Escuela Nacional de Música (ENM UNAM) (Caballero Moreno, 1975) <sup>37</sup> , y convirtió a la Orquesta Sinfónica Mexicana en la Orquesta Sinfónica de México (Fernaund, 1983) <sup>39</sup> .
Finales 1920's, principios 1930's	EE.UU.	Gene Autry “ <i>The Singing Cowboy</i> ” se convirtió en el primer vaquero cantante en la escena de Hollywood. La compañía Sears, Roebuck & Co. Comercializó, a través de un sistema de venta por catálogo, su guitarra Roundup por un precio de 9,65 USD (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .

<sup>mm</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

1930	México	Con motivo de su afiliación a la Conferencia Internacional de Telecomunicaciones, al país le correspondieron los indicativos nominales XE y XH. Prontamente salieron al aire la XEFO, estación del Partido Nacional Revolucionario (PNR); la XEN, Radio Mundial; y la XEW, primera emisora bajo el régimen de concesión (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	RU	Compañías de transmisión, como la British Broadcasting Corp (BBC), comenzaron a utilizar sistemas de grabación magnética (cable, cinta, etc.) para grabar programas de radio que después serían transmitidos (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1930's	-	El desarrollo de sonido en el cine proporcionó un nuevo medio para el almacenamiento de audio. Las pistas de audio óptico en los bordes de las cintas cinematográficas podían ser usadas no sólo para grabar sonido, sino también permitieron una notable forma de síntesis directa (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1931	EE.UU.	Rickenbacker Electro fabricó la A-22, primera guitarra eléctrica (de tipo hawaiana) hecha de aluminio. Su aspecto hace que popularmente sea conocida como “ <i>the frying pan</i> ” [la sartén] (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1932	EE.UU.	Carlos Chávez asistió a los estudios RCA Victor and the Bell Telephone, experiencia sobre la cual escribió dos artículos que se volvieron parte del libro “Hacia una nueva música; música y electricidad”, publicado hasta el año de 1937 (Rocha Iturbide, 2003) <sup>11</sup> .
1933 – 1934	México	Guillermo González Camarena realizó experimentos de transmisión de imágenes en las instalaciones de la XEFO (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1935	México	El “Grupo de los Cuatro”, conjunto de músicos nacionalistas integrado por Daniel Ayala, José Pablo Moncayo, Salvador Contreras y Blas Galindo, se presentó por primera vez (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
	-	Desde su lanzamiento, el órgano Hammond disfrutó de éxito dentro de la creciente área de la música popular. Comparado con los órganos tubulares, se trataba de un remplazo moderno, relativamente portable y con calidad de sonido radicalmente diferente (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1937	México	Nació Radio Universidad Nacional y con ella la radiodifusión universitaria, que se constituyó en una de las pocas alternativas al modelo comercial-privado. Además, surgió la emisora de la Secretaría de Gobernación y los industriales del ramo fundaron la Asociación de Estaciones Radiofónicas Comerciales (AERC) (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1938	México	Con trece estaciones creadas y cuatro compradas, surgió la cadena XEW, que ya transmitía al sur del continente haciendo honor a su lema “La voz de América Latina desde México” (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1938-1939	México	Transmitiendo desde una ciudad fronteriza ubicada en el norte del país, <i>The Carter Family</i> <sup>nn</sup> eran escuchados a través de la radio por todo EE.UU., con lo cual el sonido de la guitarra llegó al interior de los hogares (Yentob, 2008) <sup>25</sup> . La referencia no especifica la fecha del acontecimiento, por lo que el periodo señalado fue tomado del artículo de Wikipedia (en Inglés) sobre aquel grupo <sup>oo</sup> .

<sup>nn</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>oo</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

1940's	México	La última etapa del nacionalismo fue escenario propicio para el encuentro entre la danza, la música y las artes plásticas. La Academia Mexicana de la Danza montó coreografías empleando música de Silvestre Revueltas Sánchez <sup>pp</sup> , Guillermo Arriaga, Carlos Jiménez Mabarak, Bemal Jiménez, Blas Galindo, Daniel Ayala, entre otros compositores; y utilizando escenografías de José Chávez Morado, Miguel Covarrubias, Carlos Mérida, Rufino Tamayo, Manuel Rodríguez Lozano, entre otros artistas gráficos (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> . Acerca de esta relación entre artes, existe una obra publicada en 2006 con el título “Imágenes pictóricas de la música en México”. Su distribución fue resultado del esfuerzo conjunto de la SEP, la PINACOTECA 2000, la Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos y el Programa Nacional de Lectura (Echegaray, 2006) <sup>65</sup> .
	-	Los conciertos de Pierre Henri Marie Schaeffer <sup>qq</sup> utilizando varios gramófonos como fuentes de sonido durante presentaciones en vivo, eran muy similares (en términos de tecnología y de control musical) a las técnicas de <i>scratching</i> utilizadas por DJ's en los discos de <i>hip-hop</i> que surgieron en 1970's (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1940	México	Guillermo González Camarena patentó su Sistema Tricromático Secuencial de Campos (STSC), primer sistema en el mundo utilizado para representar color en televisión (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1941	México	Las cadenas de radiodifusión XEW y XEQ quedaron bajo la administración de Radio Programas de México (RPM) (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	Vannevar Bush desarrolló la idea de la Memex –un sistema de cobro y almacenamiento de información– parte computadora, parte base de datos, que constaba de una pantalla y un teclado. Predijo la invención de la computadora personal y describió una versión temprana de Internet con uniones de hiperligas (Challoner, 2003) <sup>71</sup> .

<sup>pp</sup> Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>qq</sup> Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

1942	México	Dentro del territorio nacional operaban ciento sesenta y dos estaciones de radio, al menos la mitad de ellas ligadas con las cadenas estadounidenses CBS y NBC, convirtiendo a la radio en un efectivo medio de influencia económica, política y cultural del vecino país. Además, la AERC se convirtió en la Cámara Nacional de la Industria de la Radio y Televisión (CIRT) (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	Durante la Segunda Guerra Mundial, la actriz Hedy Lamarr <sup>rr</sup> y el compositor George Antheil desarrollaron el Secret Communication System [Sistema de Comunicación Secreta], una versión temprana del <i>frequency hopping</i> [método de saltos en frecuencia] para resolver el problema de que enemigos pudiesen bloquear las señales de torpedos dirigidos remotamente. El invento, que funcionaba bajo el principio de una pianola musical, fue retomado por el ejército de EE.UU. –en 1962, durante la Guerra de los Misiles– en virtud del uso del transistor y sentó las bases de las telecomunicaciones móviles (Hedy Lamarr Foundation, 2014) <sup>72</sup> .
	-	La Unión Panamericana puso en marcha el proyecto mediante el cual los países americanos acordaban cooperar entre ellos en el desarrollo de la educación musical, con el patrocinio y la experiencia de la Asociación Nacional de Educadores de Música de Estados Unidos (Fernaud, 1983) <sup>39</sup> .
1945	México	RPM logró vincularse con 38 emisoras de once países latinoamericanos (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1946	México	El presidente Miguel Alemán Valdés creó un plan para la creación del Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA) (Fernaud, 1983) <sup>39</sup> . Además, se fundó la primera estación experimental de televisión en América Latina, la XEIGC. Gracias al trabajo de Guillermo González Camarena, se logró realizar la primera transmisión de imágenes a distancia (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1947	México	Se creó la XEX, “La voz de México”, la primera radiodifusora de Frecuencia Modulada (FM). Además, el gobierno de Miguel Alemán Valdés designó a González Camarena y a Salvador Novo comisionados para estudiar el modelo de televisión comercial privado de EE.UU. y el modelo de televisión estatal de Gran Bretaña, a fin de decidir cuál convenía implementar en México. Por razones técnicas y económicas, el primer modelo fue elegido (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1948	Francia	Durante su trabajo en la Radio Nacional Francesa, Pierre Henri Marie Schaeffer colaboró en la creación del primer estudio de música experimental –haciendo mezclas de transformaciones de sonidos tomados del mundo real y grabados en cinta magnética– en París (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1949	México	El gobierno anunció que haría uso de la televisión con fines sociales y culturales, reconoció que el medio estaría sujeto a la explotación comercial por parte de particulares y concesionó el primer canal de TV, el 4 (XHTV), a la empresa Televisión de México, S.A (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1950's	-	La grabadora de cinta magnética se estableció como la principal máquina de grabación. Después, el casete compacto proporcionó un medio alternativo para la distribución barata y en masa de música (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .

<sup>rr</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.



1950	México	Se decretaron las normas técnicas de instalación y funcionamiento de las teledifusoras, recomendadas por González Camarena. Además, XHTV inició sus transmisiones el 1 de septiembre con el IV Informe de Gobierno de Miguel Alemán Valdés (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	Inspirado en la televisión como tecnología del hogar, Clarence Leonidas Fender comenzó la distribución de la Telecaster, primera guitarra eléctrica de cuerpo sólido producida en serie. En respuesta al producto de Fender, Gibson tomó el diseño de Lester William Polsfuss <sup>ss</sup> para crear su versión de la guitarra eléctrica de cuerpo sólido, conocida como Les Paul (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1951	México	La empresa Televimex de Emilio Azcárraga Vidaurreta <sup>tt</sup> consiguió autorización para operar el canal 2 (XEWTV) y su repetidora, canal 9 (XEQ). Por su parte, la UNAM incursionó en la televisión con fines estrictamente didácticos (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> . Además, la Primera Reunión del Consejo Interamericano Cultural recomendó en su Resolución IX “la creación de un organismo musical interamericano que funcione con carácter permanente, centralice las actividades musicales interamericanas y trabaje en estrecha relación con el <i>Consejo Internacional de Música de la Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (IMC UNESCO)</i> ” (Fernaud, 1983) <sup>39</sup> .
1952	México	Se creó la XEMX, “Radio femenina”, la primera estación de y para mujeres en el mundo (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	Alemania	El <i>Köln Electronic Music Studio</i> produjo música utilizando únicamente medios electrónicos (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1953	Bélgica y Alemania	Con auspicio de la Organización de los Estados Americanos (OEA), el IMC UNESCO organizó el Primer Congreso de Educación Musical –en Bruselas– y la Primera Reunión de Directores de Conservatorios de Música –en Salzburgo–, para los cuales varias repúblicas latinoamericanas lograron enviar delegados (Fernaud, 1983) <sup>39</sup> .
	Alemania	En colaboración con el estudio Köhn, Karlheinz Stockhausen <sup>uu</sup> compuso una serie de estudios, considerados las primeras piezas de música completamente electrónica. Incluso inventó su propia forma de notación gráfica, ya que la notación musical convencional no era válida para piezas donde el cambio en el timbre de los sonidos es el elemento central (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1954	Venezuela	Durante el Primer Festival Interamericano de Música, un distinguido grupo de músicos reunidos recomendó la conveniencia de crear un organismo interamericano con la única intención de coordinar y revisar el estado de la enseñanza de la música en América y, en ese sentido, hacer más estrechas las relaciones de cooperación entre los distintos países (Fernaud, 1983) <sup>39</sup> .
	EE.UU.	Fender comenzó la producción de la Stratocaster, icónica guitarra eléctrica de cuerpo sólido cuyo diseño estético ha sido replicado por gran cantidad de fabricantes de guitarras en el mundo (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .

<sup>ss</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>tt</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>uu</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

1955	México	Los concesionarios de XEWT, XHTV y XHGC constituyeron la empresa Telesistema Mexicano (TSM), creando con ello un monopolio de la televisión. En Nogales, Sonora se estableció el primer servicio de televisión por cable, y la Red Nacional de Microondas comenzó a conformarse (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1956	EE.UU.	La Radio Corporation of America (RCA) construyó, a partir del diseño de Harry Olson y Herbert Belar, el primer sintetizador de escala grande (una máquina que ocupaba un cuarto completo) para un control complejo del sonido. Así nació la “secuenciación” como nueva forma de composición (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
	Alemania	En Hamburgo, Evgeny Mravinsky y Kurt Sanderling dirigieron a la Lenindrader Phillharmonie durante la grabación de las “Sinfonías No. 4, 5 y 6” de Pyotr Ilyich Tchaikovsky. El audio resultante fue digitalizado por Deutsche Grammophon utilizando su tecnología Original-Image-Bit-Processing (OIBP) (Tchaikovsky, 1995) <sup>73</sup> .
1957	México	Carlos Jiménez Mabarak escribió la primera pieza electroacústica en el país, “Paraíso de los ahogados” para cinta y ballet. Además, también creó el primer concierto de música concreta (Rocha Iturbide, 2003) <sup>11</sup> .
	-	Max Mathews produjo el MUSIC I, primer programa de computadora capaz de sintetizar sonido (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
	RU	Bert Weedon publicó su guía tutorial “ <i>Play in a Day</i> ”, material que inspiró y ayudó a músicos como John Lennon y Paul McCartney (The Beatles), Eric Clapton (Cream, The Yardbirds), Brian May (Queen), entre otros, a aprender a tocar la guitarra (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1958	-	Jack Kilby fabricó el primer circuito integrado, el cual contenía varios transistores y otros componentes en un pedazo de silicio (Challoner, 2003) <sup>71</sup> .
1959	México	Canal 11 (XEIPN), a cargo del Instituto Politécnico Nacional (IPN), se convirtió en la primera emisora de corte cultural y educativo en América Latina (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	RU	“ <i>Guitar Boogie Shuffle</i> ” de Bert Weedon se convirtió en el primer tema instrumental de guitarra eléctrica en entrar entre los diez temas musicales más populares en Reino Unido (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1960	México	Se promulgó la Ley Federal de Radio y Televisión, cuyo reglamento no fue hecho efectivo sino hasta 1973 (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
Principios de 1960's	RU	La compositora Daphne Oram desarrolló, en el Taller Radiofónico de la BBC, un sistema de “sonido pintado” conocido como Oramics (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1963	México	Se llevaron a cabo las primeras emisiones de televisión en color y las primeras transmisiones vía satélite (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	RU	El coro del King's College, bajo la dirección de David Willcocks, grabó temas de Giovanni Pierluigi da Palestrina y –por primera vez en la historia– el “ <i>Miserere</i> ” de Gregorio Allegri. Ésta última obra se mantuvo oculta por el Vaticano durante más de cien años y fue transcrita por Wolfgang Amadeus Mozart <sup>vv</sup> después de haberla escuchado una sola vez (Allegri, 1999) <sup>74</sup> .

<sup>vv</sup> Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

Mediados de 1960's	México	En Veracruz nació la radio indigenista con Radio Huayacocotla (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1964 – 1967	RU	Desde el barco “Mi Amigo”, en aguas internacionales al Este de Inglaterra, Radio Caroline transmitió grabaciones de <i>rock</i> en oposición al monopolio de radiofrecuencia de la BBC, que sólo transmitía 45[ min] de música popular al día. Así, las radios piratas nacen, se sostienen de transmitir publicidad (una estrategia sin precedentes en el país) y el <i>rock</i> adquiere una audiencia de veinte millones de personas (casi la mitad de la población) (Radio Caroline, 2015) <sup>75</sup> .
1965	México	El Consejo Técnico del CNM determinó adoptar la “Teoría de la Música” de Francisco Moncada García, como texto de consulta para la materia de solfeo (Moncada García, 1995) <sup>19</sup> .
	EE.UU.	Gordon E. Moore publicó por primera vez su observación sobre la industria de los semiconductores, a la cual se le conoce como “Ley de Moore” (Moore, 1965) <sup>3</sup> .
1966	EE.UU.	Robert Moog comercializó el primer sintetizador basado en transistores. El control de la generación de sonido se realizaba mediante voltajes (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1966 – 1976	China	Debido al rechazo hacia la cultura occidental como consecuencia de su Revolución Cultural, China prohibió la posesión e interpretación de la guitarra (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1968	México	Corporación Mexicana de Radio y Televisión abrió el canal 13 (XHDF) y Televisión Independiente de México (TIM) (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	Alemania	Mario Lavista Camacho <sup>ww</sup> trabajó con Karlheinz Stockhausen (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> .
1969	México	Arrancaron las operaciones de Cablevisión, filial de TSM. Además, el Estado estableció que los difusores debían cederle el 12,5% de su tiempo diario de transmisión (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	Por encargo del Departamento de Defensa se creó el Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET), la base de Internet (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> . En el ambiente artístico, Carlos Humberto Santana Barragán <sup>xx</sup> debutó con su álbum “Santana”, el cual obtuvo el cuarto puesto en el ranking musical de la revista Billboard y permaneció dentro de éste durante ciento ocho semanas (Carlos Santana, 1998A) <sup>76</sup> . La participación del guitarrista y su banda en el Woodstock Music and Art Fair in Bethel de Nueva York les confirió fama internacional (Carlos Santana, 1998B) <sup>77</sup> .
Finales de 1960's	México	Debido a lo incosteable de las emisiones en onda corta, el gobierno creó la XERMX-OC, Radio México Internacional (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
1970's	México	Se llevó a cabo la fusión entre TSM y TIM para dar nacimiento al consorcio Televisión Vía Satélite, S.A. (Televisa) (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .

