

Universidad Nacional de Quilmes

Escuela de Artes

LICENCIATURA EN MÚSICA Y TECNOLOGÍA

Director de Carrera: Esteban Calcagno

Programa de Investigación

CARTOGRAFÍAS ESPACIO-TEMPORALES Y ARTE SONORO

Director: Pablo Riera

Seminario de Investigación

REPRESENTACIÓN TEXTUAL DE ESTRUCTURAS
MUSICALES Y ENTORNO DE SECUENCIACIÓN

Presentado por: Lisandro Fernández

Resumen

Se propone un lenguaje formal basado en texto plano, descriptivo y serializado, capaz de representar información musical. Contextualiza, un conjunto de utilidades cuyo fin es producir secuencias musicales en el estándar MIDI.

Mayo 2019

Buenos Aires, Argentina

Contendios

1. Resumen	2
2. Introducción	2
2.1. Justificación	3
2.1.1. Texto Llano	3
2.1.2. Interprete de Comandos	4
2.1.3. Interface Digital para Instrumentos Musicales (MIDI)	5
2.2. Motivación	5
2.3. Antecedentes	5
2.3.1. MuseData	6
2.3.2. Humdrum	7
2.3.3. MusicXML	8
2.3.4. Music Markup Language	9
2.3.5. Flocking	9
3. Metodología	10
3.1. Preliminares	11
3.1.1. Boceto de Gramática	11
3.1.2. Prototipo	11
3.2. Desarrollo	12
3.2.1. Lenguaje	12
3.2.2. Entorno	13
4. Resultados	15
4.1. Gramática	15
4.1.1. Sintaxis	15
4.1.2. Léxico	16
4.2. Implementación	22
4.2.1. Módulo: Secuencia	24
4.3. Demostraciones	25
4.3.1. Melodia Simple	25
4.3.2. Multiples Pistas	25
4.3.3. Polimetría	25
5. Conclusiones	26
6. Apéndice	26
6.1. Secuencia	26
6.2. Pista	32
6.3. Complementos	35
6.4. Elemento	36
6.5. Sección	37
6.6. Segmento	38
6.7. Articulación	45

1. Resumen

El presente trabajo propone un contexto de producción musical puramente textual.

Son el producto de esta investigación un marco de patrones y relaciones gramaticales que posibilitan la representación sintáctica de información con significado musical; un léxico y una sintaxis que definen estructuras musicales contenidas en ficheros de texto serializado¹ y autodescriptivo.

Acompaña esta propuesta un entorno de herramientas, para interprete de línea de comandos.² Es otro aporte importante del actual desarrollo esta cadena de procesos que consume información suscrita a dicha representación; derivando esta manipulación en la producción de secuencias de mensajes en el formato MIDI estándar.

La primera parte de este escrito esta dedicada a justificar el objeto de estudio, presentar los motivos de las interrogantes, plantear la necesidad alternativas, también se discuten antecedentes en codificación textual de información musical.

En la segunda sección se describe el método de ejecución, detallando el procedimiento de desarrollo.

La parte central de este trabajo versa sobre el vocabulario y relaciones que conforman la gramática propuesta, se explica como dicha representación habilita que la semántica musical pueda ser materia prima de esta serie de procesos y se despliegan el resultado de algunos ejemplos a modo de demostración.

Para concluir se proyectan algunas aplicaciones posibles en diferentes escenarios (trabajo colaborativo en simultaneo y a distancia, programación en vivo) y varias disciplinas (Inteligencia artificial, modelo condicional restringido archivología).

Completando el aspecto técnico de este trabajo se incluyen el código de los módulos desarrollados para la implementación.

2. Introducción

En esta sección inaugural se enmarca la investigación, argumentando la construcción principal, la adopción de un sistema de escritura como contenedor instrucciones y medio de interacción.

Seguido se repasan las necesidades que denotan la pertinencia de este estudio, aludiendo a requerimientos externos a satisfacer.

¹Coombs, Renear y DeRose (1987)

²(n.d.) (2019b)

Para concluir esta introducción se tratan trabajos semejantes de cierta relevancia a este proyecto.

2.1. Justificación

En este apartado se repasan las ventajas principales del registro de información con enunciados textuales y del empleo del lenguaje como medio de entrada de instrucciones en escenarios generales.

2.1.1. Texto Llano

“...our base material isn’t wood or iron, it’s knowledge. [...]. And we believe that the best format for storing knowledge persistently is plain text. With plain text, we give ourselves the ability to manipulate knowledge, both manually and programmatically, using virtually every tool at our disposal.” (Hunt y Thomas 1999)

Se listan las virtudes del texto plano y legible en contraste a la codificación binaria de datos³ o cualquier otro tipo de operación que opaque la relación con lo representado

Mínimo Común Denominador. Potencialmente cualquier herramienta de computo puede operar información almacenada en texto plano. Es soportado en múltiples plataformas, cada sistema operativo cuenta con al menos un editor de texto todos compatibles hasta la codificación de caracteres.

Fácil de manipular. Procesar cadenas de caracteres es de los trabajos mas rudimentales que pueden ser realizados por un sistema informático.

Fácil de mantener. El texto plano no presenta ninguna dificultad o impedimento ante la necesidad de actualizar información o de realizar cualquier tipo de cambio o ajuste.

Fácil de comprobar. Es sencillo agregar, actualizar o modificar datos de testeo sin la necesidad de emplear o desarrollar herramientas especiales para ello.

Liviano. Determinante cuando los recursos de sistema son limitados como por ejemplo almacenamiento escaso, velocidad de computo restringida o conexiones lentas.

Seguro contra la obsolescencia, o compatible con el avance. Los archivos de datos en formatos legibles y autodescriptivos perduran por sobre otros formatos aun cuando caduquen las aplicaciones con las hayan sido creados.⁴

³Hunt y Thomas (1999) Capítulo 3: Basic Tools (pp. 72-99).

⁴Leek (2017)

2.1.2. Interprete de Comandos

Se argumenta la conveniencia de prescindir de representaciones gráficas como canal de interacción con herramientas informáticas.

Estado operativo de un ordenador inicial. Eventualmente todos los sistemas operativos permiten ser utilizados a través de este acceso previo al gerente de escritorio.

Menor utilización de recursos. No depender de un agente de ventanas interviniendo entre el usuario y el sistema libra una cantidad considerable de recursos.

Una interfaz para diferentes aplicaciones. La estructura esperada de las instrucciones en esta interfaz *aplicación - argumento - recurso* (su analogía *verbo - adverbio - sujeto*) persiste para cualquier pieza de software. Dicha recurrencia elimina el ejercicio que significa un operar distinto para cada aplicación, favoreciendo un accionar semejante en contextos y circunstancias diferentes.

Tradición. Perdura por décadas como estándar durante la historia de la informática remitiendo a los orígenes de los ordenadores basados en teletipo.

Resultados reproducibles. Si bien la operación de sistemas sin mas que la entrada de caracteres requiere conocimiento y entrenamiento específico, no considerar la capa que representa la posición del puntero como parámetros de instrucciones, permite que sean recopiladas en secuencias de acciones precisas, reutilizar estos guiones en diferentes escenarios y agentes diversos.

Encadenado La posibilidad de componer rutinas complejas de manipulación concatenando resultados con procesos.⁵

Gestión remota. Mas allá del protocolo en el que se base la negociación local/remoto la interfaz de línea de comandos es la herramienta de facto para administrar un sistema a distancia.

Productividad. Valerse de herramientas pulidas como editores de texto avanzados que gracias al uso de atajos (acciones complejas asignadas a combinaciones de teclas) evitan la alternancia entre mouse y teclado, lo cual promueve un flujo de trabajo ágil.⁶

Siendo estas razones de carácter general, las mismas aplican al propósito particular que implica este estudio.

⁵Raymond (1999) Capítulo 1: Context, Apartado 1: Philosophy, Sub-apartado: Basics of the Unix Philosophy (pp. 34-50)

⁶Moolenaar (2000)

2.1.3. Interface Digital para Instrumentos Musicales (MIDI)

De carácter específico a la producción musical, en relación directa a este proyecto es menester acreditar la adopción de un formato en particular para codificar la capa que describe y gestiona la performance entre dispositivos.⁷

El ánimo por que las secuencias de control a producir satisfagan las condiciones requeridas para alcanzar compatibilidad con el formato MIDI estándar⁸, está fundamentado por sus virtudes de ser y proyectarse ampliamente adoptado, soportado en la mayoría de los entornos y apoyado por la industria.⁹

Si bien es ágil y se planea compatible a futuro, cualidades que comparte [con el formato de texto llano](#), es ineludible la desventaja que significa el empleo de cualquier sistema de codificación¹⁰, intrínseca a la dificultad que impone para interpretar a simple vista la información cifrada, ofuscación que resulta en la dependencia de herramientas específicas para cualquier manipulación.