<sup>ww</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>xx</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

1970	México	A cargo de Héctor Quintanar, en el CNM se inauguró el primer Laboratorio de Música Electrónica de México. Por su parte, Mario Lavista Camacho formó el grupo de improvisación Quanta (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> . Telecadena Mexicana se asoció con TIM y se constituyó la Organización de la Televisión Iberoamericana (OTI) (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	The Jimi Hendrix Experience, apoyados por el ingeniero en sonido Abe Jacobs, ofrecieron dos conciertos en el Berkeley Community Theatre, logrando (en ambos) congregarse a tres mil quinientas personas dentro del teatro y entre trescientas y cuatrocientas fuera de éste. Las presentaciones fueron grabadas en cintas magnéticas de 16[mm] y mezcladas por Eddie Kramer para sonido digital 2.0 y 5.1 en 2012 (Jimi Hendrix Experience, 2012) <sup>78</sup> .
	-	Max Mathews trabajó en el desarrollo del sistema Generated Real-time Output Operations on Voltage-controlled Equipment (GROOVE), el cual utilizaba una computadora para ayudar a compositores a especificar instrucciones musicales mediante la representación visual de éstas en un monitor. El sonido era generado en tiempo real por un sintetizador analógico, razón por la cual fue conocido como un "sistema híbrido" (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
	-	Peter Zinovieff desarrolló una alternativa de sistema híbrido llamado MUSYS. Consistía en dos computadoras que controlaban un amplio conjunto de sintetizadores analógicos, filtros y unidades de modulación. La ejecución mediante interacción no era posible (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1971	México	Mario Lavista Camacho se integró al Laboratorio de Música Electrónica del CNM (OCEANO, 2000A) <sup>34</sup> . Además, el gobierno de Luis Echeverría Álvarez puso en funcionamiento la Comisión de Radiodifusión, encargada de aprovechar el 12,5% del tiempo de transmisión que las difusoras debían ceder al Estado. También creó la Subsecretaría de Radiodifusión, adscrita a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	Intel lanzó al mercado el primer microprocesador en formato de circuito integrado, el i4004 (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> .
	Japón	Sony lanzó al mercado la U-matic, primer formato de Video Cassette Recorder (VCR) [Grabadora de Cintas de Vídeo] comercial en el mundo (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> .

1972	México	Canal 11 (XEIPN) finalizó las transmisiones (con duración de 30[min]) de los cursos de historia de la música impartidos por Arturo Manzanos (Manzanos, 1981) <sup>59</sup> .
	EE.UU.	Phillips comercializó el invento de Ralph H. Baer, la Magnavox Odyssey. Ésta fue la primera consola de videojuegos en el mundo y su costo por unidad era de 100 UDS. Por su parte, Nolan Bushnell creó Pong, primer videojuego comercializado a nivel masivo por Atari. Además, Xerox financió la investigación experimental de Robert Metcalfe y David Boggs para el desarrollo del protocolo Ethernet (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> .
	RU	Karl Richter dirigió al John Alldis Choir y a la London Philharmonic Orchestra durante la grabación de “ <i>Messiah, HWV 56</i> ”, un oratorio compuesto por Georg Friedrich Händel e interpretado por primera vez en 1742. El libreto posiblemente tiene su origen en un poema de Alexander Pope (Händel, 1973) <sup>79</sup> , e incluso Wolfgang Amadeus Mozart realizó su propio arreglo de esta obra, “ <i>Messiah, KV 572</i> ” (Mozart, 1990) <sup>80</sup> .
1973	México	El gobierno creó el Consejo Nacional de Radio y Televisión, cuya misión era evaluar los contenidos de estos medios. Además, se publicó el reglamento de la Ley Federal de Radio y Televisión (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	Martin Cooper, investigador de Motorola, desarrolló el primer prototipo de teléfono celular (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> . Además, la empresa mexicana Romex Vega realizó la presentación del primer prototipo en el mundo de un preamplificador de audio basado en transistores FET. Así, la tecnología de audio mexicana se puso a la par de la fabricada por los entonces líderes en el mundo: Japón, EE.UU., RU y Dinamarca (Mecánica Popular, 1974) <sup>81</sup> .
1974	México	Héctor Quintanar organizó un seminario enfocado en la música electrónica con la participación de compositores nacionales e internacionales en la UNAM. Además, Julio estrada y Jorge Gil investigaron en tomo a las composiciones asistidas por computadora (Rocha Iturbide, 2003) <sup>11</sup> .
	Austria	Como parte de una búsqueda espiritual, se grabó el álbum “ <i>Illuminations</i> ” (Devadip Carlos Santana & Tuyiya Alice Coltrane, 1974) <sup>82</sup> . Al respecto, Devadip comentó: “Tengo que decir que fue John Coltrane. Lo que él hizo fue como un presagio primario para la mayoría de la gente como yo, llegando a términos en la búsqueda de nuestra conciencia interna, buscando un maestro espiritual, alguien que tenga luz y acceso hacia lo absoluto, y quien more en el corazón con el supremo todo el tiempo. Una vez que tomas drogas –una vez que vas a través de placeres físicos y todas estas cosas, entonces te das cuenta que sólo estimulan tu mente... Éstas no hacen nada para traer tu alma hacia delante. Las canciones más conmovedoras de cualquier artista, desde Stravinsky hasta <i>The Beatles</i> , no son aquellas que no tienen nada que ver con su mente– es cuando el alma sale adelante, esas son las más significativas. Así, a través de John Coltrane, empecé a escuchar a Mahavishnu –y Mahavishnu me introdujo a Sri Chinmoy, a quien fui a ver en las Naciones Unidas. Él cambió mi vida entera y mis conceptos sobre Dios y Jesús. Es como el concepto de océano para el hombre; hay el Pacífico, el Atlántico, el mar Mediterráneo, el océano Índico... Pero sólo hay un océano– por eso Sri Chinmoy me dijo “Si pones la punta de tu pie en el océano, has pisado todos los océanos. Así que, si recibes de ese océano, te conviertes en parte de él... Tu agrada a Krishna, Budha y Cristo” –pero más importante, tu música se convierte en más que música. Como osos y monos pueden tocar con acordeones, y es llamado entretenimiento–pero también existe música para inspirar el ama y sustentar la conciencia de la humanidad– y eso es retador, muy retador” (Carlos Santana, 1998A) <sup>76</sup> .

1975	México	En su casa, el joven compositor e ingeniero en electrónica, Antonio Russek creó el primer laboratorio para la producción y radiodifusión de música electrónica (Rocha Iturbide, 2003) <sup>11</sup> .
	EE.UU.	A&M Records realizó una compilación de temas exitosos del guitarrista Cat Stevens (Cat Stevens, 1975) <sup>83</sup> .
1976	México	Televisa creó Univisión para enviar programas a sus filiales en EE.UU. y abrió oficinas en España (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	-	Surgió el Synclavier, un sintetizador polifónico con interfaz de teclado, botones para el control de síntesis, unidad visual de <i>display</i> [pantalla] y unidad de <i>floppy</i> para el almacenamiento externo de configuraciones, desarrollado en función de un microprocesador especial de 16[bit] (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
	Irlanda	En Dublín, U2 surgió como una banda de <i>rock</i> conformada por estudiantes de secundaria (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
1977	México	El gobierno de José Guillermo Abel López Portillo y Pacheco eliminó la Subsecretaría de Radiodifusión y creó la Dirección General de Radio, Televisión y Cinematografía (RTC), adscrita a la Secretaría de Gobernación. Su misión era vigilar el cumplimiento de la ley aplicable a dichos medios (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	Dave Smith <sup>yy</sup> diseñó el Prophet-5, primer instrumento del mundo basado en un microprocesador, el cual permitió la síntesis polifónica y programable, marcando el estándar para todos los diseños de sintetizadores que han seguido (Dave Smith Instruments, 2015) <sup>84</sup> .
	-	Apareció el primer grabador comercial, el Sony PCM-1. Contaba con un conversor de 13[bit] y utilizaba como soporte cintas de vídeo Betamax (Jordà Puig, 1997) <sup>7</sup> .
1979	México	Manuel Enriquez consiguió apoyo del INBA para la creación del festival “Foro de Música Nueva”, evento que se continuó realizando hasta 1994 (Rocha Iturbide, 2003) <sup>11</sup> .
	EE.UU.	Televisa incursionó en la televisión por cable a través de Galavisión (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	-	Sony comercializó el primer estéreo portátil, inventado por Andreas Pavel en 1972, bajo el nombre Walkman (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> .
	-	Se comercializó el Fairlight Computer Music Instrument (CMI), un sistema novedoso que permitió el almacenamiento digital y la reproducción de sonidos de fondo ( <i>sampling</i> ), combinados con un <i>display</i> interactivo. Este invento impuso el estándar para todos los desarrollos comerciales subsecuentes de música por computadora (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
	-	En marzo, Phillips mostró su prototipo del Compact Disk (CD) [Disco Compacto], un disco óptico digital con capacidad de almacenamiento de entre 703 y 737[MB]. Sony mostró interés desarrollando un reproductor potencialmente comercial (Challoner, 2003) <sup>71</sup> .
1980's	-	Miller Puckette escribió el programa MAX, el cual permite que los compositores definan ambientes musicales interactivos (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .

<sup>yy</sup> Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

1981	EE.UU.	IBM encargó a Microsoft el desarrollo de un Sistema Operativo (SO) para su Personal Computer (PC). El resultado fue Microsoft Disk Operating System (MS-DOS) (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> . Por su parte, Dave Smith diseñó y patentó una interfaz universal –Universal Synthesizer Interface (USI)– para la interconexión de sintetizadores, y la presentó en la reunión de la Audio Engineering Society (AES) [Sociedad de Ingeniería de Audio] (Phillips, 2004) <sup>6</sup> . Finalmente, acuñó el acrónimo MIDI para referirse a ésta (Dave Smith Instruments, 2015) <sup>84</sup> .
	RU	El VL-tone de Casio, considerado por muchos como un juguete con aspecto similar al de una calculadora larga, fue el primer sintetizador y secuenciador que podía ser adquirido por menos de £30 (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1982	EE.UU.	Sequential Circuits produjo el Prophet-600, el primer sintetizador MIDI (Phillips, 2004) <sup>6</sup> . Además, Sony y Phillips lanzaron el CD para los mercados nacional y europeo (Challoner, 2003) <sup>71</sup> .
	RU	Claude Bolling grabó junto con la English Chamber Orchestra, bajo la dirección de Jean-Pierre Rampal, su “ <i>Suite for chamber orchestra and jazz piano trio</i> ” (Claude Bolling, 1983) <sup>85</sup> .
1983	México	El gobierno de Miguel de la Madrid Hurtado creó el Instituto Mexicano de la Radio (IMER), encargado de promover y coordinar las actividades radiofónicas del Estado y operar las estaciones propiedad de éste. También se crearon: el Consejo Nacional de Radio y Televisión –integrado por importantes instituciones educativas, gubernamentales y privadas, con la misión de evaluar el desempeño de ambos medios– y el Instituto Mexicano de Televisión (Imevisión) (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	Primera presentación de una conexión MIDI durante el exposición de invierno de la NAMM show (Phillips, 2004) <sup>6</sup> .
	-	Yamaha comercializó el DX-7, uno de los sintetizadores digitales más avanzados de la época que incorporaba MIDI. Introdujo la síntesis FM al público en general y permitía que varios parámetros fuesen controlados utilizando el aliento (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
	Polonia	Durante su gira “ <i>We Want Miles Tour</i> ”, el trompetista de jazz Miles Davis III se presentó en el Congress Hall de Varsovia acompañado por Bill Evans, John Scofield, Robert Irving III, Darryl Jones, Al Foster y Mino Cinelu (Miles Davis Band, 2009) <sup>86</sup> .
1984	EE.UU.	Apple Inc. Lanzó al mercado Macintosh, una línea de computadoras personales diseñada como alternativa económica para el cómputo doméstico. El éxito comercial del diseño lo convirtió en la línea estándar de desarrollo adoptado por la compañía (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> . En el ambiente artístico, Van Halen –banda de rock galardonada con el Grammy– lanzó “1984”, álbum con sonidos futurísticos grabados con guitarra eléctrica y sintetizadores por Edward Lodewijk “Eddie” Van Halen <sup>zz</sup> (Van Halen, 1984) <sup>87</sup> . Por su lado, Steven “Steve” Siro Vai <sup>aaa</sup> –guitarrista galardonado con el Grammy en repetidas ocasiones– lanzó “ <i>Flex-Able</i> ”, su primer álbum como solista (Steve Vai, 2003) <sup>88</sup> .

<sup>zz</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>aaa</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

1985	México	El primer satélite mexicano, Morelos I, entró en órbita geoestacionaria (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	-	El Commodore Amiga se convirtió en el primer equipo de cómputo doméstico que incorporó posibilidades de audio digital. Contaba con cuatro conversores D/A de 8[bit] y carecía de conversores A/D, por lo que si no se compraba un dispositivo muestreador adicional con conexión al puerto paralelo, sólo funcionaba como reproductor (Jordà Puig, 1997) <sup>7</sup> .
	EE.UU.	MicroSoft lanzó al mercado su primer SO con interfaz gráfica, Windows (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> .
1986	EE.UU.	Barry Vercoe del Massachusetts Institute of Technology (MIT) tradujo la última versión del programa MUSIC al lenguaje de programación C, creando el lenguaje Csound (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
1987	EE.UU.	Dave Smith fue nombrado miembro de la AES por su trabajo continuo en el área de síntesis musical (Dave Smith Instruments, 2015) <sup>84</sup> . En respuesta a la Guerra Civil en El Salvador, Carlos Santana grabó “ <i>Blues For Salvador</i> ” (Carlos Santana, 2000) <sup>89</sup> , álbum por el cual consiguió su primer premio Grammy.
1988	México	El gobierno de Carlos Salinas de Gortari creó el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA), bajo cuya coordinación quedaron el IMER, IMCINE e Imevisión (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	-	Se comercializó la computadora NeXT. Contaba con dos microprocesadores que podían manejar sonido en tiempo real con calidad de CD y permitían la interacción del compositor con el programa a través de gráficos complejos (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
	Canadá	AdLib fabricó la AdLib Music Synthesizer Card (ALMSC), primera tarjeta de sonido (Jordà Puig, 1997) <sup>7</sup> .
1989	Singapur	Creative Labs lanzó al mercado la primer tarjeta SoundBlaster, compatible con la AdLib para añadir unas pequeñas posibilidades (dos canales de 8[bit]) de audio digital (Jordà Puig, 1997) <sup>7</sup> .
	RU	Carlo Maria Giulini dirigió al Philharmonia Chorus y a la Orchestra Horst Neumann durante la grabación digital del “ <i>Requiem in D minor, KV 626</i> ”, último trabajo de Wolfgang Amadeus Mozart. La polémica en torno a esta misa para difuntos se debe a que su compositor falleció antes de poder concluirla, labor que quedó a cargo de los compositores Joseph Eybler y Franz Xaver Süssmayr (Mozart, 1990) <sup>80</sup> .
	EE.UU.	El guitarrista de <i>blues</i> , galardonado con el Grammy en repetidas ocasiones, Stephen “Stevie” Ray Vaughan lanzó “ <i>In Step</i> ”. Además de ser el de mayor éxito en su carrera, es el último álbum que grabó acompañado por su banda Double Trouble (SRV & The Double Trouble, 2002) <sup>90</sup> .
1990’s	México	Se utilizaron nuevas técnicas para mejorar la calidad de las transmisiones radiofónicas, tales como: la estereofonía y el uso de subcanales para prestar otros servicios de comunicación en Amplitud Modulada (AM), el sistema de radio digital restringida y abierta, comunicación satelital, radio por Internet y el uso de redes privadas de televisión para enlazar emisoras (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .



1990	México	<p>Teléfonos de México, S.A.B. de C.V. (TELMEX) se privatizó (Nowandnext.com, 2008)<sup>48</sup>.</p> <p>Según Wikipedia, el músico Julio Estrada Velasco realizó programas informáticos con apoyo de Mario Peña Cabrera, investigador del IIMAS UNAM<sup>bbb</sup>. Al respecto, el Dr. Peña le platicó al autor de esta investigación que el desarrollo del Sistema de Análisis y Composición Musical (Saycomus) requirió de cuatro años de investigación. También le explicó que gracias a la incorporación de CMU MIDI Toolkit, un <i>software</i> que permite dividir a una octava de frecuencias utilizando un módulo <math>2^{1748}</math>, aquella tecnología se utilizó para la creación de música microtonal.</p>
	EE.UU.	<p>Como consecuencia del trabajo de Tim Berners-Lee y Robert Cailliau, se realizó la primera conexión de la World Wide Web (WWW o W3) (Nowandnext.com, 2008)<sup>48</sup>. Es sabido que el sistema se basa en un <i>software</i> llamado “ENQUIRE” escrito por Berners-Lee diez años antes, inspirado por el libro “<i>Enquire Within Upon Everything</i>”.</p> <p>En el ambiente musical, el guitarrista Ottmar Liebert debutó con su álbum “<i>Nouveau Flamenco</i>” (Ottmar Liebert &amp; Luna Negra, 1990)<sup>91</sup>.</p>
	España	<p>Marcos Vidal Roloff grabó su primera producción musical, “Buscadme y Vivireis”. En opinión del artista, “... es una prueba más de que la amistad es un tesoro de valor incalculable. Hay dos maneras de realizar un trabajo como éste: teniendo muchos recursos técnicos y económicos... o con mucho sacrificio de un grupo de amigos que ponen de lo que tienen, lo mejor.</p> <p>Sinceramente, no conocemos la primera opción, pero de la segunda podemos hablar como una experiencia gratificante.” (Marcos Vidal, 1995A)<sup>92</sup>.</p>
1991	México	Televisa decidió cotizar acciones en el mercado de valores internacional (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	-	Se diseñó la IRCAM Musical Workstation para interactuar con la computadora NeXT a través de una serie extra de tarjetas de procesamiento (Kirk & Hunt, 1999) <sup>5</sup> .
	EE.UU.	Del 22 al 25 de agosto, los músicos galardonados con el Grammy en repetidas ocasiones, Yo-Yo Ma y Robert Keith “Bobby” McFerrin grabaron su álbum “ <i>Hush</i> ”. La obra se compone mayoritariamente de temas europeos, que van desde el periodo Barroco hasta el Romanticismo, y fue grabada utilizando tecnología digital de 20[bit] para alcanzar sonido de alta definición (Bobby McFerrin & Yo-Yo Ma, 2006) <sup>93</sup> .
1992	México	Columbia comercializó “La Historia de Soda Stereo”, un álbum que compila temas de diferentes grabaciones de la exitosa banda de <i>rock</i> (Soda Stereo, 1992) <sup>94</sup> .
	EE.UU.	Dream Theater lanzó “ <i>Images And Words</i> ”, su primer álbum con Atlantic y el mayor éxito comercial de la banda de metal progresivo hasta el momento (Dream Theater, 1992) <sup>95</sup> .
	Japón	Con apoyo de Elektra Entertainment, el guitarrista de metal neoclásico Lars Johan Yngve Lannerbäck –artísticamente conocido como Yngwie Malmsteen– lanzó su álbum “ <i>Fire &amp; Ice</i> ”. La edición especial incluyó un <i>bonus track</i> [grabación extra] titulada “ <i>Broken Glass</i> ” (Yngwie Malmsteen, 1992) <sup>96</sup> .

<sup>bbb</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

1993	México	Fueron desincorporados los canales que operaba Imevisión, lo cuales (para fines de venta) se habían agrupado bajo la denominación de “Televisión Azteca” (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> . En el ambiente artístico, Carlos Santana grabó un concierto en la Ciudad de México, del cual se produjo –en dedicación a la vida de César Estrada Chávez– el álbum “ <i>Sacred Fire: Live in México &amp; Latin America</i> ” (Carlos Santana, 1993) <sup>97</sup> .
	España	Grabaciones de cánticos gregorianos interpretados por el Coro de Monjes del Monasterio Benedictino de Santo Domingo de Silos, bajo la dirección de Ismael Fernández de la Cuesta y Francisco Lara, fueron compiladas y digitalmente remasterizadas por EMI Odeón (Coro de Monjes, 1994) <sup>98</sup> . Por su parte, Marcos Vidal Roloff produjo “Nada Especial”, álbum con el cual se abrió camino en el continente americano y que está dedicado a tantas personas que no son “nada especial, pero que se sentarán a la mesa más sublime” (Marcos Vidal, 1995B) <sup>99</sup> .
	RU	DECCA lanzó al mercado grabaciones de Riccardo Chailly dirigiendo a la Royal Concertgebouw Orchestra durante la interpretación de “ <i>Jazz Suite No. 1 &amp; 2</i> ”, “ <i>Piano Concerto No. 1 in C minor, Op. 35</i> ” y “ <i>Tahiti Trot (Tea for Two)</i> ”, temas compuestos por Dmitri Dmitriyevich Shostakovich durante su juventud (Shostakovich, 1993) <sup>100</sup> .
1994	México	Ante la crisis económica, los radiodifusores recurrieron a diversas estrategias, tales como: colocar acciones en la Bolsa de Valores de Nueva York, arrendar emisoras, internacionalizar señales, comprar emisoras fuera del territorio nacional y pactar alianzas entre grupos radiofónicos para ofrecer la comercialización conjunta de sus espacios (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	EE.UU.	Durante un discurso de la COMDEX 1994, Andy Grove hizo una demostración del primer <i>software</i> para PC dedicado a la síntesis de audio. Éste fue desarrollado –bajo encargo de Intel– por Seer Systems durante la presidencia de Dave Smith (Dave Smith Instruments, 2015) <sup>84</sup> . En el ambiente artístico, el violinista Itzhak Perlman y el pianista Oscar Emmanuel Peterson grabaron “ <i>Side by Side</i> ”. El álbum es una combinación de talentos musicales en la interpretación de <i>jazz standards</i> [estándares de <i>jazz</i> ] y fue grabado por TELARC utilizando su tecnología de 20[bit] (Itzhak Perlman & Oscar Peterson, 1994) <sup>101</sup> .
	Francia	Con ayuda del Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique (IRCAM) de París, TRAVELLING-AUVIDIS logró producir digitalmente una grabación con casi tres mil puntos de edición para homogenizar las voces de dos cantantes (un contrateno y una soprano) en el intento por reproducir el timbre de Farinelli, un célebre cantante <i>castrato</i> [castrado] del siglo XVIII (Broschi, 1994) <sup>102</sup> .

1995	México	Se publicó la primera Ley Federal de Telecomunicaciones (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> .
	Alemania	Se publicaron grabaciones en formato <i>digital stereo</i> [digital estéreo] de “4 Suiten Für Laute”, cuatro de las siete composiciones para laúd (un antecesor de la guitarra) atribuidas a Johann Sebastian Bach <sup>ccc</sup> que se conocen. La obra, ejecutada por Göran Söllscher en una guitarra de once cuerdas – fabricada por Georg Bolin–, “... consiste, en su mayor parte, en piezas que no fueron originalmente compuestas para el instrumento, o las cuales también existen en arreglos alternativos, implicando que no fueron exclusivamente para el laúd...” (Bach, 1995) <sup>103</sup> .
	EE.UU.	<sup>3</sup> / <sub>5</sub> Productions produjo “Joe Cool’s Blues” –grabado por Wynton Marsalis Septet & Ellis Marsalis Trio– en formato digital. La obra es un conjunto de temas de Wynton Marsalis y del compositor Vincent Anthony Guaraldi entorno a “Peanuts”. Destaca por ser el <i>jazz</i> que ha sido utilizado en la exitosa serie de televisión y películas –basadas en un comic– sobre la vida y las interpretaciones que Charlie Brown, Snoopy y sus amigos tienen (Wynton Marsalis Septet & Ellis Marsalis Trio, 1995) <sup>104</sup> .
	-	Phillips, Sony, Toshiba y Panasonic desarrollaron el DVD, un disco óptico digital con capacidad de almacenamiento de 4,7[GB], lo cual representa un incremento del 75% con respecto a la de un CD (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> .
1996	México	Mediante una alianza entre Hughes Communications de EE.UU., Organización Cisneros de Venezuela y TV Abril de Brasil, Multivisión fue pionera del servicio de Televisión Directa al Hogar (DTH), al lanzar Direct TV. Por su parte, Televisa también lanzó su servicio DTH, llamado SKY (OCEANO, 2000B) <sup>41</sup> . Además, TELMEX compró Prodigy (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> .
	EE.UU.	Joseph “Joe” Satriani <sup>ddd</sup> –guitarrista nominado al Grammy en repetidas ocasiones– organizó el primer “G3 Tour”, una gira de conciertos en los que se hizo acompañar por los guitarristas Eric Johnson, Steve Vai, y sus respectivas bandas (G3 Tour Bands, 2001) <sup>105</sup> .
	-	Creative Labs licenció la tecnología de Seer Systems para su línea AWE 64 de tarjetas de sonido. Como resultado, esta segunda generación del <i>software</i> logró superar los diez millones de ventas (Dave Smith Instruments, 2015) <sup>84</sup> .
	Alemania	GRP Records, Inc. Produjo “Best Of George Benson: The Instrumentals”, una compilación de temas instrumentales del guitarrista de <i>jazz</i> , galardonado con el Grammy en repetidas ocasiones, George Benson <sup>eee</sup> (George Benson, 1997) <sup>106</sup> .

<sup>ccc</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>ddd</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>eee</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

1997	México	A&M Records lanzó <i>“The Very Best of Sting &amp; The Police”</i> , un álbum que compila éxitos del cantante y la banda de <i>rock</i> . Además, incluye un <i>remix</i> [remezcla] del tema “Roxanne”, realizado por el productor musical Puff Daddy (Sting & The Police, 1997) <sup>107</sup> .
	RU	La isla caribeña de Montserrat quedó devastada después de una erupción volcánica. En respuesta, Phill Collins, Mark Knopfler, Sting, Elton John, Eric Clapton, Paul McCartney, entre otros músicos que habían tenido la oportunidad de visitarla para realizar grabaciones, ofrecieron un concierto en The Royal Albert Hall con la intención de juntar fondos para su reconstrucción (Knowles, 1997) <sup>108</sup> .
	-	Se liberó Reality, la tercera generación del <i>software</i> de Seer Systems. Es considerado el primer <i>software</i> para síntesis de audio completamente profesional y fue calificado como el mejor sintetizador por la revista Electronic Musician (Dave Smith Instruments, 2015) <sup>84</sup> .
1998	EE.UU.	Larry Page y Serguéi Brin fundaron la compañía Google Inc. (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> .
1999	México	El 18 de julio, el pianista Gerhard Oppitz, la Orquesta Sinfónica de Minería y los coros del Grupo Pro Música, bajo la dirección de Jorge Velazco, dieron dos conciertos en el Palacio de Bellas Artes. De dichas presentaciones se realizó una grabación privada de “Fantasía Coral para piano, coro y orquesta, Op. 80”, de Ludwig van Beethoven (Beethoven, 1999) <sup>109</sup> . Por su parte, PRODISC distribuyó grabaciones de la Oxford Symphony Orchestra interpretando <i>“Symphonie Fantastique, Op. 14. Episode De la Vie D’Un Artiste”</i> de Hector Berlioz (Berlioz, 1999) <sup>110</sup> .
	EE.UU.	Carlos Santana alcanzó un éxito sin precedentes debido a <i>“Supernatural”</i> , álbum ganador de nueve premios Grammy y tres premios Grammy Latino. La obra es el resultado de la colaboración entre Santana y Clive Davis, quien sugirió al primero grabar un disco acompañado por artistas de música popular; estrategia que el guitarrista ha replicado en sus producciones posteriores (Carlos Santana, 2010) <sup>111</sup> . Por su parte, la gaitera Susana Seivane Hoyo debutó con <i>“Susana Seivane”</i> , un álbum de música folklórica gallega con arreglos de su autoría (Susana Seivane, 1999) <sup>112</sup> .

2000	México	<p>Librerías Gandhi comercializó grabaciones producidas por Brilliant Classics, incluyendo un álbum que compila los cuatro conciertos para piano y “<i>Rhapsody On A Theme Of Paganini, Op. 43</i>” de Sergei Vasilievich Rachmaninoff. Entre los intérpretes –diferentes pianistas, orquestas y directores– Jorge Luis Prats, Enrique Bátiz y La Orquesta Filarmónica de la Ciudad de México colaboraron con dos temas (Rachmaninoff, 2000)<sup>113</sup>. De las grabaciones de “<i>Piano Concerto No. 3 in D minor, Op. 30</i>” hay una que destaca por la prodigiosa interpretación del pianista Vladimir Horowitz, amigo del compositor del tema y ganador de veintidós premios Grammy. Ésta se realizó con tomas de una presentación en Carnegie Hall (la cual data del 08/01/1978) y posteriores, bajo la dirección de Eugene Ormandy y con el acompañamiento de la New York Philharmonic (Rachmaninoff, 1993)<sup>114</sup>. Por su parte, durante su primera presentación como solista en el Auditorio Nacional, Raúl Alejandro Escajadillo Peña<sup>fff</sup> –artísticamente conocido como Aleks Syntek– grabó un set acústico para piano interpretando algunas de sus composiciones a lo largo de una década de carrera musical (Aleks Syntek, 2000)<sup>115</sup>.</p>
	EE.UU.	<p>Los guitarristas de <i>blues</i>, galardonados con el <i>Grammy</i> en repetidas ocasiones, Eric Patrick Clapton<sup>ggg</sup> y Riley B. King<sup>hhh</sup> lanzaron “<i>Riding With The King</i>”. Con respecto a la realización del álbum, los artistas indicaron: “Quiero agradecer a Eric Clapton por permitirme alcanzar un sueño. Trabajar con un verdadero genio ha sido una inspiración y ¡pura alegría! Me siento bendecido de tener semejante camarada en un área que amo tanto... B.B. “Finalmente, hemos tenido oportunidad de ir al estudio juntos, esto es algo que hemos estado esperando por un largo tiempo, y sobre lo que he soñado mi vida entera. B.B. es mi héroe, siempre lo ha sido, el hecho de que podamos estar juntos en una grabación ha hecho que mi sueño se haga realidad... E.C.” (Eric Clapton &amp; B.B. King, 2000)<sup>116</sup>.</p>

<sup>fff</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>ggg</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>hhh</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

2001	México	Agora, banda de metal progresivo, debutó con “Segundo Pasado” (Agora, 2001) <sup>117</sup> .
	EE.UU.	Apple Inc. Lanzó al mercado la primera generación de su popular reproductor de música portátil, iPod (Nowandnext.com, 2008) <sup>48</sup> . En el ambiente artístico, Eric Clapton grabó algunas de sus presentaciones durante la gira “ <i>One More Car, One More Rider</i> ”. El audio en formato digital fue distribuido por Reprise Records como <i>enhanced</i> CD [CD mejorado], debido a la inclusión de vídeo digital de las presentaciones que era reproducible en PC o Mac a través de un navegador Web y la instalación de QuickTime 4 (Eric Clapton, 2001) <sup>118</sup> . Por su lado, Tool –banda de <i>rock</i> galardona con el Grammy en repetidas ocasiones– lanzó su álbum “ <i>Lateralus</i> ”. El arte gráfico de la obra fue realizado por Alex Grey (Tool, 2001) <sup>119</sup> .
	Noruega	El dúo de música electrónica Röyksopp lanzó al mercado su álbum debut, “ <i>Melody A.M.</i> ” (Röyksopp, 2001) <sup>120</sup> , obteniendo gran éxito en ventas y el reconocimiento de los críticos. El tema “ <i>Eple</i> ” [manzana] fue utilizado por Apple Inc como el audio de bienvenida para el asistente de instalación del sistema operativo Panther.
	Francia	Daft Punk <sup>iii</sup> lanzó al mercado “ <i>Discovery</i> ” (Daft Punk, 2001) <sup>121</sup> , álbum para el cual Toei Animation Co, Ltd. Creó una película de animación titulada “ <i>Interstella 5555: The Story of the Secret Star System</i> ”.

<sup>iii</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

2002	México	Se comercializaron grabaciones de Jean-Luc Ponty <sup>iii</sup> durante su contrato con Columbia, periodo musical donde el artista se sumergió en el uso de secuenciadores MIDI, el Synclavier y sintetizadores de violín. Al respecto, Ponty reveló “... 1987 y 1988 fueron los años en los que tuve mayor cohesión con un grupo; aún hoy pienso eso... Fue la mejor combinación de músicos excelentes, la mejor unidad, y espíritu de grupo: Baron Browne, bajo; Rayford Griffin, baterista; Wally Minko, pianista; y Jamie Glaser...” (Jean-Luc Ponty, 2002) <sup>122</sup> . Por su lado, Maná –banda de <i>rock</i> , galardonada con el Grammy en repetidas ocasiones– lanzó “Revolución de Amor”. El álbum cuenta con la participación de Carlos Santana y fue distribuido como <i>enhanced</i> CD (Maná, 2002) <sup>123</sup> .
	EE.UU.	Dave Smith fundó Dave Smith Instruments para crear nuevas interfaces musicales, tales como: Evolver, Mopho, los sintetizadores Prophet y la máquina de percusiones Tempest (Dave Smith Instruments, 2015) <sup>84</sup> .
	España	En un período de tres meses, los músicos galardonados con el Grammy en repetidas ocasiones, Diego Ramón “el Cigala” Jiménez Salazar y Dionisio Ramón Emilio “Bebo” Valdés Amaro grabaron su álbum “Lágrimas Negras”. La obra es un conjunto de temas latinoamericanos –incluido el bolero mexicano “Se me olvidó que te olvidé”– con arreglos de <i>jazz</i> , bossanova, tango y flamenco. Entre las colaboraciones de los músicos invitados destacan las del saxofonista Francisco de Jesús “Paquito D” Rivera Figueras y la del guitarrista Juan José “Niño Josele” Heredia. “... En <i>La bien pagá</i> , Bebo se lanza en un solo de 4 minutos que nos deja boquiabiertos. Él mismo no sabe qué le ha pasado ni qué ha hecho. “Pues escúchalo”. Lo oye en silencio y al final dice: ‘Amén’. No damos crédito. Felicidad general. Bebo: ‘Yo soy un viejo. Mi cuerpo ya no funciona bien. Pero mi espíritu tiene veinte años’... “. La producción fue comercializada en una edición especial que incluye: material gráfico, CD de audio y el DVD de un concierto de los músicos presentándose en el Costa Nord de Valldemossa, Mallorca (Diego ‘el Cigala’ & ‘Bebo’ Valdés, 2003) <sup>124</sup> .