2.2. Motivación

Este proyecto plantea la necesidad de establecer un contexto y proveer recursos para un procedimiento rudimental pero a la vez ágil y flexible de elaboración discursos musicales unificando la planificación de obra con la secuenciación MIDI.

Además pretende exponer las ventajas de la Interfaz de Línea de Comandos para operar herramientas informáticas a la comunidad de artistas, teóricos e investigadores.

Promover la adopción de prácticas consolidadas y formatos abiertos para representar, manipular y almacenar información digital.

Fomentar el trabajo colaborativo generando vínculos con y entre usuarios.¹¹¹²

2.3. Antecedentes

A continuación se describen algunos desarrollos que vinculan representación y manipulación de información musical: MuseData, Humdrum, MusicXML y MML; como ejemplo de un marco de programación basada en una sintaxis declarativa se consideró Flocking.

⁷Haus y Ludovico (2007)

⁸(MMA) (1996)

⁹Penfold (1992)

¹⁰Cifrado condicionante para el transporte.

¹¹Raymond (1997) Capítulo 11: The Social Context of Open-Source Software (p. 11)

¹²Yzaguirre (2016)

2.3.1. MuseData

La base de datos MuseData¹³ es el sistema de codificación principal del Centro de Investigación Asistida por Computador en Humanidades (CCARH) de la Universidad de Stanford. La base de datos fue creado por Walter Hewlett.

Los archivos MuseData tienen el potencial de existir en múltiples formatos comunes de información. La mayoría de las codificaciones derivadas definen sólo algunas de las las características incluidas en el master MuseData de codificaciones. El archivo MuseData está diseñado para soportar aplicaciones de sonido, gráficos y análisis. Los formatos derivados de las codificaciones musicales de MuseData que se distribución son: MIDI1, MIDI+ y Humdrum.

2.3.1.1. Organización de archivos MuseData

Los archivos MuseData están basados en ASCII y se pueden ver en cualquier editor de texto. Dentro del formato MuseData el número de archivos por movimiento y por trabajo puede variar de una edición a otra. Estos ficheros están organizados en base a las partes. Un movimiento de una composición es típicamente encontrado dividido en varios archivos agrupados en un directorio para ese movimiento.

2.3.1.2. La representación MuseData de información musical

El propósito de la sintaxis MuseData es representar el contenido lógico de una pieza musical de una modo neutral. El código se utiliza actualmente en la construcción de bases de datos de texto completo de música de varios compositores, J.S. Bach, Beethoven, Corelli, Handel, Haydn, Mozart, Telemann y Vivaldi. Se pretende que estas bases de datos de texto completo se utilicen para la impresión de música, análisis musical y producción de archivos de sonido digitales.

Aunque el código MuseData está destinado a ser genérico, se han desarrollado piezas de software de diversos tipos con el fin de probar su eficacia. Las aplicaciones MuseData pueden imprimir resultados y partes para ser utilizadas por editores profesionales de música, así como también compilar archivos MIDI (que se pueden utilizar con secuenciadores estándar) y facilitar las búsquedas rápidas de los datos de patrones rítmicos, melódicos y armónicos específicos.

La sintaxis MuseData está diseñada para representar tanto información de notación como de sonido, pero en ambos casos no se pretende que la representación esté completa. Eso prevé que los registros MuseData servirían como archivos de origen para generar tanto documentos gráficos (específicamente de página) y archivos de performance MIDI, que podrían editarse como el usuario lo crea conveniente. Las razones de esta postura son dos:

- Cuando se codifica una obra musical, no es la partitura sino el contenido lógico de la partitura lo que codifica. Codificar la puntuación significaría

¹³Selfridge-Field (1997) Capitulo 27: MuseData: Multipurpose Representation

codificar la posición exacta de cada nota en la página; pero nuestra opinión es que tal codificación realmente contendría más información que la que el compositor pretende transmitir.

- No se puede anticipar todos los usos a los cuales podrían darse estos datos, pero se puede estar bastante seguro de que cada usuario tendrá sus propias necesidades especiales y preferencias. Por lo tanto, no tiene sentido tratar de codificar información acerca de cómo debe verse una realización gráfica de los datos o cómo sonido que estos datos representan debe sonar.

Por otro lado, a veces puede ser útil hacer sugerencias sobre cómo los gráficos y el sonido deben ser realizados. Lo importante es identificar las sugerencias como un tipo de datos independiente, que puede ser fácilmente ignorado por software de aplicación o despojado enteramente de los datos. MuseData usa estas sugerencias de impresión y sonido en el proceso de generación de documentos de partitura y archivos MIDI.

2.3.2. Humdrum

David Huron creó Humdrum¹⁴ en los años 80, y se ha utilizado constantemente por décadas. Humdrum es un conjunto de herramientas de línea de comandos que facilita el análisis, así como una sintaxis generalizada para representar secuencias de datos. Debido a que el conjunto de herramientas es de lenguaje de agnóstico. Muchos han empleado herramientas de Humdrum en secuencias de comandos más grandes que utilizan PERL, Ruby, Python, Bash, LISP y C++.

2.3.2.1. Representación

En primer lugar, Humdrum define una sintaxis para representar información discreta como una serie de registros en un archivo de computadora.

Esta definición permite que se codifiquen muchos tipos de información. El esquema esencial utilizado en la base de datos CCARH para la altura y la duración musical es sólo uno de un conjunto abierto. Algunos otros esquemas pueden ser aumentados por gramáticas definidas por el usuario para tareas de investigación.

2.3.2.2. Manipulación

Segundo, está el conjunto de comandos, el Humdrum Toolkit, diseñado para manipular archivos que se ajusten a la sintaxis Humdrum en el campo de la investigación asistida por ordenador en la música.

El énfasis está en **asistido**:

- Humdrum no posee facultades analíticas de nivel superior per se.
- Más bien, *su poder deriva de la flexibilidad de su kit de elementos, utilizados en combinación* para explotar plenamente el potencial del sistema.

¹⁴Wild (1996)

2.3.2.3. De la experiencia a la apreciación

Apreciación de todo el potencial de Humdrum es definitivamente a partir de la experiencia. En palabras de David Huron:

Cualquier conjunto de herramientas requiere el desarrollo de una experiencia concomitante, y Humdrum Toolkit no es una excepción. Espero que la inversión de el tiempo requerido para aprender a usar Humdrum será más que compensado por ganancias académicas posteriores.

Los usuarios de Humdrum hasta ahora han tendido a trabajar en la percepción de la música o etnomusicología, mientras que los teóricos y los musicólogos historiadores han sido mas lentos para reconocer el potencial del sistema.

2.3.2.4. CLI vs GUI

Humdrum u otros sistemas como él ofrecen los recursos para una marcar un paradigma para la investigación musical.

El tedio de recopilar pruebas sólidas que apoyen las propias teorías pueden ser aliviadas por la automatización, y cuanto mayor sea la cantidad de música examinada mayor será el rigor de la prueba de las hipótesis.

Sin embargo, la desafortunada posibilidad es que muchos de los musicólogos y teóricos que se benefician de una pequeña intuición asistida por la máquina es probable que sean repelidos por la interfaz totalmente basada en texto de Humdrum.

Aunque en el análisis final los comandos estilo UNIX son seguramente más flexibles y eficientes que una interfaz gráfica “amigable”, pueden intimidar a principiantes, muchos de los cuales pueden resultar disuadidos de emplear herramientas de utilidad considerable.

Independientemente que teóricos de la música decidan o no aumentar su intuición musical con valiosas pruebas empíricas, los resultados basados en las cantidades máximas de datos pertinentes será un factor en la evolución de nuestra disciplina.

2.3.3. MusicXML

MusicXML¹⁵ fue diseñado desde cero para compartir archivos de música entre aplicaciones y archivar registros de música para uso en el futuro. Se puede contar con archivos de MusicXML que son legibles y utilizables por una amplia gama de notaciones musicales, ahora y en el futuro. MusicXML complementa al los formatos de archivo utilizados por Finale y otros programas.

MusicXML se pretende un el estándar para compartir partituras interactivas, dado que facilita crear música en un programa y exportar sus resultados a otros

¹⁵Good (2001)

programas. Al momento más de 220 aplicaciones incluyen compatibilidad con MusicXML.