<sup>iii</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

2003	México	<p>Los trabajos de investigación de un grupo de la Universidad de Granada coordinado por María Gembero Ustároz, revelaron que el Archivo del Cabildo Catedral Metropolitano de México posee cinco libros de polifonía, de los cuales no se contaba con ningún antecedente (Marín López, 2003)<sup>125</sup>. En el ambiente tecnológico, como parte de la estrategia de PROSOFT, la Asociación Mexicana para la Calidad en la Ingeniería de <i>Software</i> (AMCIS) fue comisionada para crear un modelo de procesos de <i>software</i> diseñado para la industria local, lo que hoy es MoProSoft (Ruvalcaba &amp; Galván, 2014)<sup>28</sup>.</p> <p>Con motivo del festival de música contemporánea Radar, Manuel Rocha Iturbide organizó la primera retrospectiva sobre música electroacústica mexicana (Rocha Iturbide, 2003)<sup>11</sup>.</p>
	EE.UU.	<p>Warner Bros. Records Inc produjo “<i>The Very Best Of... George Benson The Greatest Hits Of All...</i>”, una compilación digital con veintidós temas (George Benson, 2003)<sup>126</sup>. Por su parte, Joe Satriani fue auxiliado por sus fans a través de su página Web para producir una compilación de grabaciones que abarcan dieciocho años de su carrera artística (Joe Satriani, 2004)<sup>127</sup>. Además, Derek Sherinian lanzó su álbum “<i>Black Utopia</i>”, en el cual colaboraron Yngwie Malmsteen, Al Di Meola, Jerry Goodman, Billy Sheehan, Tony Franklin, Simmon Phillips, Zakk Wylde, Steven Lee “Steve Luke” Lukather<sup>kkk</sup> y Mike Shapiro (Derek Sherinian, 2003)<sup>128</sup>.</p>
	España	<p>El Music Technology Group de la Universitat Pompeu Fabra (UPF) de Barcelona comenzó, bajo la dirección de Sergi Jordà Puig, su primer gran proyecto de tecnología musical llamado Reactable (MTG UPF, 2015)<sup>32</sup>.</p>
	Francia	<p>Daft Punk lanzó al mercado su álbum “<i>Daft Club</i>” (Daft Punk, 2003)<sup>129</sup>, el cual recopila un tema inédito y <i>remixes</i> [remezclas] propios y hechos por otros DJ’s, de algunas de sus composiciones. El nombre fue tomado del servicio musical por Internet creado por el dúo desde el lanzamiento de “<i>Discovery</i>”, como parte de su estrategia para establecer conexión con la gente que escucha y mezcla su música.</p>
	Suecia	<p>Andromeda lanzó su álbum “<i>II=I</i>” (Andromeda, 2003)<sup>130</sup>.</p>

<sup>kkk</sup>Veá referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.



2004	México	Durante el festival “La Primavera empieza con Jazz 2004”, el trío de Pablo Prieto se presentó en el Teatro de la Universidad de Sonora. El concierto fue grabado por Pablo Salazar y mezclado en Digimusic Creative Studios por Pablo Prieto, Alfredo Martínez y Jesús Martínez para finalmente salir a la venta con el título “ <i>Body Soul</i> ”. David Warren “Dave” Brubeck <sup>III</sup> felicitó por escrito a los músicos por su interpretación (Pablo Prieto, 2005) <sup>131</sup> . Por su parte, Horus –banda de metal progresivo integrada por adolescentes– grabó su álbum homónimo en Digimusic Creative Studios. La obra cuenta con la colaboración del guitarrista Ricardo Fadul en el <i>bonus track</i> “Juan Von Friederick II” (Horus, 2004) <sup>132</sup> .
	EE.UU.	Nació la red social the facebook, limitada a alumnos de Harvard University. Por su parte, Apple Inc. Lanzó la cuarta generación de iPod y, para fines de año, abarcó el 82% del mercado de reproductores de música digital (Ruvalcaba & Galván, 2014) <sup>28</sup> .
	Francia	Durante el 13 de septiembre y el 9 de noviembre, Daft Punk grabó su álbum “ <i>Human After All</i> ” (Daft Punk, 2005) <sup>133</sup> . Las composiciones –según uno de los músicos, una mirada extremadamente tormentosa, triste y terrorífica de la tecnología; pero con posibilidad de belleza y emoción– fueron hechas utilizando instrumentos digitales y guitarras. Por su parte, Phillip David Charles “Phil” Collins grabó su presentación en París durante su última gira musical, “ <i>Finally... The First Farewell Tour</i> ”. Ésta se comercializó en sonido digital 2.0 y 5.1 (Phil Collins, 2004) <sup>134</sup> .
	Japón	Dream Theater realizó una gira de cuyas grabaciones produjo audio y vídeo titulados “ <i>Live At Budokan</i> ” (Dream Theater, 2004) <sup>135</sup> .
2004 – 2008	EE.UU.	Gruhn Guitars vendió la guitarra (Gibson L-5 de 1928) de Maybelle Addington Carter por 575 000 USD (Yentob, 2008) <sup>25</sup> .
2005	México	Agora lanzó “Zona De Silencio”, su segunda producción discográfica, en formato <i>enhanced</i> CD. Desde entonces, Daniel Villareal reemplazó a Pablo Lonngi como bajista de la banda (Agora, 2005) <sup>136</sup> .
	EE.UU.	Chad Hurley, Steven Chen y Jawed Karim fundaron YouTube (Ruvalcaba & Galván, 2014) <sup>28</sup> .
	Holanda	Steve Vai, acompañado por la <i>Holland Metropole Orkest</i> , grabó “ <i>Visual Sound Theories</i> ”. El concierto fue mezclado por el mismo Vai para sonidos digitales 2.0 y 5.1 (Steve Vai Band & Holland Metropole Orkest, 2007) <sup>137</sup> .
	Japón	Niacin, trío de <i>jazz</i> –bajo eléctrico, batería y órgano–, grabó su presentación en el <i>Blue Note Tokyo</i> (Niacin, 2005) <sup>138</sup> .

<sup>III</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

2006	México	<p>Magnabyte se convirtió en la primera empresa acreditada en MoProSoft (Nowandnext.com, 2008)<sup>48</sup>.</p> <p>En el ambiente artístico, el 7 de julio, Victor Lemonte Wooten<sup>mmm</sup> se presentó acompañado por su banda en el Lunario del Auditorio Nacional como parte de la gira promocional su álbum <i>“Soul Circus”</i> (Victor Wooten, 2005)<sup>139</sup>.</p>
	EE.UU.	<p>Frambale Music, BMI comercializó <i>“Best Of The Smooth Jazz Side”</i>, una colección de temas grabados por el prodigioso guitarrista Frank Gambale a lo largo de veinte años (Frank Gambale, 2006)<sup>140</sup>. Derek Sherinian lanzó su álbum <i>“Blood Of The Snake”</i>, en el cual colaboraron John Petrucci, Tony Franklin, Simon Phillips, Zakk Wykle, Brian Tichy, Jerry Goodman, Brandon Fields, Jimmy Johnson, Brad Gillis, Yngwie Malmsteen, Dimitris Mahlis, Jivan Gasparyan, Mike Shapiro, Billy Idol y Slash (Derek Sherinian, 2006)<sup>141</sup>. Con motivo de su vigésimo aniversario, <i>Dream Theater</i> se hizo acompañar por la Octavarium Orchestra para la presentación en vivo de <i>“Score”</i>. Éste concierto de metal progresivo sinfónico fue grabado en el Radio City Music Hall de Nueva York (Dream Theater &amp; Octavarium Orchestra, 2006A)<sup>142</sup> y (Dream Theater &amp; Octavarium Orchestra, 2006B)<sup>143</sup>. Además, Tool lanzó su álbum <i>“10,000 Days”</i> (Tool, 2006)<sup>144</sup>.</p> <p>En al ambiente tecnológico, Miller Puckette publicó un borrador sobre <i>“The Theory and Technique of Electronic Music”</i> [Teoría y Técnica de la Música Electrónica] (Puckette, 2006)<sup>54</sup>.</p>

<sup>mmm</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

2007	México	El 2 y 3 de enero, en San Miguel de Allende, Fine Wine Trio grabó su álbum <i>"Mexico Express"</i> . La gira promocional los colocó en diversos escenarios de Europa y México (Fine Wine Trio, 2007) <sup>145</sup> .
	EE.UU.	En enero, Apple Inc. Lanzó al mercado la primera generación de su popular teléfono "inteligente", iPhone. Por su parte, en noviembre, la Open Handset Alliance (OHA) –dirigida por Google Inc.– presentó el sistema operativo Android (Ruvalcaba & Galván, 2014) <sup>28</sup> . En el ambiente artístico, Dream Theater lanzó su álbum <i>"Systematic Chaos"</i> en sonido digital 2.0 y 5.1 (Dream Theater, 2007) <sup>146</sup> . Liquid Trio Experiment lanzó <i>"Spontaneous Combustion"</i> . Aquellas improvisaciones fueron grabadas en 1998, utilizando una grabadora estéreo de Digital Audio Tape (DAT) [Cinta de Audio Digital], y parte de los temas fueron retomados por Liquid Tension Experiment para realizar su segundo álbum (Liquid Trio Experiment, 2007) <sup>147</sup> . Tool, Alex Grey, Chet Zar y veintidós animadores digitales de Hydraulx colaboraron en un proyecto de Computer-Generated Imagery (CGI) [Imágenes Generadas por Computadora] para producir el vídeo –con duración de 8,5[min]– del tema <i>"Vicarious"</i> (Tool, 2007) <sup>148</sup> . Además, John Clayton Mayer –guitarrista de blues galardonado con el Grammy en repetidas ocasiones– grabó audio y vídeo de un concierto en el Nokia Theater de Los Ángeles, California, con los cuales produjo <i>"Where The Light Is"</i> (John Mayer, 2008) <sup>149</sup> .
	Alemania	Bajo licencia de Snapper Music PLC, Kscope lanzó <i>"Together We're Stranger"</i> en sonido digital 2.0 y 5.1. Los temas fueron compuestos por No-Man, un dúo electrónico formado por Tim Bowness y Steven John Wilson <sup>nnn</sup> . Sus colaboraciones datan desde 1983 (No-Man, 2007) <sup>150</sup> .

<sup>nnn</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

2008	México	<p>Se celebraron los cincuenta años de la Computación en México (Ruvalcaba &amp; Galván, 2014)<sup>28</sup>. Por su parte, Sergio Emiliano Duque Vega presentó “Desconéctate” en el XIX Congreso de Investigación CUAM. El proyecto consistió en el análisis estadístico de un censo aplicado a estudiantes de secundaria y preparatoria, en tomo al uso y prioridad que éstos daban al entonces popular servicio de mensajería instantánea Messenger de Microsoft. Entre las denuncias se señaló el terrible efecto de dicha tecnología en los hábitos de redacción y ortografía de la mayoría de los usuarios. Unos meses más tarde, el joven tecnólogo fue aceptado por la FI UNAM, como miembro de la 50° generación, para estudiar la carrera Ingeniería en Computación.</p> <p>Durante el concierto “La Noche es Jazz en Cuemavaca”, antes que Fine Wine Trio, Isabel Tercero, Cipriano y Mitote Jazz se presentaron con temas de “Funklórico”. El álbum –grabado con la participación de una gran cantidad de músicos– es un conjunto de temas cuyos arreglos mezclan elementos de <i>jazz</i> y <i>blues</i> con música folklórica mexicana y de otras partes de Latinoamérica. Sobre el tema “Mitotesom”, el arte gráfico del álbum informa “Tuvimos el deleite de conocer el año pasado en México a nuestro padre que está en la tierra, Hermeto Pascoal<sup>000</sup>. Le tocamos al salir de Bellas Artes y nos invitó a cenar. Mientras cenábamos, ¡Hermeto nos compuso esta obra sobre el mantel de papel!” (Mitote Jazz, 2008)<sup>151</sup>.</p> <p>Por su parte, Agora lanzó “Silencio Acústico”. El álbum incluye grabaciones de dos presentaciones en vivo y fue distribuido en formato <i>enhanced</i> CD (Agora, 2008)<sup>152</sup>.</p>
	EE.UU.	<p>El primer dispositivo Android fue lanzado al mercado. Apple Inc. Lanzó AppStore, abriendo un canal para que cualquier desarrollador pueda vender <i>software</i> a millones de usuarios en el mundo. Además, Sun Microsystems, Inc. Adquirió MySQL (Ruvalcaba &amp; Galván, 2014)<sup>28</sup>.</p> <p>En el ambiente artístico, Julie Taymor dirigió la grabación de “<i>Across The Universe</i>”, un musical de cine cuyo guión incorpora treinta y cuatro composiciones musicales creadas por The Beatles (Taymor, 2008)<sup>153</sup>.</p>
	Francia	<p>Julien Daïan Quintet y DJ Borz grabaron juntos en Studio de Meudon el álbum “<i>French Paradox</i>” (Julien Daïan Quintet &amp; DJ Borz, 2009)<sup>154</sup>.</p>
	Italia	<p>Haciendo uso de instrumentos (incluyendo guitarra) con características del periodo Barroco, Il Bell’Accordo Ensemble grabó “<i>Trio Sonatas, Op. 12</i>” y “<i>Flute Sonatas No. 6 &amp; 9, Op. 14 &amp; 2</i>” de Carlo Tassarini da Rimini (Tassarini da Rimini, 2008)<sup>155</sup>.</p>
	Suiza	<p>Se realizaron grabaciones comerciales de la reunión de <i>Return To Forever</i> en el festival <i>jazz</i> de Montreux (Return To Forever, 2009)<sup>156</sup>.</p>
	Tierra	<p>La serie de videojuegos Guitar Hero superó los catorce millones de ventas (Yentob, 2008)<sup>25</sup>. Además, Facebook sobrepasó a MySpace como la red social más popular (Ruvalcaba &amp; Galván, 2014)<sup>28</sup>.</p>

<sup>000</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

2009	México	La Academia de Música del Palacio de Minería grabó una presentación musical en la Sala Nezahualcóyotl de la UNAM. Bajo la dirección de Carlos Miguel Prieto, Patricia Morales y Charles Hausmann; la Orquesta Sinfónica de Minería, los Niños y Jóvenes Cantores de la ENM y el Houston Symphony Chorus interpretaron “Elías, Op. 70” y “Obertura con trompetas, Op.101” de Felix Mendelssohn-Bartholdy (Mendelssohn-Bartholdy, 2009) <sup>157</sup> .
	EE.UU.	Google Inc lanzó su lenguaje de programación Go (Ruvalcaba & Galván, 2014) <sup>28</sup> .
	España	El proyecto Reactable entró en la fase de comercialización y desarrollo para varias plataformas, a cargo de la compañía Reactable Systems (Reactable Systems, 2015) <sup>158</sup> . En el ambiente artístico, el guitarrista de <i>rock</i> Jorge Salán grabó “Estatuas En La Calle/Directo Al Subsuelo”, una producción de audio y el vídeo de una de sus presentaciones en Madrid (Salán, 2010) <sup>159</sup> .
	Alemania	Bajo licencia de Kscope, Scarecrow Records produjo “Insurgentes” en sonido digital 2.0 y 5.1. El álbum –cuyo nombre está inspirado en la avenida más grande de la Ciudad de México– es el primer proyecto de Steven Wilson como solista (Steven Wilson, 2009) <sup>160</sup> .
	Australia	Karnivool grabó “ <i>Sound Awake</i> ” (Karnivool, 2009) <sup>161</sup> .
	Tierra	Bajo el principio fundamental de generar una economía que no dependa de la política, abierta e independiente, nació la red Bitcoin y se emitieron los primeros bitcoins. Se trata protocolo que define una red <i>Peer-to-Peer</i> (P2P) [punto a punto] la cual utiliza un sistema criptográfico para, sin necesidad de involucrar una institución financiera, hacer transferencias de dinero electrónico entre personas (Ruvalcaba & Galván, 2014) <sup>28</sup> .
2010	México	Inició la operación del centro de desarrollo de Oracle Corporation en Guadalajara, Jalisco (Ruvalcaba & Galván, 2014) <sup>28</sup> .
	EE.UU.	Oracle Corporation adquirió a Sun Microsystems, Inc. Por su parte, Apple Inc. Lanzó la primera generación de su tableta “inteligente”, iPad. Además, en agosto, las ventas mensuales de teléfonos Android superaron por primera vez a las de iPhone (Ruvalcaba & Galván, 2014) <sup>28</sup> .
	España	La súper computadora Iamus, proyecto de la Universidad de Málaga (UMA) para la composición algorítmica respetando las reglas de notación musical profesionales, produjo su primera obra musical (UMA, 2012) <sup>31</sup> .

2011	México	<p>El Gobierno Federal impuso a sus dependencias la implementación del Manual Administrativo de Aplicación General en materia de Tecnologías de Información y Comunicaciones y de Seguridad de la Información (MAAGTIC-SI) (Ruvalcaba &amp; Galván, 2014)<sup>28</sup>.</p> <p>En el ambiente artístico, Naftalina invitó a Sergio Emiliano Duque Vega a tocar durante sus dos presentaciones en la FI UNAM. En la primera, la banda celebró su trigésimo sexto aniversario y los miembros fueron galardonados con medallas conmemorativas de los cincuenta años del <i>rock and roll</i> mexicano (Mena, 2011)<sup>162</sup>.</p>
	EE.UU.	<p>En julio, la revista Communications [Comunicaciones] de la Association for Computing Machinery, Inc. (ACM) [Asociación para Maquinaria de Cómputo] dedicó su artículo principal a una crónica sobre la historia de la composición algorítmica, antes y después del cómputo digital (Edwards, 2011)<sup>24</sup>.</p> <p>Con el apoyo del ingeniero Rob Wechsler, Andy Timmons Band grabó “<i>Plays Sgt. Pepper</i>”. El álbum es un homenaje instrumental para trío de <i>rock</i> (guitarra eléctrica, bajo y batería) de “<i>Sgt. Pepper’s Lonely Hearts Club Band</i>”, grabado entre 1966 y 1967 por The Beatles, y galardonado en 1968 con el Grammy al “Mejor Álbum” (Andy Timmons Band, 2011)<sup>163</sup>.</p>

2012	México	<p>Durante la gira promocional de su álbum “<i>Grace For Drowning</i>” (Steven Wilson Band, 2011)<sup>164</sup>, Steven Wilson grabó su presentación en el teatro Metropolitano de la Ciudad de México (Steven Wilson Band, 2012)<sup>165</sup>. Además, Naftalina volvió a presentarse en la FI UNAM, al respecto se publicó</p> <p>“... Terminan con Comfortably Numb, también de Pink Floyd, en la que presentan la segunda sorpresa de la noche: invitan al excelente guitarrista Emiliano Duque, estudiante de ingeniería en computación, a intercambiar solos con Felipe Souza. El <i>encore</i> fue <i>Me siento Beethoven</i> con los Locos del Ritmo y Emiliano Duque” (Pineda, 2012)<sup>166</sup>.</p>
	EE.UU.	<p>La ACM publicó la última versión de su Computing Classification System (CCS) [Sistema de Clasificación de Cómputo], una estructura poli-jerárquica que busca ser una referencia ontológica sobre las distintas áreas y subáreas que integran el campo de la Computación, y que puede ser utilizada en aplicaciones de Web semántica (ACM, 2012)<sup>167</sup>.</p>
	Argentina	<p>En agosto, el equipo de Toma Tu Lugar grabó “Hogar Dulce Hogar”, álbum “dedicado única y exclusivamente al Dueño de la Casa”. Al respecto, el arte gráfico detalla: “La casa es la estructura física, el hogar es la esencia. Este proyecto tiene el fin de valorar la esencia de lo que somos, de los que tenemos y de los que construimos como individuos y como familia.</p> <p>La etimología ‘hogar’ proviene de ‘hoguera’ (fuego). Las familias primitivas se reunían alrededor de una hoguera para tener luz y calor. De ésta también deriva la palabra ‘enfoque’. Hogar es el fuego y el enfoque que une a las familias.</p> <p>¿Qué es lo que te apasiona?, ¿qué es lo que une a tu familia? La respuesta definirá los resultados que vas a tener en esta vida. Más allá de la música y todo lo artístico, la propuesta de esta producción es que todos alimentemos ese fuego que no se puede apagar” (Toma Tu Lugar, 2011)<sup>168</sup>.</p>
	RU	<p>La Raspberry Pi Foundation lanzó al mercado la Raspberry Pi, una computadora del tamaño de una tarjeta de crédito, con la intención de promocionar la enseñanza de ciencias de la computación en escuelas (Ruvalcaba &amp; Galván, 2014)<sup>28</sup>.</p>
	España	<p>Sergio Emiliano Duque Vega realizó una estancia de movilidad estudiantil en la Facultad de Informática de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (FI UPV/EHU) para cursar materias pertenecientes a las áreas de Redes de Datos y Seguridad Informática. Durante aquel verano en <i>Donosti</i> [San Sebastián], conoció a The Turbans, quienes le dedicaron una copia de su grabación “<i>Arambol 2012</i>” (The Turbans, 2012)<sup>169</sup>.</p> <p>Además, en la apertura de los actos conmemorativos del centenario de Alan Turing, en la UMA se estrenaron cuatro composiciones de Iamus. Para ese entonces, intérpretes profesionales como la London Symphony Orchestra ya habían grabado otras obras de este compositor no humano (UMA, 2012)<sup>31</sup>.</p>
	Noruega	<p>Circus Maximus lanzó su álbum “<i>Nine</i>” en formato de <i>enhanced</i> CD (Circus Maximus, 2012)<sup>170</sup>.</p>
	Tierra	<p>Android superó las mil millones de activaciones (Ruvalcaba &amp; Galván, 2014)<sup>28</sup>.</p>

2013	México	<p>En materia política, el Ejecutivo Federal presentó con apoyo de las principales fuerzas políticas del país una iniciativa de reforma en materia de telecomunicación y radiodifusión pública. El hecho generó gran rechazo por parte de los internautas mexicanos.</p> <p>En el ambiente artístico, con apoyo de CONACULTA y del Fondo Nacional para la Cultura y las Artes (FONCA), Ariel Guzik publicó “Máquinas”. Sobre las investigaciones que hicieron posible la realización de esta obra, el arte gráfico informa: “Fundamentado en la física clásica e inspirado en la ciencia ficción, el Laboratorio de Investigación en Resonancia y Expresión de la Naturaleza (LIREN) explora de manera libre, desde hace más de 25 años, los fenómenos de la resonancia, la mecánica, la electricidad y el magnetismo como fundamentos para la invención de mecanismos que dan voz a la naturaleza a través de la música. Es un espacio creado para expandir la percepción del universo mediante mecanismos de resonancia que conlleven a la ensoñación y al cuidado de la tierra y sus criaturas. El trabajo de investigación del Laboratorio refleja una íntima necesidad de propiciar el encantamiento del mundo, preservar misterios en lugar de descifrarlos y privilegiar la percepción de los acontecimientos naturales desde los sentidos, la fascinación y la fantasía” (Guzik, 2013)<sup>57</sup>.</p> <p>En materia fonográfica, Felipe Souza<sup>PPP</sup> estrenó su primer álbum solista “Blues Alzado Urgente” (Souza, 2013)<sup>171</sup> en el Foro del Tejedor de la Ciudad de México. Por su parte, PRODISC distribuyó la presentación de Armando Anthony “Chick” Corea –pianista de jazz galardonado con el Grammy en repetidas ocasiones– y Bobby McFerrin en el Blue Note New York (Chick Corea &amp; Bobby McFerrin, 2012)<sup>172</sup>. Se publicó un tributo del álbum “Dark Side Of The Moon” de Pink Floyd, grabado por célebres músicos de la escena del rock (Pink Floyd, 2013)<sup>173</sup>. Además, bajo licencia de Kscope, Scarecrow Records produjo “The Raven That Refused To Sing (And Other Stories)” (Steven Wilson Band, 2013)<sup>174</sup>. El álbum, tercer proyecto de Steven Wilson como solista, cuenta con la participación de Guthrie Govan<sup>q9q</sup>.</p>
	EE.UU.	Dave Smith recibió el Grammy técnico en reconocimiento a su rol en el desarrollo de MIDI (Dave Smith Instruments, 2015) <sup>84</sup> .
	Australia	Daft Punk realizó el debut de su álbum “Random Acces Memories” (Daft Punk, 2013) <sup>175</sup> , ganador de tres premios Grammy y señalado por la IFPI como el décimo álbum más vendido en el mundo durante el 2013, el de mayor número de preventas en iTunes hasta ese momento y el más reproducido a través del servicio Spotify (IFPI, 2015) <sup>17</sup> .

<sup>PPP</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>q9q</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.



2014	México	<p>En el ambiente político, el Congreso aprobó las nuevas Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión y Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano (SEGOB, 2014)<sup>53</sup>. Desde su propuesta, Richard Stallman, Jacob Appelbaum, así como personal de La Quadrature du Net y la Electric Frontier Foundation, entre otros, se proclamaron en su contra (#DEFENDERINTERNET, 2014)<sup>52</sup>.</p> <p>En el ambiente artístico, Gabriel Sánchez impartió un taller en el CM CENART sobre una tecnología musical de su autoría, Scripthica, un ambiente Web para la composición algorítmica (en LISP y Java Script).</p> <p>En el ambiente académico, Irving Wladawsky-Berger ofreció una conferencia magistral en computación, gestionada por la Maestría en Ciencias de la Computación del ITAM (Wladawsky Berger, 2014)<sup>27</sup>.</p> <p>En el ambiente tecnológico, TELMEX organizó y promovió la Aldea Digital Telcel 4GLTE – Infinitum en el zócalo de la Ciudad de México (TELMEX, 2015)<sup>49</sup>. Por su lado, la Fonoteca Nacional fue sede del sexto Seminario Internacional de Archivos Sonoros y Audiovisuales (SEP y CONACULTA, 2014B)<sup>50</sup>. Cristobal Miguel García Jaimes<sup>III</sup>, un joven de diecinueve años, logró construir el primer acelerador de partículas miniatura en el mundo. Con mil pesos mexicanos, materiales reciclados de la basura y el apoyo de los investigadores del Instituto de Física de la UNAM (IF UNAM), este joven de origen cuiclateca desarrolló su proyecto (DGCS UNAM, 2015)<sup>176</sup>.</p> <p>En el ambiente empresarial, el gerente de ventas de Brocade en Latinoamérica presentó a sus aliados comerciales las tecnologías Software Defined Networking (SDN) [Redes Definidas por <i>Software</i>] y Network Functions Virtualization (NFV) [Virtualización de Funciones de Red].</p>
	EUA	<p>El proyecto Neurogrid de Stanford University entró en la fase de recaudación para la creación de un compilador. Éste se utilizará para poder programar una tarjeta del tamaño y con el consumo energético de un iPad, que con dieciséis <i>chips</i> es capaz de simular un millón de neuronas y billones de conexiones sinápticas (Abate, 2014)<sup>177</sup>.</p>
	Alemania	<p>Kscope produjo “<i>Cover Version</i>”. El álbum compila los sencillos grabados por Steven Wilson entre 2003 y 2010, interpretando temas propios y de otros compositores. Al respecto, Wilson comentó “éstas fueron las primeras grabaciones que lancé bajo mi propio nombre, pero a diferencia de mis álbumes posteriores como solista, los cuales contaron con tiempo considerable, los sencillos de <i>Cover Version</i> fueron “rápidos y sucios”, usualmente grabados en pocas horas y promovidos y lanzados casi de inmediato, con poco tiempo para reflexionar o analizar lo que había hecho... Así que aquí están compiladas todas en un solo volumen, los primeros pasos en mi carrera artística como solista” (Steven Wilson, 2014)<sup>178</sup>.</p>
	Brasil	<p>El Comité Gestor de Internet apoyó financieramente una estrategia (en portugués y español) para fomentar la participación de tecnólogos en el Internet Engineering Task Force (IETF), cuya misión es la de mejorar el funcionamiento de Internet mediante la producción de estándares de alta calidad y documentos técnicos relevantes que tengan una influencia en la manera en que la gente lo diseña, usa y maneja (Braga, Zambenedetti Granville, O’Flaherty, &amp; Marcos Moreiras, 2014)<sup>179</sup>.</p>

<sup>III</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

2015	México	<p>Carlos Santana y su banda ofrecieron, con la participación del tecladista Greg Rolley, un concierto gratuito en la Avenida Reforma de la Ciudad de México. Al pie del monumento a la Independencia, los músicos tocaron para un aproximado de setenta mil personas. A la mitad del evento, el guitarrista detuvo la música para hacer una oración con los ojos cerrados.</p> <p>“México, México, México, México, México, México, México...” ríe alegremente al escuchar eco en su público y continúa “Así es como quiere Dios: juntos, unidos, en armonía... Con compasión, con compasión...”</p> <p>En YouTube existe un vídeo con duración cercana a los 40[<i>min</i>], que confirma este hecho. También contiene la respuesta de Santana después de que su oración fuese interrumpida por un asistente que le gritó “¿Por qué nos olvidas, carnal?”<sup>sss</sup></p>
	EE.UU.	<p>Según Wikipedia (en Inglés), el complejo de física experimental y observatorio de gran escala, Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) logró la primera detección de las llamadas “ondas gravitacionales”. El suceso fue publicado un año después como una confirmación a la predicción del fenómeno realizada por Albert Einstein, célebre científico considerado como uno de los padres de la física moderna<sup>ttt</sup>.</p>
	Francia	<p>Según Wikipedia (en Inglés), durante la COP 21, por primera vez todos los países miembros de la ONU firmaron un pacto para reducir las emisiones de carbono<sup>uuu</sup>.</p>
2016	México	<p>Antonio Sánchez &amp; Migration Band se volvieron a presentar en el Teatro Ocampo de Cuemavaca para promocionar su grabación “The Meridians Suite”. Como composición, la obra fue estrenada por los mismos músicos un año antes en aquel ese mismo recinto. Previo a ello, el baterista ofreció una clínica donde el autor de esta investigación le preguntó sobre su experiencia utilizando <i>software</i> libre para componer música. En aquel encuentro, Sánchez manifestó su interés en ese tipo de tecnología pese a no contar con experiencias empíricas. También compartió que recientemente había estado trabajado en producir audio que incorpora grabaciones de batería acústica, acompañadas por sintetizadores que producen armonías y texturas sonoras, como una nueva forma de orquestar sus composiciones.</p>
	EE.UU.	<p>La ACM publicó un libro sobre el legado de Ada Lovelance<sup>vvv</sup> en la programación de computadoras, la literatura, el arte, la cultura popular, la teorías sobre la sociedad, así como las culturas de cómputo (Hammerman &amp; Russell, 2016)<sup>180</sup>.</p>
	Tierra	<p>Según Wikipedia (en Inglés), los niveles globales de CO<sub>2</sub> superaron 400 partes por millón durante una época del año que se asocia con niveles bajos. Se cree que esta concentración es la más alta experimentada en la historia humana<sup>www</sup>.</p>

Nota: Elaboración del autor con base en las referencias señaladas

<sup>sss</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

<sup>ttt</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

<sup>uuu</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

<sup>vvv</sup>Vea referencias en el Apéndice B: Tabla de personalidades.

<sup>www</sup>Última vez consultado el 8 de Mayo de 2017.

**B: Personajes destacados en los ámbitos de la tecnología y la música**

**Tabla No. 1**  
**Personajes destacados**

Personalidad	Año de nacimiento – Año de muerte	País	Breve descripción
Johann Sebastian Bach	1685 – 1750	Alemania	Intérprete multi-instrumentista virtuoso, compositor prolífico y miembro de una de las más grandes familias de músicos de las que se tiene conocimiento. Es considerado uno de los genios musicales más grandes de la humanidad. Su obra ha inspirado a gran cantidad de artistas, como Wolfgang Amadeus Mozart, Ludwig van Beethoven, Felix Mendelssohn-Bartholdy, Yngwie Malmsteen, por mencionar algunos. Gracias a ésta, el sistema temperado logró difundirse hasta consolidarse como el sistema musical más utilizado en todo el mundo.
Wolfgang Amadeus Mozart	1756 – 1791	Austria	Pianista prodigio y compositor prolífico, considerado uno de los genios musicales más grandes de la humanidad. Hijo de un violinista y experimentado maestro de música, desde la infancia sorprendió a las cortes europeas con su extraordinario talento.
Augusta Ada King-Noel	1815 – 1852	RU	Conocida como Ada Love Lance, fue una poetisa y matemática a la que se le suele atribuir la invención del primer algoritmo para ser ejecutado por una máquina, el ingenio analítico de Charles Babbage. Se le considera una precursora importante de la era digital, y se le reconoce haber predicho el uso de máquinas para la creación musical como resultado de la unión entre la ciencia y el arte.
Melesio Morales	1839 – 1908	México	Miembro fundador del Conservatorio Nacional de Música que realizó estudios en Europa. Es considerado uno de los más importantes compositores de su país en el siglo XIX, destacando por la incorporación de sonidos del ambiente industrial a sus obras musicales.
Thomas Alva Edison	1847 – 1931	EE.UU.	Inventor y empresario cuyos productos (de manufactura industrial) sentaron las bases de la vida moderna. Se le atribuyen dos mil trescientos treinta y dos patentes alrededor del mundo, mil noventa y tres de las cuales obtuvo en EE.UU., con aportaciones en las Telecomunicaciones, la Química, las artes, entre otras áreas.

William Christopher Handy	1873 – 1958	EE.UU.	Compositor y músico de <i>blues</i> , considerado uno de los compositores más influyentes de su país, al que se le otorgó el título “ <i>The Father of the Blues</i> ” [El Padre del Blues].
Julián Carrillo Trujillo	1875 – 1965	México	Violinista virtuoso, director de orquesta, compositor, diseñador y constructor de instrumentos, reconocido en el mundo por ser un importante pionero del microtonalismo a través de su sistema musical llamado “Sonido 13” (por cuyas investigaciones, en 1950, fue nominado al Premio Nobel de Física). Entre sus logros, se le reconoce la dirección del Conservatorio Nacional de Música y de la Orquesta Sinfónica Nacional de México, además de haber sido condecorado con la Legión de Honor francesa y la Cruz Federal al Mérito alemana.
Joseph Alois Schumpeter	1883 – 1950	Austria – EE.UU.	Economista por la Universität Wien y catedrático de Harvard University, destacado por sus investigaciones sobre el ciclo económico y sus teorías sobre el papel del empresario en la innovación que determinan el aumento y la disminución de la prosperidad.
Emilio Azcárraga Vidaurreta	1895 – 1972	México	Empresario de las Telecomunicaciones que realizó estudios sobre negocios y Economía en la St. Edward’s University. Su interés en los sistema de radio y televisión le permitieron sentar las bases de Televisa, uno de los principales participantes en la industria del entretenimiento a nivel mundial.
Carlos Antonio de Padua Chávez y Ramírez	1899 – 1978	México	Pianista virtuoso, director de orquesta, compositor y periodista. Es reconocido por su labor artística, pedagógica, política, de rescate folklórico y considerado un pionero de la música electrónica en el mundo.
Silvestre Revueltas Sánchez	1899 – 1940	México	Violinista virtuoso, director de orquesta y compositor. Es reconocido como un pionero en la música para cine. El interés musicológico entomo a la originalidad de su obra cobró fuerza décadas después de su muerte, señal de que fue una mente adelantada a su época. Fue el menor de una familia de artistas con ideales de izquierda, y un auto-declarado inconformista con respecto al desarrollo artístico, cultural y político de su país.