2.3.4. Music Markup Language

El Lenguaje de Marcado de Música (MML)¹⁶ es un intento de marcar objetos y eventos de música con un lenguaje basado en XML. La marcación de estos objetos debería permitir gestionar la música documentos para diversos fines, desde la teoría musical y la notación hasta rendimiento práctico. Este proyecto no está completo y está en progreso. El primer borrador de una posible DTD está disponible y se ofrecen algunos ejemplos de piezas de música marcadas con MML.

El enfoque es modular, varios módulos aún están incompletos y necesitan más investigación y atención. Una pieza musical serializada usando MML puede ser entregada en al menos los siguientes formatos:

- Texto: representación de notas como, por ejemplo, piano-roll (como el que se encuentra en el software del secuenciador de computadora).
- Common Western Notation: Notación musical occidental en pantalla o en papel
- MIDI-device: MML hace posible “secuenciar” una pieza de música sin tener que usar software especial. Así que cualquier persona con un editor de texto debe ser capaz de secuenciar la música de esta manera.

2.3.5. Flocking

Flocking¹⁷ es un framework, escrito en JavaScript, para la composición de música por computadora que aprovecha las tecnologías e ideas existentes para crear un sistema robusto, flexible y expresivo. Flocking combina el patrón generador de unidades de muchos idiomas de música de computadora con tecnologías Web Audio para permitir a los usuarios interactuar con sitios Web entre otras potenciales tecnologías, usando un estilo declarativo de programación.

El objetivo de Flocking es permitir el crecimiento de un ecosistema de herramientas que puedan analizar y entender fácilmente la lógica y la semántica de los instrumentos digitales representando de forma declarativa los pilares básicos de síntesis de audio. Esto es particularmente útil para soportar la composición generativa donde los programas generan nuevos instrumentos de forma algorítmica, herramientas gráficas para que programadores y no programadores colaboren, y nuevos modos de programación social que permiten a los músicos adaptar, ampliar y volver a trabajar fácilmente en instrumentos existentes.

¹⁶Steyn (2001)

¹⁷Clark y Tindale (2014)

2.3.5.1. Programación declarativa

Arriba, se describió Flocking como un marco **declarativo**. Esta característica es esencial para comprender su diseño. La programación declarativa se puede entender en el contexto de Flocking por dos aspectos esenciales:

1. Enfatiza una visión semántica de alto nivel de la lógica y estructura de un programa
2. Representa los programas como estructuras de datos que pueden ser entendido por otros programas.

El énfasis aquí es sobre los aspectos lógicos o semánticos de la computación, en vez de en la secuenciación de bajo nivel y el flujo de control. Tradicionalmente los estilos de programación imperativos suelen estar destinados solo para el compilador. Aunque el código es a menudo compartido entre varios desarrolladores, no suele ser comprendidos o manipulados por programas distintos a los compiladores.

Por el contrario, la programación declarativa implica la capacidad de escribir programas que están representados en un formato que pueden ser procesados por otros programas como datos ordinarios. La familia de lenguajes Lisp es un ejemplo bien conocido de este enfoque. Paul Graham describe la naturaleza declarativa de Lisp, expresando que “no tiene sintaxis. Escribes programas en árboles de análisis... [que] son totalmente accesibles a tus programas. Puedes escribir programas que los manipulen... programas que escriben programas”.¹⁸ Aunque Flocking está escrito en JavaScript, comparte con Lisp el enfoque expresar programas dentro de estructuras de datos que estén disponibles para su manipulación por otros programas.

Si bien la recopilación expuesta no agota la lista de referentes pertinentes y surgirán otros que cobraran relevancia, provee un criterio para proceder.

3. Metodología

En este capítulo se introduce el procedimiento de ejecución en el que se pueden distinguir tres etapas, una preparatoria, dedicada a investigación, experimentación y pruebas, deviene la fase de producción en sí que culmina en una etapa de retoques, depuración de errores y defectos.

Se aprovecha para reseñar herramientas preexistentes elegidas, se mencionan aquellas que fueron consideradas pero descartadas luego de algunos ensayos y otras periféricas vinculadas a la tarea accesoria.

¹⁸Graham (2001)

3.1. Preliminares

Se explican experiencias tempranas necesarias para evidenciar y comprobar que la hipótesis formulada fuese al menos abarcable y fundamentar los pasos siguientes.

A partir de las inquietudes presentadas, se propuso como objetivo inicial establecer una lista de parámetros que asocien valores a propiedades musicales elementales (altura, duración, intensidad, etc) necesarias para definir el conjunto articulaciones constituyentes de un discurso musical, en determinado sentido rudimental, austero y moderado.

Acorde a esto se hilvanó una rutina de procesos, compuesta por un interprete, un analizador sintáctico¹⁹ y un codificador digital²⁰ entre otras herramientas, que a partir de valores emita un flujo de mensajes.

3.1.1. Boceto de Gramática

El método para discretizar información, jerarquizar y distinguir propiedades de valores, se basa en el formato YAML.²¹ Luego de considerar este estándar y enfrentarlo con alternativas, se concluye que cumple con las condiciones y que es idóneo para la actividad.

Implementaciones del mismo en la mayoría de los entornos vigentes²², aseguran la independencia de la información serializada en este sistema. Se le adjudica alta legibilidad²³. Goza de cierta madurez, por lo que fue sujeto de ajustes y mejoras²⁴.

3.1.2. Prototipo

Se esbozó un guión de instrucciones acotado a componer cadenas de eventos a partir de la interpretación, análisis sintáctico, proyección (mapeo) y asignación de valores.

Este prototipo, que confirmó la viabilidad de la aplicación pretendida, fue desarrollado en Perl,²⁵ lenguaje que luego de algunas consideraciones se desestimó por Python²⁶ debido principalmente a mayor adopción en la producción académica.

¹⁹(n.d.) (2019a)

²⁰(n.d.) (2019c)

²¹Ben-Kiki, Evans y Ingerson (2005)

²²(n.d.) (2019e)

²³Huntley (2019)

²⁴Ben-Kiki Oren y Ingy (2009)

²⁵Wall (1999)

²⁶Rossum (2018)

3.2. Desarrollo

En las actividades posteriores a las comprobaciones, aunque influenciados entre si, se pueden distinguir dos agrupamientos:

- Establecer relaciones de sucesión y jerarquía, que gestionen herencia de propiedades entre segmentos musicales subordinados o consecutivos y extender el léxico admitido con el propósito de cubrir una cantidad mayor de propiedades musicales.
- Escalar el prototipo a una herramienta informática que: sea capaz de consumir recursos informáticos, interpretar series de registros, manipular valores, derivarlos en articulaciones, empaquetar y registrar secuencias, entre otras propiedades.

3.2.1. Lenguaje

Al establecer este lenguaje formal, el primer esfuerzo se concentró en definir la organización de las propiedades de cada parte musical, conseguir una estructura lógica que ordene un discurso multi-parte.

La discriminación de los datos comienza a nivel de archivo, cada fichero contiene los datos relativos a estratos individuales en la pieza. Obteniendo así recursos que canalizan la información de cada parte junto con determinadas propiedades globales (tempo, armadura de clave, metro, letras, etc), que si bien pueden alojarse en una definición de canal, son meta eventos²⁷ que afectaran a total de la pieza.²⁸

Dicho esto se continua con la organización interna de los documentos y algunas consideraciones acerca de el léxico acuñado.

3.2.1.1. Formato YAML

Las definiciones de pista son regidas por YAML. Si bien el vocabulario aceptado es propio de este proyecto, todas las interpretaciones son gestionadas por dicho lenguaje. Se reseñan los principales indicadores reservados y estructuras básicas.

En el estilo de bloques de YAML, similar al de Python, la estructura esta determinada por la indentación. En términos generales indentación se define como los espacios en blanco al comienzo de la línea. Por fuera de la indentación y del contexto escalar, YAML destina los espacios en blanco para separar entre símbolos.

Los indicadores reservados pertinentes señalar son: los dos puntos “:” denotan la proyección de un valor, el guión “-” que indica un bloque de secuencia, *Ancla*

²⁷Selfridge-Field (1997) Capitulo 3: MIDI Extensions for Musical Notation (1): NoTAMIDI Meta-Events

²⁸La limitación en cantidad de canales y el carácter global de algunas propiedades son algunas de las imposiciones del el estándar MIDI.

el nodo para referencia futura el símbolo “&” ampersand, habilitado así subsecuentes como *alias* son invocados con el símbolo “*” asterisco.

Quizás esta presentación austera aparenta intimidar, como se aprecia en los ejemplos desplegados en el capítulo siguiente, con algunas reglas sencillas este lenguaje de marcado consigue plena legibilidad, sin dejar de ser flexible ni expresivo. Para mas información acerca de otras estructuras y el tratamiento especial caracteres reservados, referirse a la especificación del formato²⁹.

3.2.1.2. Vocabulario

Con intención de favorecer a la comunidad hispanoparlante el léxico que integra este lenguaje específico de dominio³⁰ esta compuesto, salvo contadas excepciones, por vocablos del diccionario español. De todos modos, son sencillas las modificaciones requeridas para habilitar la comprensión de términos equivalentes (en diferentes idiomas).

Para negociar con la noción inabarcable que significa dar soporte a cada aspecto musical esperado, siendo imposible anticipar todos las aplicaciones estipuladas en determinado sentido arbitrarias y/o circunstanciales, se propone un sistema de complementos de usuarios que habilita la salida y entrada de valores, para su manipulación externa a la rutina provista. Si bien en el uso este sistema se mostró prometedor, su naturaleza no excede el carácter experimental y es menesteroso promover mejoras y consideraciones adicionales.

Los componentes del léxico y el sistema de complementos son detallados en el primer apartado del capítulo siguiente.

3.2.2. Entorno

Tanto las abstracciones desarrolladas, así como también la rutina de instrucciones principales, esta escritas para el interprete *Python 3*³¹. Además de incorporar al entorno varios módulos de la “Librería Estándar”³² esta pieza de software está apoyada en otros dos complementos, el marco de trabajo “PyYAML”³³ para asistir con el análisis sintáctico, en combinación con la librería “MIDIutil”³⁴ encargada de la codificación.

En el mismo ánimo [con el que se compuso el vocabulario](#), el guion de acciones hace uso intensivo de idioma español. Esta decisión es en cierto aspecto cuestionable siendo mayoritarias las sentencias predefinidas en inglés impuestas por el entorno.

²⁹Ben-Kiki, Evans y Ingerson (2005) Apartado 5.3: Indicator Characters y Capítulo 6: Basic Structures.

³⁰(n.d.) (2019d)

³¹Rossum (2018)

³²(n.d.) (2018b)

³³(n.d.) (2018a)

³⁴Wirts (2016)

3.2.2.1. Analizador Sintáctico

El primer proceso en la rutina es el de consumir información subscrita, interpretarla y habilitarla para su manipulación posterior. Se confía esta tarea al analizador sintáctico *PyYAML*.

En la presentación oficial del entorno dice:

- Ser completamente capaz de analizar YAML en su version 1.1, comprendiendo todos los ejemplos de dicha especificación.
- Implementar un algoritmo referente gracias a su sencillez.
- Soportar la codificación de caracteres Unicode en la entrada y la salida.
- Analizar y emitir eventos de bajo nivel, con la posibilidad alternativa de emplear la librería de sistema LibYAML.
- Poseer una interface de programación de alto nivel sencilla para objetos nativos Python. Con soporte para todos los tipos de datos de la especificación.

3.2.2.2. Codificación de Salida

La cadena de procesos finaliza cuando la lista articulaciones resultante, hasta esta instancia abstracciones en memoria, es secuenciada en eventos, codificada y registrada en ficheros.

MIDIUtil es una biblioteca que posibilita generar piezas multi-parte en formato MIDI 1 y 2 desde rutinas de Python. Posee abstracciones que permite crear y escribir estos archivos con mínimo esfuerzo.

El autor escusa implementar selectivamente algunos de los aspectos más útiles y comunes de la especificación MIDI, argumentando tratarse de un gran documento en expansión a lo largo de décadas. A pesar de ser incompleta, las propiedades cubiertas fueron suficientes para este proyecto y sirvió como marco el objetivo de dar soporte a todo aspecto comprendido por la librería³⁵.

3.2.2.3. Otras herramientas

Para concluir el relato de método se mencionan dos herramientas accesorias de las cuales se hizo uso intensivo, tanto en el desarrollo de la investigación, como así también en la producción de este documento.

Siendo este proyecto texto-centrista, el ecosistema está incompleto sin un editor de texto apropiado³⁶. Para conseguir fluidez y consistencia la herramienta empleada para esta actividad tiene que poder operar según el contexto, manipular bloques, disponer de macros sencillos y configurables. Para estos asuntos se confió en Vim³⁷.

³⁵Wirts (2016) para mayor información consultar documentación de la librería.

³⁶Moolenaar (2000)

³⁷Qualline (2001)

El progreso y el respaldo en linea, fue agilizado por el sistema de control de versiones GIT.³⁸ Es con esta herramienta, que desde [este repositorio](#) se puede *clonar* el desarrollo, junto con las instrucciones para su instalación y uso.

Pese a que se comprenden estos temas en el dominio de usuario, se reconoce la ventaja y se sugiere el empleo de este tipo de herramientas.

4. Resultados

Se dedicada esta sección a detallar en profundidad el sistema propuesto. Comenzando por los constituyentes y preceptos, seguido los procesos de los cuales estos son objeto.

Concluyendo se expone la entrada, en formato YAML y la salida, representada en formato de partitura, de tres ejemplos: una melodía sencilla, un pieza con multiples partes y una discurso cuyos patrones son de duración no equivalente.

4.1. Gramática

Sobre [la estructura sentada por el protocolo optado](#) opera otro juego de reglas propio a este desarrollo que gobierna la combinatoria entre constituyentes. Luego de exponer estos principios se presenta el vocabulario concebido, que junto con la sintaxis completa esta gramática.

4.1.1. Sintaxis

El discurso musical de cada parte se organiza en dos niveles. Se distinguen las propiedades globales que afectan a la totalidad de la pista de las que en un siguiente domino, definen cualidades particulares a cada unidad musical³⁹.

De la lista dispuesta en el próximo apartado, en cuestiones constitutivas se destaca el término **forma**⁴⁰. Este indica la organización de unidades y recibe el mismo tratamiento a nivel macro que a nivel micro, en ambos casos **forma** representa una lista ordenada de elementos declarados disponibles en la paleta de **unidades**.

Si el elemento carece de este atributo ninguna otra unidad es invocada, por lo tanto se ejecuta el segmento.

Entonces existe un secuencia de secciones musicales de primer grado que es relativa a la pista, de ahí en adelante las unidades se refieren entre ellas hasta alcanzar segmentos de ultimo grado, resultando una organización de árbol⁴¹.

³⁸Torvalds y Hamano (2010)

³⁹Grela (1992) Se adopta la terminología *unidad* para referir elementos musicales y *grado* para denotar el alcance de dicho agrupamiento.

⁴⁰Se utiliza fuente tipográfica **monoespaciada** para resaltar el vocabulario propio de este proyecto.

⁴¹Pope (1986) Designing Musical Notations, Sequences And Trees.

Previo a la descripción del vocabulario aceptado y relacionada a esta organización es la gestión de herencia entre unidades, la sucesión de propiedades. Unidades invocadas heredan las cualidades del referente, que sobrescribe propiedades de los referidos.

4.1.2. Léxico

A modo de referencia, se describe el léxico acuñado aprovechando la distinción expuesta anteriormente entre propiedades generales a la pista y particulares a las unidades.

Para detallar cada término evitando redundancias, se organiza la información repitiendo la misma estructura para cada uno de ellos. Se presentan en línea: el término que identifica la propiedad, el tipo de dato que se espera, el valor asignado por defecto, luego una breve descripción y por último un ejemplo.

4.1.2.1. Propiedades de Pista

Los parámetros generales de cada pista son cuatro: El **nombre** de la pista define el rotulo soportado por el estándar MIDI que identifica dicha parte en la pieza, la paleta de **unidades** disponibles, la **forma** indica la secuencia de unidades de primer grado y los **complementos** de usuario.

nombre (cadena de caracteres) default: <empty>

Titulo de la pista.

```
nombre: 'Feliz Cumpleaños'
```

unidades (diccionario) default: [None]

Paleta de unidades disponibles (con sus propiedades respectivas) para ser invocadas en **forma**.

```
unidades:
  base: &base
    transportar: 72
    registracion: [ 0, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 12 ]
    metro: 3/4
  a: &a
    <<: *base
    alturas: [ 5, 5, 6, 5 ]
    duraciones: [ .75, .25, 1, 1 ]
  b: &b
    <<: *base
    alturas: [ 8, 7 ]
    duraciones: [ 1, 2 ]
  motivoA:
    forma: [ 'a', 'b' ]
```

```

motivoB:
  forma: [ 'b', 'b' ]

```

forma (lista de cadenas de caracteres) default: [None]
 Macro estructura de la pista. Lista de unidades a ser secuenciadas, cada elemento corresponde a un miembro de la paleta de **unidades**.

```

forma: [ 'motivoA', 'motivoB' ]

```

complementos (cadena de caracteres) default: None
 Ubicación de módulo con métodos de usuario.

```

complementos: 'enchufes.py'

```

4.1.2.2. Propiedades de Unidad

En el diccionario de unidades de la pista cada entrada representa una unidad disponible, que a su vez aloja sus cualidades. Esta es la lista de términos aceptados como propiedades de cada constituyente.

forma (lista de cadenas de caracteres) default: [None]
 Estructura de la unidad. Lista de unidades referidas a ser secuenciadas. Cada elemento corresponde a un miembro de la paleta de unidades.

```

forma: ['A', 'B']

```

alteraciones (número entero) default: 0
 Cantidad de alteraciones en la armadura de clave.
 Números positivos representan sostenidos y números negativos indican la cantidad bemoles.

```

alteraciones: -2 # Bb

```

modo (número entero) default: 0
 Modo de la escala.
 El número 0 indica que se trata de una escala mayor, mientras que el 1 representa tonalidad menor.

```

modo: 1 # menor

```

registracion (lista de enteros) default: [1]
 Conjunto de intervalos a ser indexados por el puntero de **alturas**.