Grace Murray Hopper	1906 – 1992	EE.UU.	Matemática y física de Yale University. Fue una de las primeras programadoras de la computadora Harvard Mark I y se le considera la inventora del primer compilador para un lenguaje de programación. Propularizó la idea de los lenguajes de programación independientes a la arquitectura física de los sistemas, lo cual condujo al desarrollo de COBOL, uno de los primeros lenguajes de programación de alto nivel.
Pierre Henri Marie Schaeffer	1910 – 1995	Francia	Ingeniero, radiodifusor, escritor, experto en acústica, musicólogo y compositor. Reconocido en el mundo por sus logros en electrónica y música experimental, al desarrollar una forma única conocida como “música concreta”. Se le considera el primer compositor en recurrir a técnicas de grabación y <i>sampling</i> , utilizadas hoy en día por casi todas las compañías disqueras del mundo.
Alan Mathison Turing	1912 – 1954	RU	Matemático por King’s College y PhD. En Matemáticas por Princeton University. Es considerado el padre de las Ciencias de la Computación y la Inteligencia Artificial. Su trabajo criptográfico fue decisivo para que los Aliados pudiesen vencer al régimen Nazi durante la Segunda Guerra Mundial.
Hedwig Eva Maria Kiesler	1914 – 2000	Austria – EE.UU.	Mejor conocida como Hedy Lamarr, fue una actriz e inventora cuya contribución fue de suma importancia para el desarrollo de las telecomunicaciones inalámbricas. Con ayuda de un compositor diseñó un sistema de comunicación militar que utilizaba una versión temprana del método de saltos en frecuencia.
Lester William Polsfuss	1915 – 2009	EE.UU.	Guitarrista virtuoso, compositor prolífico, laudero e inventor. Considerado uno de los pioneros en el uso de la guitarra eléctrica de cuerpo sólido y diferentes técnicas de grabación y radiodifusión, es miembro del Grammy Hall of Fame [Salón de la Fama del Grammy]. Su legado es tan grande que cuenta con una exhibición permanente en el Rock and Roll Hall of Fame [Salón de la Fama del Rock and Roll], y también forma parte del National Inventors Hall of Fame [Salón de la Fama de los Inventores Nacionales]. Antes de morir, estableció la Les Paul Foundation [Fundación Les Paul], cuya misión es honrar y compartir la vida, el espíritu y el legado del guitarrista a través del apoyo a la educación musical, la ingeniería, la innovación y la investigación médica.

Joan Elisabeth Lowther Murray	1917 – 1996	RU	Mejor conocida como Joan Clarke, fue una criptoanalista y numismática que participó en el equipo liderado por Alan Turing para poder romper el sistema Enigma, mediante el cual se cifraban todas las comunicaciones del régimen Nazi.
David Warren Brubeck	1920 – 2012	EE.UU.	Pianista, compositor y músico de estudio prolífico. Su obra incluye música sacra, así como música para orquesta y para televisión. Es considerado uno de los mayores exponentes de <i>jazz</i> después de la Segunda Guerra Mundial, y ha recibido reconocimientos como: la Medalla Nacional de Artes, un Ph. D. honoris causa en Música de la George Washington University, entre otros.
Riley B. King	1925 – 2015	EE.UU.	Guitarrista virtuoso, cantante, compositor prolífico y miembro de: el Blues Hall of Fame [Salón de la Fama del Blues], el Rock and Roll Hall of Fame y el Grammy Hall of Fame. Es considerado uno de los artistas de <i>blues</i> más influyentes, razón por la cual ha tocado en escenarios de todo mundo y ha sido galardonado con: la Medalla Nacional de Artes, la Medalla Presidencial de la Libertad, Ph.D. en Música por la Yale University, entre otros reconocimientos. Además, tiene estrecha relación con diferentes fabricantes de tecnología musical.
The Carter Family	1927 – 1956	EE.UU.	Primera agrupación de cantantes de <i>country</i> en alcanzar la fama, logrando un profundo impacto en géneros musicales de su país como el <i>bluegrass</i> y el <i>gospel</i> . La guitarrista, Maybelle Addington Carter, es considerada una pionera en el uso de la guitarra como instrumento principal en lugar del banjo.
Karlheinz Stockhausen	1928 – 2007	Alemania	Pedagogo musical y pianista por el Hochschule für Musik Köln, y musicólogo, filósofo y germanista por la University of Cologne. Además, realizó estudios de fonética, acústica y teoría de la información con Werner Meyer-Eppler en la University of Bonn. Fue un compositor serialista, reconocido por sus avances en música electrónica y aleatoria, cuya obra ha influenciado a músicos como: Miles Davis, Charles Mingus, Herbie Hancock, The Beatles, Frank Zappa, Pete Townshend, Rick Wright, Roger Waters, Kraftwerk, Björk, entre otros. Incluso después de su muerte, ha sido galardonado por gran cantidad de sociedades musicales, instituciones educativas y gobiernos.

Gordon E. Moore	1929 –	EE.UU.	B.S. en Química por la University of California, Ph. D. en Fisicoquímica por el California Institute of Technology, empresario y cofundador de Intel.
Hermeto Pascoal	1936 –	Brasil	Intérprete multi-instrumentista virtuoso, compositor, arreglista y productor musical prolífico. Es considerado uno de los músicos más importantes de su país, alcanzando el reconocimiento y admiración de artistas como Miles Davis y Mitote Jazz. A lo largo de su carrera ha destacado por su habilidad para orquestar e improvisar, así como por la utilización de un sistema musical propio, al cual denomina “Música Universal”. Dentro de su obra llama la atención “ <i>Calendario Do Som</i> ” [Calendario Del Sonido], un total de trescientos sesenta y seis temas (uno para cada día de un año bisiesto), compuestos con la finalidad de dedicar una canción a cada persona en su cumpleaños.
Lynn Conway	1938 –	EE.UU.	Es una pionera de los circuitos integrados por sus investigaciones en microelectrónica y automatización, mediante las cuales se impulsó una reestructuración de la educación académica para el desarrollo de la tecnología VLSI, fundamental en el diseño de microprocesadores. Su trabajo en el proyecto DARPA en relación a la red ARPANET, es considerado por expertos en IA como un importante avance en el desarrollo de los sistemas especializados y la ingeniería del saber.
Barbara Liskov	1939 –	EE.UU.	Matemática por University of California, Berkeley y Ph.D. en Ciencias de la Computación por Standford University, una de las primeras mujeres de su país en realizar un doctorado en su área de estudio. Se le considera una experta en la programación orientada a objetos y los sistemas distribuidos, por lo que en 2004 se le condecoró con la medalla John von Newman. Actualmente trabaja como líder del Programming Methodology Group en el MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory
Carlos Slim Helú	1940 –	México	Ingeniero Civil por la FI UNAM que a sus veinticinco años logró sentar las bases de lo que hoy se conoce como Grupo Carso, uno de los conglomerados más grandes del mundo. El gran impulso a su poderío económico lo recibió en 1990, al adquirir TELMEX, en sociedad con SBC y France Telecom. Desde entonces ocupa un liderazgo en materia de telecomunicaciones a nivel Latinoamérica.

Silvia Torres Castilleja	1940 –	México	Licenciada en Física por la UNAM y Doctorada en Astronomía por la UC Berkeley. Se le reconoce como la primera persona de nacionalidad mexicana en obtener un doctorado en Astronomía, y fue electa presidenta de la Unión Astronómica Internacional (IAU) para el periodo de 2015 a 2018. Además de sus labores científicas, es la coordinadora del CAACFMI UNAM.
David Cope	1941 –	EE.UU.	Compositor y científico. Actualmente es catedrático de música en la University of California, campus Santa Cruz. Se dedica a la investigación de música algorítmica a través de sistemas inteligentes.
Baltasar Mena Iniesta	1942 –	España – México	Ingeniero Mecánico-Electricista por la FI UNAM, con una especialidad en Hidráulica por la ENSEEIHT, maestro y PhD. En Mecánica de Fluidos por la Brown University, y cuenta con estudios de posdoctorado en la University of Wales y la University of Manchester. Es considerado un pionero de la reología y el <i>rock &amp; roll</i> en México, logrando reconocimientos por parte del Estado Presidencial mexicano, la UNESCO, entre otros. Actualmente toca con músicos como Federico Arana, Javier Flores, Fernando Vahauks, Felipe Souza, Federico Luna, presentándose como Naftalina.
James Marshall Hendrix	1942 – 1970	EE.UU.	Conocido artísticamente como Jimi Hendrix, es reconocido como uno de los más influyentes guitarristas eléctricos de todos los tiempos. Alcanzó fama internacional gracias a su participación en festivales como Monterey Pop, donde realizó la legendaria quema de una de sus guitarras después de un solo; y Woodstock, donde fue la figura culminante y mejor pagada en la escena del <i>rock</i> .
Jean-Luc Ponty	1942 –	Francia	Violinista por el Conservatoire National Supérieur de Musique de París y compositor prolífico. Su obra, en la que ha utilizado sintetizadores e instrumentos digitales, lo consolida como un reconocido intérprete <i>jazz</i> y <i>rock</i> . A lo largo de su carrera ha colaborado con músicos como: Mahavishnu Orchestra, Frank Zappa, Al Di Meola, Stanley Clarke, John McLaughlin, Elton John, Béla Fleck, Allan Holdsworth, Return To Forever, Chick Corea, entre otros.



Mario Lavista Camacho	1943 –	México	Compositor por el Conservatorio Nacional de Música, donde fue alumno de Carlos Chávez y Héctor Quintanar. También realizó estudios con Jean-Étienne Marie en la Schola Cantorum de París, y tomó cursos con Karlheinz Stockhausen, entre otros notables logros académicos. Ha sido galardonado con: el Premio Nacional de Ciencias y Artes (en el área de Bellas Artes), la medalla Mozart, el premio SGAE, entre otros reconocimientos, y es miembro honorario del Seminario de Cultura Mexicana.
George Benson	1943 –	EE.UU.	Guitarrista virtuoso y cantante. A lo largo de su carrera ha ganado diez premios Grammy. Es uno de los artistas de <i>jazz</i> más influyentes, razón por la cual ha tocado en escenarios de todo mundo y colaborado con músicos como Carlos Santana, Wynton Marsalis, entre otros. Además, tiene estrecha relación con diferentes fabricantes de tecnología musical.
Eric Patrick Clapton	1945 –	RU	Guitarrista virtuoso, compositor prolífico, ganador de 18 premios Grammy y único miembro del Rock and Roll Hall of Fame con tres inducciones. A lo largo de su carrera ha colaborado con músicos como: B.B. King, Carlos Santana, Mark Knopfler, George Harrison, Stevie Ray Vaughan, Buddy Guy, Jimmie Vaughan, Robert Cray, John Mayer, Sting, Phil Collins, Steve Gadd, entre otros. Además, tiene estrecha relación con diferentes fabricantes de tecnología musical.
Richard Wright	1946 –	EE.UU. – RU	Ingeniero de Procesamiento de Señales, con Doctorado de la University of Southampton. Hasta diciembre de 2011, fue el especialista en preservación de archivos en el Departamento de Investigación y Desarrollo de la BBC en Londres. Ha trabajado en el campo del audio y vídeo digital desde hace más de cuarenta años y ha participado en diversos proyectos con colecciones audiovisuales en Europa. Desarrolló la Guía de Preservación <a href="http://wiki.prestospace.org/">http://wiki.prestospace.org/</a> , un número uno en Google, que cubre la preservación audiovisual.
Ricardo Ruiz Boullosa	1946 –	México	Ricardo Ruiz Boullosa fue el responsable del diseño y supervisión de la construcción del Laboratorio de Acústica y Vibraciones del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET UNAM), donde se han realizado diferentes investigaciones relacionadas con la guitarra. Es de los primeros profesores del posgrado en tecnología musical de la FaM UNAM.

Carlos Humberto Santana Barragán	1947 –	México – EE.UU.	<p>Guitarrista virtuoso, compositor prolífico y ganador de diez premios Grammy y tres premios Grammy Latino. Es considerado un pionero en la fusión de <i>rock</i> con música latinoamericana y afrocubana. Hijo de un músico de mariachi, debutó con su banda en el Woodstock Music and Art Fair in Bethel de Nueva York. Desde entonces, ha gozado de una fructífera carrera que lo ha llevado por escenarios de todo el mundo y le ha permitido relacionarse con múltiples fabricantes de tecnología musical.</p> <p>En 1998, con ayuda de su familia estableció The Milagro Foundation [Fundación Milagro], cuya misión es el apoyo a organizaciones que trabajan con niños en las áreas de Educación, Salud y Artes.</p>
Richard Stallman	1953 –	EE.UU.	<p><i>Magna Cum Laude</i> AB en Física por Harvard University, Ph. D. en Física por el Massachusetts Institute of Technology, programador, hacker, activista por la libertad del <i>software</i> y poseedor de más de diez doctorados <i>honoris causa</i> y diferentes galardones.</p> <p>Entre sus proyectos destacan: el GNU Project, la Free Software Foundation [Fundación para el Software Libre] y la League For Programming Freedom [Liga para la Liberad de la Programación].</p>
Amira Arratia	1953 –	Chile	<p>Bibliotecaria de la Universidad de Chile y jefa del Centro de Documentación de Televisión Nacional de Chile desde 1976; actualmente encabeza el proyecto de digitalización de sus archivos audiovisuales. En 1979 ingresó a la Federación Intemacional de Archivos de Televisión FIAT/IFTA y en 2004 fue elegida delegada latinoamericana. En 1998 organizó el Primer Seminario Latinoamericano Audiovisual (Archives in Latin America). Ha participado en seminarios y talleres en Europa y en América Latina.</p>
Edward Lodewijk Van Halen	1955 –	Holanda – EE.UU.	<p>Guitarrista y pianista virtuoso, compositor y productor musical. Es considerado uno de los guitarristas de <i>rock</i> más influyentes en el siglo XX. También tiene conocimiento y práctica como laudero. Su experiencia modificando y creando guitarras le ha permitido colaborar con diferentes fabricantes de tecnología musical.</p>

Joseph Satriani	1956 –	EE.UU.	<p>Guitarrista virtuoso y compositor prolífico. Su obra incluye fusiones de géneros musicales electrónicos grabadas con guitarra y sintetizadores.</p> <p>A lo largo de su carrera ha colaborado con músicos como: Mick Jagger, Deep Purple, Steve Lukather, John Petrucci, Eric Johnson, Yngwie Malmsteen, Brian May, Paul Gilbert, Steve Morse, Robert Fripp, Sammy Hagar, Michael Anthony, Stuart Hamm, Bryan Beller, Chad Smith, Simon Phillips, Marco Minnemann, entre otros.</p> <p>Su dominio del instrumento es reconocido por el gran número de técnicas de ejecución que es capaz de utilizar, así como por su experiencia como docente. Entre sus alumnos destacan: Steve Vai, Andy Timmons, Larry LaLonde, Charlie Hunter, Alex Skolnick, Kirk Lee Hammett, Reb Beach, entre otros.</p> <p>Además, tiene estrecha relación con diferentes fabricantes de tecnología musical.</p>
Steven Lee Lukather	1957 –	EE.UU.	<p>Guitarrista virtuoso, compositor, arreglista y músico de estudio prolífico. Ha ganado 5 premios Grammy.</p> <p>A lo largo de su carrera ha colaborado con músicos como: George Harrison, Larry Carlton, George Benson, Eddie Van Halen, Steve Vai, Joe Satriani, Lee Ritenour, Slash, Andy McKee, Michael Jackson, Derek Sherinian, Ringo Starr, Gregg Bissonette, Toto, El Grupo, entre otros.</p> <p>Además, tiene estrecha relación con diferentes fabricantes de tecnología musical.</p>
Steven Siro Vai	1960 –	EE.UU.	<p>Guitarrista virtuoso, compositor y productor musical prolífico, ganador de tres premios Grammy. Su obra incluye música para videojuegos, cine y orquesta sinfónica.</p> <p>A lo largo de su carrera ha colaborado con músicos como: Frank Zappa, Joe Satriani, Eric Johnson, Yngwie Malmsteen, Dave Weiner, Tony MacAlpine, Andy Timmons, Paul Gilbert, John Petrucci, Billy Sheehan, Orinathi Panagaris, Bryan Beller, David Lee Roth, Devin Townsend, Gregg Bissonette, Virgil Donati, Terry Bozzio, Mike Mangini, Jeremy Colson, entre otros.</p> <p>También cuenta con experiencia docente a través del sistema Web Berklee Online y organizando campamentos de intercambio artístico y de información entre guitarristas que trabajan de forma independiente. Además, tiene estrecha relación con diferentes fabricantes de tecnología musical.</p>

Jaron Lanier	1960 –	EE.UU.	Matemático por la New Mexico State University, galardonado por la National Science Foundation, experto en informática, pionero en el área de la realidad virtual, músico, artista gráfico y escritor. Su revelador manifiesto tecnológico “ <i>Your not a gadget</i> ” [Contra el rebaño digital], publicado en 2010, fue calificado por el New York Times como: “Imprescindible para entender como la Red y el <i>software</i> que usamos cada día remodelan la cultura y el mercado”.
Sergi Jordà Puig	1961 –	España	Físico por la Universitat de Barcelona, músico, diseñador de instrumentos digitales y profesor que trabaja como investigador y coordinador del área de Sistemas Interactivos en el MTG UPF de Barcelona.
David Howell Evans	1961 –	Irlanda	Conocido artísticamente como The Edge, es guitarrista de U2. En total, han ganado veintidós premios Grammy, record que no ha sido superado por otra banda de <i>rock</i> . Su estilo minimalista y texturizado se ha basado en procesar el sonido de su instrumento utilizando una gran cantidad de tecnologías, ganando respeto y admiración como un maestro de los efectos <i>delay</i> y <i>echo</i> . Además, se ha asociado con una inmensa cantidad de músicos y grandes proyectos de filantropía.
Victor Lemonte Wooten	1964 –	EE.UU.	Bajista virtuoso, compositor y productor musical prolífico, ganador de cinco premios Grammy. Es el menor de una familia de músicos, cuyas habilidades le han permitido realizar giras artísticas profesionales desde la infancia. A lo largo de su carrera ha colaborado con músicos como: Greg Howe, Mike Stem, Béla Fleck, Anthony Wellington, Stanley Clarke, Marcus Miller, Jeff Coffin, Karlton Taylor, Sandra Williams, Derico Watson, Dennis Chambers, entre otros. También cuenta con experiencia como escritor y docente, organizando campamentos para bajistas que desean tener un mayor contacto con la Música y la Naturaleza. Además, tiene estrecha relación con diferentes fabricantes de tecnología musical.
Felipe Souza	1965 –	México	Guitarrista de <i>blues</i> y <i>rock</i> reconocido por su colaboración con músicos y bandas como Bla, Bla, Bla, El Tri, Naftalina, Guillermo Brisello y Betsy Pecannis, entre otros. Además, mantiene estrecha relación con diferentes empresas de tecnología musical, como Ibanez, Farida, Laney, BOSS, Electro-Harmonix y Jimmy Wess.