	<pre> registracion: [-12,-10, -9, -7, -5, -3, -2, 0, 2, 3, 5, 7, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 19, 21, 22, 24] </pre>	
transportar (número entero)		default: 0
	Ajuste de alturas en semitonos	
	<pre>transportar: 60 # C</pre>	
transponer (número entero)		default: 0
	Transponer puntero de intervalo. Ajuste de alturas, pero dentro de la registracion fija.	
	<pre>transponer: 3</pre>	
metro (cadena de caracteres)		default: 4/4
	Clave de compás.	
	<pre>metro: 4/4</pre>	
reiterar (número entero)		default: 1
	Repeticiones, cantidad de veces q se toca esta unidad. Esta propiedad no es transferible, no se sucede (de lo contrario se reiteraran los referidos).	
	<pre>reiterar: 3</pre>	
canal (número entero)		default: 1
	Número de Canal.	
	<pre>canal: 3</pre>	
afinacionNota (diccionario)		default: None
	Afinación de nota.	
	<pre> afinacionNota: afinaciones: [[69, 50], [79, 60]] canalSysEx: 127 </pre>	

```
tiempoReal: true
programa: 0
```

afinacionBanco (diccionario) default: None
Afinación banco.

```
afinacionBanco:
  banco: 0
  ordenar: false
```

afinacionPrograma (diccionario) default: None
Afinacion Programa.

```
afinacionPrograma:
  programa: 0
  ordenar: false
```

RPN (diccionario) default: None
Realizar llamada a parámetro numerado registrado.

```
RPN:
  control_msb: 0
  control_lsb: 32
  data_msb: 2
  data_lsb: 9
  ordenar: True
```

NRPN (diccionario) default: None
Realizar llamada a parámetro numerado no registrado.

```
NRPN:
  control_msb: 0
  control_lsb: 32
  data_msb: 2
  data_lsb: 9
  ordenar: True
```

sysEx (diccionario) default: None
Agregar un evento de sistema exclusivo.

```
sysEx:
  fabricante: 0
  payload: !!binary ''
```

uniSysEx (diccionario) default: None

Agregar un evento de sistema exclusivo universal.

```
uniSysEx:
  codigo: 0
  subCodigo: 0
  payload: !!binary ''
  canal: 14
  tiempoReal: False
```

metodo-usuario (diccionario) default: None

El procedimiento para invocar métodos declarados como **complementos** de usuario es mediante su respectivo nombre, subordinando a este las propiedades de unidad que se quieran manipular y pasar como valores los argumentos que espera esta rutina.

```
unidades:
  a:
    alturas: [ 5, 5, 6, 5 ]
    fluctuar: # nombre del método
    dinamicas: .5 # propiedad : argumentos
    duraciones: .3 # propiedad : argumentos
    desplazar: # nombre del método
    duraciones: .25 # propiedad : argumentos
```

4.1.2.2.1. Articulaciones

Si bien estructuralmente no se distingue otra jerarquía, las siguientes propiedades actúan a nivel de articulación, se subscriben a unidades pero en vez de modificar al segmento como conjunto, resultan en un valor por cada articulación.

Comparten la cualidad de esperar listas de valores y proceso combinatorio al cual son sujetas es similar al empleado en la técnica compositiva del motete isorrítmico⁴², difiriendo en que el procedimiento no se limita a duraciones y alturas, abarca otras propiedades.

La cantidad de articulaciones producidas es equivalente al número de miembros en la serie mas extensa, se reiteran secuencialmente patrones mas cortos alineandose, hasta completar el total de articulaciones.

Es pertinente señalar la combinatoria que resulta indexando los valores de la serie de **alturas** como punteros en el conjunto intervalos de **registración** fija.

alturas (lista de números enteros) default: [1]

Punteros de intervalo.

Cada miembro es un índice de intervalo en el conjunto: **registracion**.

⁴²Variego (2018)

	<code>alturas:</code> [1, 3, 5, 8]	
voces	(lista de listas de números enteros)	default: None
	Superposición de alturas. Apilamiento de voces dentro de la registracion fija. Lista de listas, cada miembro es una voz y cada voz es un lista de enteros que se añade al puntero de intervalo.	
	<code>voces:</code> - [8, 6] - [5] - [3]	
BPMs	(lista de números enteros)	default: [60]
	Pulsos por minuto.	
	<code>BPMs:</code> [75, 65, 70]	
duraciones	(lista de números decimales)	default: [1]
	Largo de articulaciones, lista de factores relativos al de pulso.	
	<code>duraciones:</code> [1, .5, .5, 1, 1]	
dinamicas	(lista de números decimales)	default: [1]
	Lista ordenada de dinámicas. Factores de 127.	
	<code>dinamicas:</code> [1, .5, .4]	
programas	(lista de números enteros)	default: [None]
	Lista de números de instrumento MIDI en el banco actual.	
	<code>programas:</code> [25] # <i>Guitarra en banco GM</i>	
controles	(lista de listas de pares)	default: None
	Cambios de control. Secuencia de pares, número controlador y valor a asignar.	
	<code>controles:</code> - [70 : 80, 71 : 90, 72 : 100] - [33 : 121, 51 : 120] - [10 : 80, 11 : 90, 12 : 100, 13 : 100]	
tonos	(lista de enteros)	default: [0]
	Curva de entonaciones (pitch-bends).	

```
tonos: [ 666, -777, 0 ]
```

letras (lista de cadenas de caracteres)

default: [None]

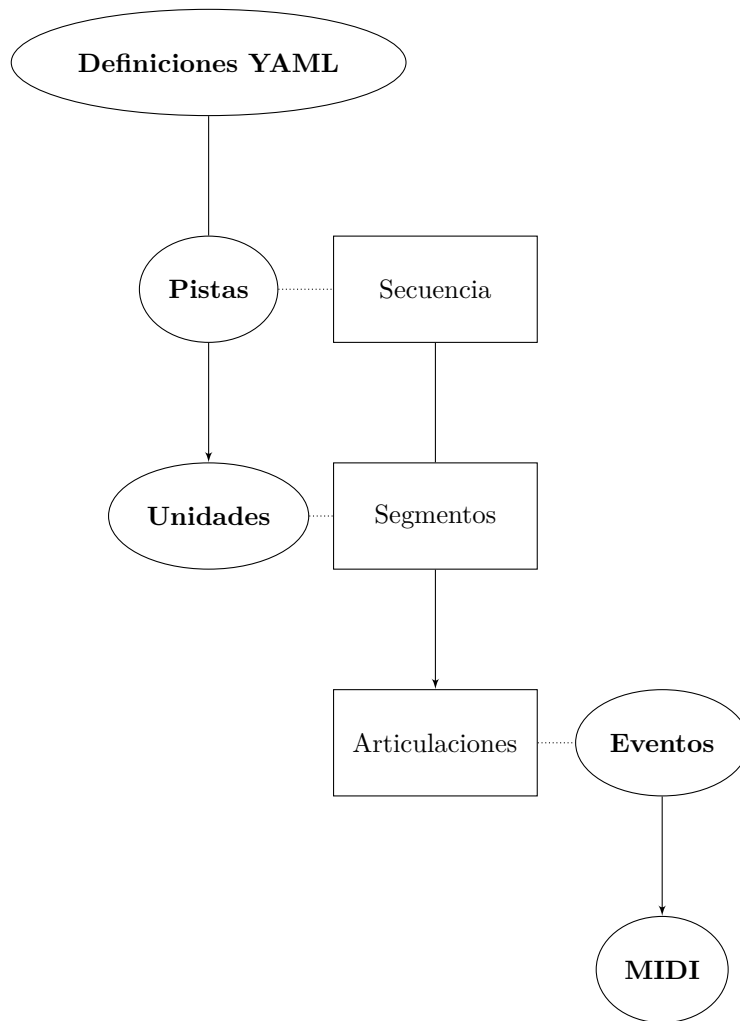
Texto. Versos o anotaciones.

```
letras: [ 'Hola', 'mundo.' ]
```

4.2. Implementación

En esta apartado se diagrama el flujo de procesos, se expone la estructura de la aplicación, detallando las funciones principales de cada componente y como están conectados entre ellos.

Antes de la descripción de cada capa de abstracción, se gráfica la cadena de procesos con intención de presentarla abarcable y facilitar su comprensión.



La rutina principal comienza leyendo, desde argumentos posicionales, definiciones de pista. Después de analizadas sintacticamente se entregan como diccionarios reunidos en una lista al módulo *Secuencia*.⁴³

El producto de dicha manipulación es una lista ordenada de llamadas a diversas funciones que operan el codificador, el cual concluye el programa emitiendo una secuencia de mensajes MIDI.

A continuación se expone el trazado de mecanismos internos, desde el nivel de abstracción superior *Secuencia*, alcanzando la capa *Articulación* comprendida como la más profunda.

⁴³Van Rossum y Drake Jr (1995) 10.3: Command Line Arguments, 5.5: Dictionaries, 3.1.3: Lists, 9: Classes.

4.2.1. Módulo: Secuencia

Después consolidar la información recibida como objetos de la clase *Pista*, estos son analizados en busca de cambios de parámetros en segmentos y articulaciones para componer, a partir de dichos pronunciamientos, un único flujo de instrucciones que espera el codificador MIDI.

Código: [Apéndice 6.1](#).

4.2.1.1. Pista

La acción principal de esta instancia es recorrer la macro estructura discriminar elementos que refieren a otros (sección) de los no refieren a ningún otro elemento (segmento)

al mismo tiempo que gestiona la suceción de propiedades entre referente y referidos

Código: [Apéndice 6.2](#).

4.2.1.2. Complemento

busca en la ubicacion declarada el archivo con metodos de usuario dispone rutinas contenidos en dicho modulo relativo a la pista habilitandoles como procesos para manipular propiedades

Código: [Apéndice 6.3](#).

4.2.1.3. Elemento

La única justificación de esta meta-clase ademas de ahorrar redundancias es habilitar una capa superior de conteo y agrupamiento entre *Secciones* y *Segmentos* para salida detallada

Código: [Apéndice 6.4](#).

4.2.1.4. Seccione

Esta instancia puede ser explicada como un fragmento musical sin articulaciones directamente vinculadas per se Es un grupo de otras secciones y/o segmentos pero no articulaciones

Código: [Apéndice 6.5](#).

4.2.1.5. Segmento

En contra partida, este constructor todos los mecanismos que producen grupos de articulaciones

prepara determinados valores para uso posterior/exterior/diferido alinea secuencialmente patrones dispares de propiedades del tipo lista analiza cambios de

valores en relación a segmentos precedentes gestion de alturas invoca el constructor de articulaciones y pasa el resultado de estas combinaciones como argumentos

Código: [Apéndice 6.6](#).

4.2.1.6. Articulación

Esta es la abstracción de pronunciamientos sonoros o no, cada evento musical manipula prepara determinados valores para uso posterior/exterior/diferido analiza cambios de valores en relación a articulaciones precedentes

Código: [Apéndice 6.7](#).

4.3. Demostraciones

Explicación de que ejemplo o demostración se va a discutir en cada sección.

4.3.1. Melodia Simple

Descripción

4.3.1.1. YAML

Código

4.3.1.2. Partitura

Captura

4.3.2. Múltiples Pistas

Descripción

4.3.2.1. YAML

Códigos

4.3.2.2. Partitura

Capturas

4.3.3. Polimetría

Patrones con duraciones no equivalentes

4.3.3.1. YAML

Códigos

4.3.3.2. Partitura

Capturas

5. Conclusiones

aplicaciones posibles en diferentes escenarios (online, archivología, livecoding) y varias disciplinas (IA, machine learning).

6. Apéndice

6.1. Secuencia

```
1 import os
2 from .pista import Pista
3 from .complementos import Complemento
4
5 class Secuencia:
6
7     def __init__(
8         self,
9         defs,
10        verbose = False,
11        copyright = False
12    ):
13        self.defs = defs
14        self.pistas = []
15        self.verbose = verbose
16        self.copyright = copyright
17
18        for d in defs:
19            pista = Pista(
20                nombre = d[ 'nombre' ],
21                paleta = d[ 'unidades' ],
22                forma = d[ 'forma' ],
23                secuencia = self,
24            )
25            self.pistas.append( pista )
26
27    @property
28    def complementos( self ):
29        complementos = []
30        for d in self.defs:
31            if 'complementos' in d:
```

```

32     p = d[ 'complementos' ]
33     if os.path.exists( p ):
34         # TODO Tirar execpcion
35         #and p not in Complemento.registro:
36         Complemento.registro.append( p )
37         c = Complemento( p )
38         complementos.append( c )
39     return complementos
40
41 @property
42 def eventos( self ):
43     """ A partir de cada definicion agrega una Pista. """
44     EVENTOS = []
45     for pista in self.pistas:
46
47         if self.verbose:
48             print( pista.verbose( self.verbose ) )
49
50         """ Generar track p/c pista """
51         delta = 0
52         track = pista.numero
53
54         """ Parametros de Pista Primer articulaci3n de la parte, agregar
55         eventos fundamentales: pulso, armadura de clave, comp3s y programa.
56         """
57         EVENTOS.append([
58             'addTrackName',
59             track,
60             delta,
61             pista.nombre
62         ])
63         if self.copyright:
64             EVENTOS.append([
65                 'addCopyright',
66                 track,
67                 delta,
68                 self.copyright
69             ])
70
71         """ Loop principal:
72         Genera una secuencia de eventos MIDI lista de articulaciones. """
73
74         for segmento in pista.segmentos:
75             canal = segmento.canal
76             #delta += segmento.desplazar
77

```

```

78     if delta < 0:
79         raise ValueError( 'No se puede desplazar antes q el inicio' )
80     pass
81
82     """ Agregar propiedades de segmento. """
83
84     if segmento.cambia( 'metro' ):
85         EVENTOS.append([
86             'addTimeSignature',
87             track,
88             delta,
89             segmento.metro[ 'numerador' ],
90             segmento.metro[ 'denominador' ],
91             segmento.metro[ 'relojes_por_tick' ],
92             segmento.metro[ 'notas_por_pulso' ]
93         ])
94
95     if segmento.cambia( 'bpm' ):
96         EVENTOS.append([
97             'addTempo',
98             track,
99             delta,
100             segmento.bpm,
101         ])
102
103     if segmento.cambia( 'clave' ):
104         EVENTOS.append([
105             'addKeySignature',
106             track,
107             delta,
108             segmento.clave[ 'alteraciones' ],
109             1, # multiplica por el n de alteraciones
110             segmento.clave[ 'modo' ]
111         ])
112
113     if segmento.afinacionNota:
114         EVENTOS.append([
115             'changeNoteTuning',
116             track,
117             segmento.afinacionNota[ 'afinaciones' ],
118             segmento.afinacionNota[ 'canalSysEx' ],
119             segmento.afinacionNota[ 'tiempoReal' ],
120             segmento.afinacionNota[ 'programa' ],
121         ])
122
123     if segmento.afinacionBanco:

```

```

124     EVENTOS.append([
125         'changeTuningBank',
126         track,
127         canal,
128         delta,
129         segmento.afinacionBanco[ 'banco' ],
130         segmento.afinacionBanco[ 'ordenar' ],
131     ])
132
133     if segmento.afinacionPrograma:
134         EVENTOS.append([
135             'changeTuningProgram',
136             track,
137             canal,
138             delta,
139             segmento.afinacionPrograma[ 'programa' ],
140             segmento.afinacionPrograma[ 'ordenar' ],
141         ])
142
143     if segmento.sysEx:
144         EVENTOS.append([
145             'addSysEx',
146             track,
147             delta,
148             segmento.sysEx[ 'fabricante' ],
149             segmento.sysEx[ 'payload' ],
150         ])
151
152     if segmento.uniSysEx:
153         EVENTOS.append([
154             'addUniversalSysEx',
155             track,
156             delta,
157             segmento.uniSysEx[ 'codigo' ],
158             segmento.uniSysEx[ 'subCodigo' ],
159             segmento.uniSysEx[ 'payload' ],
160             segmento.uniSysEx[ 'canal' ],
161             segmento.uniSysEx[ 'tiempoReal' ],
162         ])
163
164     if segmento.NRPN:
165         EVENTOS.append([
166             'makeNRPNCall',
167             track,
168             canal,
169             delta,