Steven John Wilson	1967 –	RU	<p>Intérprete multi-instrumentista, compositor y productor musical prolífico. Su obra se caracteriza por fusiones musicales mediante el uso de instrumentos digitales y técnicas de procesamiento de sonido.</p> <p>A lo largo de su carrera ha colaborado con músicos como: Guthrie Govan, Nick Beggs, Tony Levin, Jordan Rudess, Adam Holzman, Theo Travis, Tim Bowness, Marco Minnemann, Alan Parsons, Dream Theater, Porcupine Tree, Opeth, entre otros.</p> <p>Además, tiene estrecha relación con diferentes fabricantes de tecnología música.</p>
Raúl Alejandro Escajadillo Peña	1969 –	México	<p>Pianista autodidacta, compositor, arreglista y productor musical prolífico. Su obra incluye música para cine, televisión, animaciones y orquesta sinfónica.</p> <p>Artísticamente es conocido como Aleks Syntek y es reconocido como uno de los pioneros en el uso de sintetizadores e instrumentos digitales para la producción de música popular en su país.</p> <p>A lo largo de su carrera ha colaborado con músicos como: Michel Rojkind, León Chiprut, Alfredo Martínez, Ray Manzarek, Armando Manzanero, Plácido Domingo, Alondra de la Parra y la Orquesta Filarmónica de las Américas, Alan Parsons, entre otros.</p> <p>Además, tiene relación con fabricantes de tecnología musical y de información, como Yamaha e Intel.</p>
Guthrie Govan	1971 –	RU	<p>Guitarrista virtuoso y compositor que alcanzó la fama internacional gracias a las grabaciones que existen de él en YouTube.</p> <p>A lo largo de su carrera ha colaborado con músicos como: Steven Wilson, Alex Hutchings, Richie Kotzen, Paul Gilbert, Michael Angelo Batio, Lee Ritenour, Bryan Beller, Nick Beggs, Adam Holzman, Zak Barrett, Theo Travis, Pete Riley, Marco Minnemann, Asia, GPS, entre otros.</p> <p>Su dominio del instrumento es reconocido gracias al gran número de técnicas de ejecución que es capaz de utilizar, así como por su experiencia como transcriptor musical y docente.</p> <p>Además, tiene estrecha relación con diferentes fabricantes de tecnología musical.</p>

<i>Daft Punk</i>	1993 –	Francia	Dúo de música electrónica formado por los músicos Guy-Manuel de Homem-Christo y Thomas Bangalter, cuya propuesta artística los ha dado a conocer alrededor del mundo como robots que componen música y la asocian a componentes visuales. Durante su carrera han ganado siete premios Grammy y colaborado con empresas fonográficas, cinematográficas y de animación.
Cristobal Miguel García Jaimes	1995 –	México	Joven prodigio proveniente de un pueblo indígena del Estado de Guerrero, que ha destacado por su interés y conocimiento científico en el área de la Física. Es cofundador y dirigente de la Fundación Ciencia Sin Fronteras, que busca promover la ciencia entre jóvenes talento, preferentemente indígenas y/o de bajos recursos económicos.
Dave Smith	19?? –	EE.UU.	Ingeniero Electrónico y Computólogo por la UC Berkeley, miembro de la AES desde 1987, desarrollador y empresario de tecnología musical con participación en empresas como Sequential Circuits, Yamaha, Korg, Seer Systems, Intel y Dave Smith Instruments, y ganador del Grammy técnico en 2013.
Raúl Pavón	19?? –	México	Ingeniero en Electrónica y apasionado por la música y la tecnología. Lamentablemente, durante su época en el CNM, sus colegas no lo consideraron como un compositor “serio” pese a ser el único en comprender el impacto de estudiar las ciencias acústicas.
Irving Wladawsky-Berger	19?? –	Cuba – EE.UU.	M.S. y Ph. D. en Física por The University of Chicago, galardonado en 2001 como “Ingeniero Hispánico del Año”. Se ha desempeñado como: investigador de tecnologías emergentes y desarrollos de mercados críticos para la industria de las Tecnologías de Información de IBM (1970-2007), asesor estratégico de Citigroup (desde 2008), co-presidente del President’s Information Technology Advisory Committee [Comité de Asesoramiento Presidencial en Tecnología de la Información] (1997-2001), miembro fundador del Computer Sciences and Telecommunications Board [Junta de Ciencias de la Computación y Telecomunicaciones] del National Research Council [Consejo Nacional de Investigación] (1986), miembro de la American Academy of Arts and Sciences [Academia Americana de Artes y Ciencias] y de la London’s Royal Society of Arts [Real Sociedad de Artes de Londres], ente otros cargos.

Stefano Cavaglieri	19?? –	Suiza	Jefe de Tecnología e Información de los Swiss National Sound Archives, en Lugano, Suiza. Es licenciado en Electroacústica y en Informática. Se desempeña como miembro activo de la International Association of Sound and Audio Visual Archives-Technical Committee, de la American Library Association), y de la AES. En 2011 fue galardonado con el premio James A. Linder por sus contribuciones a la investigación en el campo de la tecnología de la preservación del sonido grabado.
Peter Bubestinger	19?? –	Austria	Estudió Ciencia de la Computación en la Universidad Técnica de Viena. Desde 2002 trabaja como líder de un proyecto relacionado con los archivos digitales. Trabajó en NOA Audio Solutions, colaborando con grandes instituciones de todo el mundo, entre ellas la Fonoteca Nacional. En 2014 era el principal ingeniero de digitalización en el Departamento de Vídeo de la Mediateca de Austria (national A/V archive), donde desarrolló el programa DVA-Profession.
Arturo Jiménez Vela	19?? –	México	Ha trabajado como Ingeniero en Sistemas en varias compañías e instituciones francesas (SNCF, CETIM, Institut Supérieur de Mécanique de París). Fue coordinado del proyecto europeo Metacost, dentro del programa BRITE-EURAM y ha sido director de Tecnologías de la Fonoteca Nacional en 2009-2010 y de 2013 hasta la fecha. Además, ha sido invitado por la Academia de Ciencias de Austria por sus trabajos en Sistemas Dinámicos y Fractales.
Jean-Christophe Kummer	19?? –	Austria	Es director general y cofundador de NOA audio Solutions. Él hizo que la empresa pasara de ser un proveedor de soluciones de nicho técnicas, a una exitosa empresa especializada en el manejo de archivo operativo que trabaja a gran escala en países como Suecia (SRF), Francia, Bélgica (VRT), Austria (ORF y Mediateca), Vietnam y México.
Beatriz Eugenia Hernández Rodríguez	19?? –	México	Precursora del estudio de la tecnología musical en la FI UNAM. Su tesis de licenciatura de 1979 es el antecedente más antiguo en la biblioteca de la Facultad sobre generación de música electrónica. Actualmente trabaja como profesora de la Facultad en la División de Ciencias Básicas.

Romelia H. Flores	19?? –	EE.UU.	B.S. en Ciencias de la Computación por The University of Texas at Austin. Es una de las mujeres latinas más influyentes en el mundo ejecutivo de las TIC, pues labora como Distinguished Engineer y Master Inventor en IBM. En los últimos años ha sido una figura clave para el desarrollo de las supercomputadoras Watson como elementos centrales de las <i>smart cities</i> [ciudades inteligentes]. En 2011, durante su visita a la FI UNAM, el autor de esta investigación tuvo la oportunidad de platicar con ella respecto a esta tendencia de desarrollo tecnológico, la cual continúa creciendo.
María Teresa Rojano Ceballos	19?? –	México	Doctora en Ciencias que labora como investigadora emérita del CINVESTAV IPN. Es una de las pioneras en la elaboración de modelos digitales para la enseñanza de matemáticas y otras ciencias en escuelas de educación básica.

*Nota:* Elaboración del autor con base en fuentes públicas de información



## C: Valores, figuras y nombres asociados a las cualidades del sonido musical

**Tabla No. 1**  
Valores asociados a la altura

Cifrado	Octava temperada																																
	Número MIDI <sub>16</sub>										Frecuencia fundamental [Hz]																						
C	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	00	8,18	0C	16,352	18	32,703	24	65,406	30	130,813	3C	261,626	48	523,251	54	1046,502	60	2093,005	6C	4186,009	78	8372,019
	C# = Db	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	01	8,66	0D	17,32	19	34,648	25	69,296	31	138,591	3D	277,183	49	554,365	55	1108,731	61	2217,461	6D	4434,922	79
D	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	02	9,18	0E	18,35	1A	36,708	26	73,416	32	146,832	3E	293,665	4A	587,33	56	1174,659	62	2349,318	6E	4698,637	7A	9397,273
	D# = Eb	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	03	9,72	0F	19,45	1B	38,891	27	77,782	33	155,564	3F	311,127	4B	622,254	57	1244,508	63	2489,016	6F	4978,032	7B
E	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	04	10,30	10	20,6	1C	41,203	28	82,407	34	164,814	40	329,628	4C	659,255	58	1318,510	64	2637,021	60	5274,042	7C	10548,083
	F	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	05	10,91	11	21,83	1D	43,654	29	87,307	35	174,614	41	349,228	4D	698,457	59	1396,913	65	2793,826	71	5587,652	7D
F# = Gb	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	06	11,56	12	23,12	1E	46,249	2A	92,499	36	184,997	42	369,994	4E	739,989	5A	1479,978	66	2959,956	72	5919,912	7E	11839,823
	G	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	07	12,25	13	24,5	1F	48,999	2B	97,999	37	195,998	43	391,995	4F	783,991	5B	1567,982	67	3135,964	73	6271,928	7F
G# = Ab	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	08	12,98	14	25,96	20	51,913	2C	103,826	38	207,652	44	415,305	50	830,609	5C	1661,219	68	3322,438	74	664,876			
	A	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	09	13,75	15	27,5	21	55	2D	110	39	220	45	440	51	880	5D	1760	69	3520	75	7040		
A# = Bb	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	0A	14,57	16	29,135	22	58,27	2E	116,541	3A	233,082	46	466,164	52	932,328	5E	1864,655	6A	3729,31	76	7458,62			
	B	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	0B	15,43	17	30,868	23	61,735	2F	123,471	3B	246,942	47	493,883	53	987,767	5F	1975,533	6B	3951,066	77	7902,133		

Nota: Elaboración del autor con base en "Audio digital y MIDI" (Jordà Puig, 1997)

**Tabla No. 2**  
**Ejemplos de niveles de intensidad**

<b>Nivel de intensidad [dB]</b>	<b>Experiencia sonora</b>
200	Bomba nuclear similar a la detonada en Hiroshima y Nagasaki
180	Explosión del volcán Krakatoa registrada a 160[km] de distancia o cohete aeroespacial en despegue
140	Coche de Fórmula 1
130	Avión en despegue
120	Motor de avión en marcha
110	Concierto como acto cívico
90	Tránsito vehicular
80	Tren
70	Aspiradora
40	Conversación
20	Biblioteca
10	Respiración tranquila
0	Inicio del umbral de audición


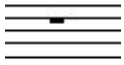

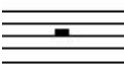










*Nota:* Elaboración del autor con base en “Niveles de Intensidad” (Wikipedia, 2016)

**Tabla No. 3**  
**Nombres, figuras y valores asociados a la intensidad**

<b>Nombre común</b>	<b>Figura</b>	<b>Velocidad MIDI<sub>L6</sub></b>	<b>Descripción</b>
<i>Stingendo</i>	sting	00	Extinguir
<i>Pianississimo</i>	ppp	01	Más débil
<i>Pianissimo</i>	pp	16	Muy débil
<i>Piano</i>	p	2B	Débil
<i>Mezzopiano</i>	mp	<40	Medianamente suave
<i>Mezzoforte</i>	mf	>40	Medianamente fuerte
<i>Forte</i>	f	55	Fuerte
<i>Fortissimo</i>	ff	64	Muy fuerte
<i>Fortississimo</i>	fff	7C	Más fuerte
<i>Sforzando</i>	sf, sfz o fz	No Aplica	Roforzar súbitamente
<i>Piano forte</i>	pf	No Aplica	Débil y después fuerte
<i>Forte piano</i>	fp	No Aplica	Fuerte y después suave

*Nota:* Elaboración del autor con base en “Dinámica (música)” (Wikipedia, 2016) y “MIDI 1.0 Detailed Specification v4.2” (MMA, 1996)<sup>4</sup>

**Tabla No. 4**  
**Figuras, valores y nombres asociados a la duración**

<b>Figura de nota</b>	<b>Figura de silencio</b>	<b>Cantidad por compás de 4/4</b>	<b>Duración [unidades de tiempo]</b>	<b>Nombres comunes</b>
		1	4	Unidad o redonda
		2	2	Mitad o blanca
		4	1	Cuarto o negra
		8	1/2	Octavo o corchea
		16	1/4	Dieciseisavo o semicorchea
		32	1/8	Treintaidosavo o triplecorchea
		64	1/16	Sesentaicuatroavo o cuadruplecorchea

*Nota:* Elaboración del autor con base en “Teoría de la música” (Moncada García, 1995)<sup>19</sup>

**Tabla No. 5**  
**Nombres y valores asociados al tempo**

<b>Nombre común</b>	<b>Pulsaciones o beats por minuto [ppm o bpm]</b>
<i>Largo</i>	20
<i>Lento</i>	40 – 60
<i>Larghetto</i>	60 – 66
<i>Adagio</i>	67 – 76
<i>Moderato</i>	81 – 108
<i>Allegro</i>	110 – 168
<i>Presto</i>	169 – 200
<i>Prestissimo</i>	201 – 240
<i>Allegro prestissimo</i>	Mayores a 240

*Nota:* Elaboración del autor con base en “Tempo” (Wikipedia, 2016)

o = d + d

d = ♩ + ♩ = ♪ + ♪ + ♪ + ♪

♩ = ♪ + ♪ = ♫

♪ = ♫ = ♫

♩ =  $\overset{3}{\text{♪ + ♪ + ♪}}$  =  $\overset{6}{\text{♪♪♪♪♪♪}}$  =  $\overset{12}{\text{♪♪♪♪♪♪♪♪♪♪♪♪}}$

♪ =  $\overset{3}{\text{♪♪♪}}$  =  $\overset{6}{\text{♪♪♪♪♪♪}}$

♪ =  $\overset{3}{\text{♪♪♪}}$  =  $\overset{6}{\text{♪♪♪♪♪♪}}$

d. = d + ♩

= ♩ + ♩ + ♩

= ♪♪ + ♪♪ + ♪♪

♩ = ♪♪♪♪ ♪♪♪♪ ♪♪♪♪

♩. = ♪ + ♪♪

= ♪ + ♫

= ♪♪ + ♪♪ + ♪♪

= ♪♪♪♪ ♪♪♪♪

Figura No. 1: Ritmo sumativo. Cada valor de nota puede ser expresado como la suma de valores más pequeños  
Referencia: Extraído de “On Sonic Art” (Wishart, 1996)<sup>181</sup>

### D: Implementación de instrucciones MIDI

Date:  
Version:

Model		MIDI Implementation Chart		
Function...		Transmitted	Recognized	Remarks
Basic Channel	Default Changed			
Mode	Default Messages Altered	*****		
Note Number	True voice	*****		
Velocity	Note On Note Off			
After Touch	Key's Channel			
Pitch Bend				
Control Change				
Program Change	True Number	*****		
System Exclusive				
System Common	Song Position Song Select Tune Request			
System Real Time	Clock Commands			
Aux Messages	Local On/Off All Notes Off Active Sensing System Reset			
Notes				

Mode 1: Omni On, Poly      Mode 2: Omni On, Mono  
 Mode 3: Omni Off, Poly      Mode 4: Omni Off, Mono

O: Yes  
X: No

Figura No. 1: Tabla de Implementación de instrucciones MIDI  
 Referencia: Extraído de “MIDI 1.0 Detailed Specification v4.2” (MMA, 1996)<sup>4</sup>