```

```

170         segmento.NRPN[ 'control_msb' ],
171         segmento.NRPN[ 'control_lsb' ],
172         segmento.NRPN[ 'data_msb' ],
173         segmento.NRPN[ 'data_lsb' ],
174         segmento.NRPN[ 'ordenar' ],
175     ])
176
177     if segmento.RPN:
178         EVENTOS.append([
179             'makeRPNCall',
180             track,
181             canal,
182             delta,
183             segmento.RPN[ 'control_msb' ],
184             segmento.RPN[ 'control_lsb' ],
185             segmento.RPN[ 'data_msb' ],
186             segmento.RPN[ 'data_lsb' ],
187             segmento.RPN[ 'ordenar' ],
188         ])
189
190     for articulacion in segmento.articulaciones:
191         """ Agrega cualquier cambio de parametro,
192         comparar cada uno con la articulacion previa. """
193
194         if articulacion.cambia( 'bpm' ):
195             EVENTOS.append([
196                 'addTempo',
197                 track,
198                 delta,
199                 articulacion.bpm,
200             ])
201
202         if articulacion.cambia( 'programa' ):
203             EVENTOS.append([
204                 'addProgramChange',
205                 track,
206                 canal,
207                 delta,
208                 articulacion.programa
209             ])
210
211         if articulacion.letra:
212             EVENTOS.append([
213                 'addText',
214                 track,
215                 delta,

```

```

216         articulacion.letra
217     ])
218
219     if articulacion.tono:
220         EVENTOS.append([
221             'addPitchWheelEvent',
222             track,
223             canal,
224             delta,
225             articulacion.tono
226         ])
227
228     """ Agregar nota/s (altura, duracion, dinamica).
229     Si existe acorde en la articulación armar una lista con cada voz
230     superpuesta. o una lista de solamente un elemento. """
231     voces = [ articulacion.altura ]
232     if articulacion.acorde:
233         voces = articulacion.acorde
234
235     for voz in voces:
236         EVENTOS.append([
237             'addNote',
238             track,
239             canal,
240             voz,
241             delta,
242             articulacion.duracion,
243             articulacion.dinamica
244         ])
245
246     if articulacion.controles:
247         """ Agregar cambios de control """
248         for control in articulacion.controles:
249             for control, valor in control.items():
250                 EVENTOS.append([
251                     'addControllerEvent',
252                     track,
253                     canal,
254                     delta,
255                     control,
256                     valor,
257                 ])
258
259     delta += articulacion.duracion
260     return EVENTOS

```

6.2. Pista

```
1 from argumentos import Excepcion
2 from .seccion import Seccion
3 from .segmento import Segmento
4
5 class Pista:
6     """
7     Clase para cada definicion de a partir de archivos .yaml
8     PISTA > Secciones > Segmentos > Articulaciones
9     """
10    cantidad = 0
11
12    def __str__( self ):
13        o = 'PISTA ' + str( self.numero ) + ': ' + str( self.nombre )
14        return o
15
16    def verbose( self, verbose = 0 ):
17        if verbose > 0:
18            o = str( self ) + ' '
19            o = str( self ) + ' '
20            o += '#' * ( 60 - len( o ))
21            if verbose > 1:
22                o += '\nELEM\t#\torden\tnivel\trecur\tnombre\n'
23                for e in self.elementos:
24                    o += e.verbose( verbose )
25                o += '\n'
26            return o
27
28    def __init__(
29        self,
30        nombre,
31        paleta,
32        forma,
33        secuencia
34    ):
35        self.nombre = nombre
36        self.paleta = paleta
37        self.forma = forma
38        self.secuencia = secuencia
39        self.numero = Pista.cantidad
40        Pista.cantidad += 1
41
42        self.secciones = []
43        self.segmentos = []
```

```

44     self.seccionar( self.forma )
45
46 @property
47 def elementos( self ):
48     return sorted(
49         self.secciones + self.segmentos,
50         key = lambda x: x.numero
51     )
52
53 @property
54 def tiempo( self ):
55     # duracion en segundos
56     return sum( [ s.tiempo for s in self.segmentos ] )
57
58 """ Organiza unidades según relacion de referencia """
59 def seccionar(
60     self,
61     forma = None,
62     nivel = 0,
63     herencia = {},
64     referente = None,
65 ):
66     nivel += 1
67     """ Limpiar parametros q no se heredan. """
68     herencia.pop( 'forma', None )
69     herencia.pop( 'reiterar', None )
70
71     for unidad in forma:
72         try:
73             if unidad not in self.paleta:
74                 error = "PISTA: \" + self.nombre + "\""
75                 error += " NO ENCUENTRO: \" + unidad + "\" "
76                 raise Excepcion( unidad, error )
77             pass
78             original = self.paleta[ unidad ]
79             sucesion = {
80                 **original,
81                 **herencia,
82             }
83             reiterar = 1
84             if 'reiterar' in original:
85                 reiterar = original[ 'reiterar' ]
86             for r in range( reiterar ):
87                 if 'forma' not in original:
88                     segmento = Segmento(
89                         pista = self,

```

```

90         nombre      = unidad,
91         nivel       = nivel - 1,
92         orden       = len( self.segmentos ),
93         recurrence  = sum(
94             [ 1 for e in self.segmentos if e.nombre == unidad ]
95         ),
96         referente    = referente,
97         propiedades  = sucesion,
98     )
99     self.segmentos.append( segmento )
100 else:
101     seccion = Seccion(
102         pista      = self.nombre,
103         nombre     = unidad,
104         nivel      = nivel - 1,
105         orden      = len( self.secciones ),
106         recurrence  = sum(
107             [ 1 for e in self.secciones if e.nombre == unidad ]
108         ),
109         referente   = referente,
110     )
111     seccion.referidos = original['forma']
112     self.secciones.append( seccion )
113     elemento = seccion
114     self.seccionar(
115         original[ 'forma' ],
116         nivel,
117         sucesion,
118         seccion,
119     )
120 except Excepcion as e:
121     print( e )

```

6.3. Complementos

```
1 import importlib.util as importar
2
3 class Complemento:
4
5     """ Interfaz minimalista para complementos de usuario.
6
7     Declarar ubicación del paquete en propiedades de track.
8     complementos: 'enchufes.py'
9
10    En propiedades de segmento invocar metodo y subscribir, propiedad y
11    argumentos.
12
13    metodo: # en: enchufes.py
14    propiedad_a_manipular1: argumentos
15    propiedad_a_manipular2: argumentos
16    fluctuar:
17        dinamicas: .5
18        alturas: 2
19    """
20
21    cantidad = 0
22    registro = []
23
24    def __str__(
25        self,
26    ):
27        return self.nombre
28
29    def __init__(
30        self,
31        path
32    ):
33        self.path = path
34        self.nombre = path.split( '.' )[ 0 ]
35        Complemento.cantidad += 1
36        spec = importar.spec_from_file_location(
37            self.nombre,
38            self.path
39        )
40        if spec:
41            modulo = importar.module_from_spec( spec )
42            spec.loader.exec_module( modulo )
43            self.modulo = modulo
```

6.4. Elemento

```
1 class Elemento():
2     """
3     Pista > ELEMENTOS
4     Metaclase base para, Secciones, Segmentos
5     """
6     cantidad = 0
7     def __str__( self ):
8         o = str( self.numero ) + '\t'
9         o += str( self.orden ) + '\t'
10        o += str( self.nivel ) + '\t'
11        o += str( self.recorrecncia ) + '\t'
12        o += '+' + str( '-' * ( self.nivel ) )
13        o += self.nombre
14        return o
15
16    def __init__(
17        self,
18        pista,
19        nombre,
20        nivel,
21        orden,
22        recorrecncia,
23        referente,
24    ):
25        self.pista = pista
26        self.nombre = nombre
27        self.nivel = nivel
28        self.orden = orden
29        self.recorrecncia = recorrecncia
30        self.referente = referente
31        self.numero = Elemento.cantidad
32        Elemento.cantidad += 1
```

6.5. Sección

```
1 from .elemento import Elemento
2
3 class Seccion( Elemento ):
4     cantidad = 0
5     """ Pista > SECCION > Segmentos > Articulaciones """
6
7     def verbose( self, verbose = 0 ):
8         o = self.tipo + ' '
9         o += str( self.numero_seccion ) + '\t'
10        o += str( self ) + ' '
11        o += '=' * ( 18 - ( len( self.nombre ) + self.nivel ) )
12        return o
13
14    def __init__(
15        self,
16        pista,
17        nombre,
18        nivel,
19        orden,
20        recurrencia,
21        referente
22    ):
23        Elemento.__init__(
24            self,
25            pista,
26            nombre,
27            nivel,
28            orden,
29            recurrencia,
30            referente
31        )
32        self.numero_seccion = Seccion.cantidad
33        Seccion.cantidad += 1
34        self.nivel = nivel
35        self.tipo = 'SECC'
```