## E: ID de fabricantes para envío de mensajes exclusivos del sistema

SYSTEM EXCLUSIVE MANUFACTURER'S ID NUMBERS			
NUMBER	MANUFACTURER	NUMBER	MANUFACTURER
<b>American Group</b>			
01H	Sequential	00H 00H 1FH	Zeta Systems
02H	IDP	00H 00H 20H	Axxes
03H	Voyetra/Octave-Plateau	00H 00H 21H	Orban
04H	Moog	00H 00H 24H	KTI
05H	Passport Designs	00H 00H 25H	Breakaway Technologies
06H	Lexicon	00H 00H 26H	CAE
07H	Kurzweil	00H 00H 29H	Rocktron Corp.
08H	Fender	00H 00H 2AH	PianoDisc
09H	Gulbransen	00H 00H 2BH	Cannon Research Group
0AH	AKG Acoustics	00H 00H 2DH	Rogers Instrument Corp.
0BH	Voyce Music	00H 00H 2EH	Blue Sky Logic
0CH	Waveframe Corp	00H 00H 2FH	Encore Electronics
0DH	ADA Signal Processors	00H 00H 30H	Uptown
0EH	Garfield Electronics	00H 00H 31H	Voce
0FH	Ensoniq	00H 00H 32H	CTI Audio, Inc. (Music. Intel Dev.)
10H	Oberheim	00H 00H 33H	S&S Research
11H	Apple Computer	00H 00H 34H	Broderbund Software, Inc.
12H	Grey Matter Response	00H 00H 35H	Allen Organ Co.
13H	Digidesign	00H 00H 37H	Music Quest
14H	Palm Tree Instruments	00H 00H 38H	APHEX
15H	JLCooper Electronics	00H 00H 39H	Gallien Krueger
16H	Lowrey	00H 00H 3AH	IBM
17H	Adams-Smith	00H 00H 3CH	Hotz Instruments Technologies
18H	Emu Systems	00H 00H 3DH	ETA Lighting
19H	Harmony Systems	00H 00H 3EH	NSI Corporation
1AH	ART	00H 00H 3FH	Ad Lib, Inc.
1BH	Baldwin	00H 00H 40H	Richmond Sound Design
1CH	Eventide	00H 00H 41H	Microsoft
1DH	Inventronics	00H 00H 42H	The Software Toolworks
1FH	Clarity	00H 00H 43H	Niche/RJMG
00H 00H 01H	Time Warner Interactive	00H 00H 44H	Intone
00H 00H 07H	Digital Music Corp.	00H 00H 47H	GT Electronics/Groove Tubes
00H 00H 08H	IOTA Systems	00H 00H 4FH	InterMIDI, Inc.
00H 00H 09H	New England Digital	00H 00H 49H	Timeline Vista
00H 00H 0AH	Artisyn	00H 00H 4AH	Mesa Boogie
00H 00H 0BH	IVL Technologies	00H 00H 4CH	Sequoia Development
00H 00H 0CH	Southern Music Systems	00H 00H 4DH	Studio Electronics
00H 00H 0DH	Lake Butler Sound Company	00H 00H 4EH	Euphonix
00H 00H 0EH	Alesis	00H 00H 4FH	InterMIDI
00H 00H 10H	DQD Electronics	00H 00H 50H	MIDI Solutions
00H 00H 11H	Studer-Editech	00H 00H 51H	3DO Company
00H 00H 14H	Perfect Fretworks	00H 00H 52H	Lightwave Research
00H 00H 15H	KAT	00H 00H 53H	Micro-W
00H 00H 16H	Opcode	00H 00H 54H	Spectral Synthesis
00H 00H 17H	Rane Corp.	00H 00H 55H	Lone Wolf
00H 00H 18H	Anadi Inc.	00H 00H 56H	Studio Technologies
00H 00H 19H	KMX	00H 00H 57H	Peterson EMP
00H 00H 1AH	Allen & Heath Brenell	00H 00H 58H	Atari
00H 00H 1BH	Peavey Electronics	00H 00H 59H	Marion Systems
00H 00H 1CH	360 Systems	00H 00H 5AH	Design Event
00H 00H 1DH	Spectrum Design and Development	00H 00H 5BH	Winjammer Software
00H 00H 1EH	Marquis Music	00H 00H 5CH	AT&T Bell Labs

## SYSTEM EXCLUSIVE MANUFACTURER'S ID NUMBERS - continued

NUMBER	MANUFACTURER	NUMBER	MANUFACTURER
00H 00H 5EH	Symetrix	34H	Audio Architecture
00H 00H 5FH	MIDI the World	35H	GeneralMusic Corp.
00H 00H 60H	Desper Products	39H	Soudercraft Electronics
00H 00H 61H	Micros 'N MIDI	3BH	Wersi
00H 00H 62H	Accordians Intl	3CH	Avab Elektronik Ab
00H 00H 63H	EuPhonics	3DH	Digigram
00H 00H 64H	Musonix	3EH	Waldorf Electronics
00H 00H 65H	Turtle Beach Systems	3FH	Quasimidi
00H 00H 66H	Mackie Designs	00H 20H 00H	Dream
00H 00H 67H	Compuserve	00H 20H 01H	Strand Lighting
00H 00H 68H	BES Technologies	00H 20H 02H	Amek Systems
00H 00H 69H	QRS Music Rolls	00H 20H 04H	Böhm Electronic
00H 00H 6AH	P G Music	00H 20H 06H	Trident Audio
00H 00H 6BH	Sierra Semiconductor	00H 20H 07H	Real World Studio
00H 00H 6CH	EpiGraf Audio Visual	00H 20H 09H	Yes Technology
00H 00H 6DH	Electronics Deiversified	00H 20H 0AH	Audiomatica
00H 00H 6EH	Tune 1000	00H 20H 0BH	Bontempi/Farfisa
00H 00H 6FH	Advanced Micro Devices	00H 20H 0CH	F.B.T. Electronica
00H 00H 70H	Mediamation	00H 20H 0DH	MidiTemp
00H 00H 71H	Sabine Music	00H 20H 0EH	LA Audio (Larking Audio)
00H 00H 72H	Woog Labs	00H 20H 0FH	Zero 88 Lighting Limited
00H 00H 73H	Micropolis	00H 20H 10H	Micon Audio Electronics GmbH
00H 00H 74H	Ta Horn Musical Inst.	00H 20H 11H	Forefront Technology
00H 00H 75H	eTek (formerly Forte)	00H 20H 13H	Kenton Electronics
00H 00H 76H	Electrovoice	00H 20H 15H	ADB
00H 00H 77H	Midisoft	00H 20H 16H	Marshall Products
00H 00H 78H	Q-Sound Labs	00H 20H 17H	DDA
00H 00H 79H	Westrex	00H 20H 18H	BSS
00H 00H 7AH	NVidia	00H 20H 19H	MA Lighting Technology
00H 00H 7BH	ESS Technology	00H 20H 1AH	Fatar
00H 00H 7CH	MediaTrix Peripherals	00H 20H 1BH	QSC Audio
00H 00H 7DH	Brooktree	00H 20H 1CH	Artisan Classic Organ
00H 00H 7EH	Otari	00H 20H 1DH	Orla Spa
00H 00H 7FH	Key Electronics	00H 20H 1EH	Pinnacle Audio
00H 01H 01H	Crystalake Multimedia	00H 20H 1FH	TC Electronics
00H 01H 02H	Crystal Semiconductor	00H 20H 20H	Doepfer Musikelektronik
00H 01H 03H	Rockwell Semiconductor	00H 20H 21H	Creative Technology Pte
		00H 20H 22H	Minami/Seiyddo
		00H 20H 23H	Goldstar
		00H 20H 24H	Midisoft s.a.s di M. Cima
		00H 20H 25H	Samick
		00H 20H 26H	Penny and Giles
		00H 20H 27H	Acorn Computer
		00H 20H 28H	LSC Electronics
		00H 20H 29H	Novation EMS
		00H 20H 2AH	Samkyung Mechatronics
		00H 20H 2BH	Medeli Electronics
		00H 20H 2CH	Charlie Lab
		00H 20H 2DH	Blue Chip Music Tech
		00H 20H 2EH	BEE OH Corp
<b>European Group</b>			
20H	Passac		
21H	SIEL		
22H	Synthaxe		
24H	Hohner		
25H	Twister		
26H	Solton		
27H	Jellinghaus MS		
28H	Southworth Music Systems		
29H	PPG		
2AH	JEN		
2BH	SSL Limited		
2CH	Audio Vertrieb		
2FH	Elka		
30H	Dynacord		
31H	Viscount		
33H	Clavia Digital Instruments		

## SYSTEM EXCLUSIVE MANUFACTURER'S ID NUMBERS - continued

NUMBER	MANUFACTURER	NUMBER	MANUFACTURER
<b>Japanese Group (as of 10/92)</b>			
40H	Kawai		
41H	Roland		
42H	Korg		
43H	Yamaha		
44H	Casio		
46H	Kamiya Studio		
47H	Akai		
48H	Japan Victor		
49H	Mesosha		
4AH	Hoshino Gakki		
4BH	Fujitsu Elect.		
4CH	Sony		
4DH	Nisshin Onpa		
4EH	TEAC		
50H	Matsushita Electric		
51H	Fostex		
52H	Zoom		
53H	Midori Electronics		
54H	Matsushita Communication Industrial		
55H	Suzuki Musical Inst. Mfg.		

Figura No. 1: Tabla VIIb. ID de fabricantes para envío de mensajes exclusivos del sistema  
Referencia: Extraído de "MIDI 1.0 Detailed Specification v4.2" (MMA, 1996)<sup>4</sup>



# Índice temático

	Página
<b>Introducción</b> .....	1
I. Planteamiento del problema.....	3
II. Justificación.....	6
III. Hipótesis.....	11
IV. Metodología de análisis.....	12
<b>Capítulo 1:</b> .....	
Antecedentes y fundamentos para el estudio del sonido y Música utilizando computadoras.....	15
1.1. Antecedentes históricos.....	15
1.1.1. Revoluciones industriales y su efecto en el desarrollo de TIC, tecnologías de sonido e interfaces musicales. ....	16
1.1.2. Panorama actual de la industria fonográfica .....	27
1.1.3. Políticas en relación a TIC y la educación digital y musical en México .....	31
1.2. Fundamentos científicos y musicales .....	45
1.2.1. Definición de sonido musical.....	47
1.2.1.1. Movimiento ondulatorio y sonido.....	48
1.2.1.2. Deducción de la ecuación diferencial de onda unidimensional .....	49
1.2.1.3. Ondas armónicas simples y su adición mediante el principio de superposición .....	53
1.2.1.4. Teorema de Fourier.....	63
1.2.2. Cualidades del sonido musical .....	64
1.2.2.1. Timbre.....	65
1.2.2.2. Altura.....	66
1.2.2.3. Intensidad .....	66
1.2.2.4. Duración, ritmo y <i>tempo</i> .....	68
1.2.3. Tipos de audio .....	69
1.2.3.1. Audio analógico.....	69
1.2.3.2. Audio digital.....	69
1.2.4. Diferencia entre audio digital y MIDI.....	72

<b>Capítulo 2:</b> .....	
<b>Explorando MIDI</b> .....	73
<b>2.1. Hardware</b> .....	74
2.1.1. Conexiones .....	75
2.1.2. Cables.....	76
<b>2.2. Datos</b> .....	76
2.2.1. Formato .....	76
2.2.2. Tipos de status.....	78
<b>2.3. Mensajes</b> .....	79
2.3.1.1. Voz.....	80
2.3.1.2. Modo.....	81
2.3.2. De sistema .....	82
2.3.2.1 Comunes.....	82
2.3.2.2. En tiempo real.....	83
2.3.2.3. Exclusivos.....	83
<b>2.4. Modos de canal</b> .....	85
2.4.1. Modo 1: Omni On/Poly .....	85
2.4.2. Modo 2: Omni On/Mono .....	86
2.4.3. Modo 3: Omni Off/Poly .....	86
2.4.4. Modo 4: Omni Off/Mono .....	86
2.4.5. Modo Multi.....	87
<b>2.5. Topologías</b> .....	88
<b>2.6. Dispositivos</b> .....	89
2.6.1. Controlador .....	89
2.6.2. Sintetizador .....	89
2.6.3. Módulo generador de sonido.....	90
2.6.4. Sampler .....	90
2.6.5. Secuenciador.....	90
2.6.6. Cajas de ritmo .....	90
2.6.7. Pad de percusión.....	90
2.6.8. DJ Mixer.....	90
2.6.9. Tarjeta de sonido e interfaces externas.....	91
<b>2.7. General MIDI</b> .....	91

<b>Capítulo 3:</b> .....	
Adaptación de una guitarra eléctrica convencional en una interfaz digital .....	94
3.1. Sobre cordófonos .....	94
3.2. Descripción de una guitarra eléctrica .....	98
3.2.1. Estructura.....	100
3.2.2. Piezas mecánicas .....	101
3.2.3. Piezas eléctricas.....	104
3.2.4. Elementos complementarios .....	106
3.2.5. Acabados .....	107
3.3. Atractivo de una guitarra MIDI .....	112
3.3.1. Popularidad de la guitarra eléctrica en el mundo.....	112
3.3.2. Oferta en el mercado mexicano de instrumentos musicales .....	116
3.4. Memoria técnica (how-to) para la adaptación.....	118
3.4.1. Materiales, herramientas y consideraciones previas .....	118
3.4.2. Procedimiento .....	119
3.5. Sobre el sistema Roland GK-KIT-GT3 DPK .....	125
<b>Conclusiones</b> .....	127
Sobre las tendencias en desarrollo de TIC y el papel de los futuros tecnólogos.....	128
Sobre las políticas mexicanas en relación a TIC y educación.....	133
Sobre la importancia de que la FI UNAM asuma el reto de estudiar a la tecnología musical, como una forma de revolucionar el estudio del sonido y música.....	137
Sobre MIDI y su adaptación en una guitarra eléctrica.....	140
Sobre la necesidad de una mayor inclusión de mujeres para un desarrollo tecnológico verdaderamente humano.....	146
<b>Glosario de términos</b> .....	148
<b>Referencias</b> .....	154

<b>Apéndices</b> .....	168
A: Cronología sobre el desarrollo tecnológico y musical desde finales del siglo XIX a principios del siglo XXI.....	168
B: Personajes destacados en los ámbitos de la tecnología y la música.....	201
C: Valores, figuras y nombres asociados a las cualidades del sonido musical.....	215
D: Implementación de instrucciones MIDI.....	219
E: ID de fabricantes para envío de mensajes exclusivos del sistema .....	220

# Índice de ilustraciones

## Página

### Introducción

Figura No. II: Ganancias globales por ventas digitales	9
--	---

### Capítulo 1: Antecedentes y fundamentos para el estudio del sonido y de Música utilizando computadoras

Figura No. 1.1: Ganancias globales en 2014	27
Figura No. 1.2: Códice Borbónico	31
Figura No. 1.3: Códice Borgia	31
Figura No. 1.4: Sistema de referencia móvil	50
Figura No. 1.5: Variación de $\psi$ con $x$ y $t$	52
Figura No. 1.6: Sistemas de notación musical populares	56
Figura No. 1.7: Sistema de notación del Sonido 13	58
Figura No. 1.8: Movimiento armónico	59
Figura No. 1.9: Adición de fasores	61
Figura No. 1.10: Superposición de movimientos armónicos simples con frecuencia angular igual	62

### Capítulo 2: Explorando MIDI

Figura No. 2.1: Sistema mínimo MIDI	74
Figura No. 2.2: Tabla I. Resumen de bytes de status	77
Figura No. 2.3: Tabla II. Resumen de mensajes de Voz	80
Figura No. 2.4: Tabla IV. Resumen de mensajes de Modo	81
Figura No. 2.5: Tabla V. Resumen de mensajes Comunes	82
Figura No. 2.6: Tabla VI. Resumen mensajes En tiempo real	83
Figura No. 2.7: Tabla VII. Resumen de mensajes Exclusivos	84
Figura No. 2.8: Tablas 1 y 2. GM SSG y SS	92
Figura No. 2.9: Tabla 3. GM Percussion Map	93

## Capítulo 3: Adaptación de una guitarra eléctrica convencional a una interfaz digital

Figura No. 3.1: Notas en el diapasón de la guitarra	98
Figura No. 3.2: Elementos de una guitarra eléctrica	98
Figura No. 3.3: Formas de operación de un <i>tremolo</i>	102
Figura No. 3.4: Modificación del puente	103
Figura No. 3.5: Arquitecturas de pastillas magnéticas, formatos simple y doble	104
Figura No. 3.6: Efecto de la cuerda en el flujo magnético de la pastilla	105
Figura No. 3.7: Modificaciones	107
Figura No. 3.8: Lijado A	108
Figura No. 3.9: Lijado B	108
Figura No. 3.10: ALFASOLMEGA	109
Figura No. 3.11: Inlay A	110
Figura No. 3.12: Inlay B	110
Figura No. 3.13: Barniz A	111
Figura No. 3.14: Barniz B	111
Figura No. 3.15: Ampliación de la cavidad	119
Figura No. 3.16: Perforaciones	120
Figura No. 3.17: Jaula de Faraday A	121
Figura No. 3.18: Jaula de Faraday B	122
Figura No. 3.19: Sistema Roland instalado A	123
Figura No. 3.20: Sistema Roland instalado B	124

## Apéndices

C: Valores, figuras y nombres asociados con las cualidades del sonido musical	
Figura No. 1: Ritmo sumativo	218
D: Implementación de instrucciones MIDI	
Figura No. 1: Tabla de Implementación MIDI	219
E: Mensajes exclusivos del sistema por fabricante	
Figura No. 1: Tabla VIIb. ID de fabricantes para envío de mensajes exclusivos del sistema	220