6.6. Segmento

```
1 import math
2 from .elemento import Elemento
3 from .articulacion import Articulacion
4 from .complementos import Complemento
5
6
7 class Segmento( Elemento ):
8     """
9     Secuencia > Pista > Secciones > SEGMENTOS > Articulaciones
10    Conjunto de Articulaciones
11    """
12    cantidad = 0
13
14    defactos = {
15
16        # Propiedades de Segmento
17        'canal'      : 0,
18        'revertir'   : None,
19        'NRPN'       : None,
20        'RPN'        : None,
21
22        # Props. que NO refieren a Canal especifico
23        # ¿a Meta track? Igualmente midiutil las manda a canal 16...
24        'metro'      : '4/4',
25        'alteraciones' : 0,
26        'modo'       : 0,
27        'afinacionNota' : None,
28        'afinacionBanco' : None,
29        'afinacionPrograma' : None,
30        'sysEx'      : None,
31        'uniSysEx'   : None,
32
33        # Procesos de Segmento
34        'transportar' : 0,
35        'transponer'  : 0,
36        'reiterar'    : 1,
37
38        # Propiedades de Articulacion
39        'BPMs'       : [ 60 ],
40        'programas'  : [ None ],
41        'duraciones' : [ 1 ],
42        'dinamicas'  : [ 1 ],
43        'registracion' : [ 1 ],
```

```

44     'alturas'      : [ 1 ],
45     'letras'      : [ None ],
46     'tonos'       : [ 0 ],
47     'voces'       : None,
48     'controles'   : None,
49
50 }
51
52 def verbose( self, verbose = 0 ):
53     o = self.tipo + ' '
54     o += str( self.numero_segmento ) + '\t'
55     o += str( self ) + ' '
56     o += '-' * ( 18 - (len( self.nombre ) + self.nivel))
57     if verbose > 2:
58         o += '\nARTICULACIONES\n'
59         o += '#\tord\tbpm\tdur\tdin\talt\tltr\tton\tctrs\n'
60         for a in self.articulaciones:
61             o += str( a )
62     return o
63
64 def __init__(
65     self,
66     pista,
67     nombre,
68     nivel,
69     orden,
70     recurrence,
71     referente,
72     propiedades
73 ):
74     Elemento.__init__(
75         self,
76         pista,
77         nombre,
78         nivel,
79         orden,
80         recurrence,
81         referente
82     )
83     self.numero_segmento = Segmento.cantidad
84     Segmento.cantidad += 1
85     self.tipo = 'SGMT'
86     self.props = {
87         **Segmento.defactos,
88         **propiedades
89     }

```



```

90     """ PRE PROCESO DE SEGMENTO """
91
92     """ Cambia el sentido de los parametros de
93     articulacion """
94     self.revertir = self.props[ 'revertir' ]
95     if self.revertir:
96         if isinstance( self.revertir , list ):
97             for r in self.revertir:
98                 if r in self.props:
99                     self.props[ r ].reverse()
100         elif isinstance( self.revertir , str ):
101             if revertir in self.props:
102                 self.props[ self.revertir ].reverse()
103
104     self.canal          = self.props[ 'canal' ]
105     self.reiterar       = self.props[ 'reiterar' ]
106     self.transponer     = self.props[ 'transponer' ]
107     self.transportar    = self.props[ 'transportar' ]
108     self.alteraciones   = self.props[ 'alteraciones' ]
109     self.modos          = self.props[ 'modos' ]
110     self.afinacionNota  = self.props[ 'afinacionNota' ]
111     self.afinacionBanco = self.props[ 'afinacionBanco' ]
112     self.afinacionPrograma = self.props[ 'afinacionPrograma' ]
113     self.sysEx          = self.props[ 'sysEx' ]
114     self.uniSysEx       = self.props[ 'uniSysEx' ]
115     self.NRPN           = self.props[ 'NRPN' ]
116     self.RPN            = self.props[ 'RPN' ]
117     self.registracion   = self.props[ 'registracion' ]
118     self.programas      = self.props[ 'programas' ]
119     self.duraciones     = self.props[ 'duraciones' ]
120     self.BPMs           = self.props[ 'BPMs' ]
121     self.dinamicas      = self.props[ 'dinamicas' ]
122     self.alturas        = self.props[ 'alturas' ]
123     self.letras         = self.props[ 'letras' ]
124     self.tonos          = self.props[ 'tonos' ]
125     self.voces          = self.props[ 'voces' ]
126     self.capas          = self.props[ 'controles' ]
127
128     self.bpm = self.BPMs[0]
129     self.programa = self.programas[0]
130
131
132     """ COMPLEMENTOS
133         Pasar propiedades por metodos de usuario
134     """
135     for complemento in self.pista.secuencia.complementos:

```

```

136         for metodo in dir( complemento.modulo ):
137             if metodo in self.props:
138                 for clave in self.props[ metodo ]:
139                     original = getattr( self, clave )
140                     argumentos = self.props[ metodo ][ clave ]
141                     #print( metodo, ':', clave, argumentos )
142                     modificado = getattr(
143                         complemento.modulo,
144                         metodo,
145                     )( original, argumentos )
146                     setattr( self, clave, modificado )
147
148
149 @property
150 def precedente( self ):
151     n = self.orden
152     o = self.pista.segmentos[ n - 1 ]
153     return o
154
155 def obtener( self, key ):
156     try:
157         o = getattr( self, key )
158         return o
159     except AttributeError as e:
160         return e
161
162 def cambia(
163     self,
164     key
165 ):
166     este = self.obtener( key )
167     anterior = self.precedente.obtener( key )
168     if (
169         self.orden == 0
170         and este
171     ):
172         return True
173     return anterior != este
174
175 @property
176 def tiempo( self ):
177     # duracion en segundos
178     return sum( [ a.tiempo for a in self.articulaciones ] )
179
180 @property
181 def metro( self ):

```

```

182     metro = self.props[ 'metro' ].split( '/' )
183     denominador = int(
184         math.log10( int( metro[ 1 ] ) ) / math.log10( 2 )
185     )
186     return {
187         'numerador'      : int( metro[ 0 ] ),
188         'denominador'    : denominador,
189         'relojes_por_tick' : 12 * denominador,
190         'notas_por_pulso'  : 8,
191     }
192
193 @property
194 def clave( self ):
195     return {
196         'alteraciones' : self.alteraciones,
197         'modo'         : self.modo
198     }
199
200 @property
201 def ganador( self ):
202     """ Evaluar que propiedad lista es el que mas valores tiene. """
203     self.ganador_voces = [ 0 ]
204     if self.voces:
205         self.ganador_voces = max( self.voces, key = len )
206     self.ganador_capas = [ 0 ]
207     if self.capas:
208         self.ganador_capas = max( self.capas , key = len )
209
210     candidatos = [
211         self.dinamicas,
212         self.duraciones,
213         self.alturas,
214         self.letras,
215         self.tonos,
216         self.BPMs,
217         self.programas,
218         self.ganador_voces,
219         self.ganador_capas,
220     ]
221     return max( candidatos, key = len )
222
223 @property
224 def cantidad_pasos( self ):
225     return len( self.ganador )
226
227 @property

```

```

228 def articulaciones( self ):
229
230     """ Consolidar "articulacion"
231     combinar parametros: altura, duracion, dinamica, etc. """
232     o = []
233     for paso in range( self.cantidad_pasos ):
234         """ Alturas, voz y superposición voces. """
235         altura = self.alturas[ paso % len( self.alturas ) ]
236         acorde = []
237         nota = altura
238         """ Relacion: altura > puntero en el set de registracion;
239         Trasponer dentro del set de registracion, luego Transportar,
240         sumar a la nota resultante. """
241         n = self.registracion[
242             ( ( altura - 1 ) + self.transponer ) % len( self.registracion )
243         ]
244         nota = self.transportar + n
245         """ Armar superposicion de voces. """
246         if self.voces:
247             for v in self.voces:
248                 voz = (
249                     altura + ( v[ paso % len( v ) ] ) - 1
250                 ) + self.transponer
251                 acorde += [
252                     self.transportar +
253                     self.registracion[ voz % len( self.registracion ) ]
254                 ]
255         """ Cambios de control. """
256         controles = []
257         if self.capas:
258             for capa in self.capas:
259                 controles += [ capa[ paso % len( capa ) ] ]
260         """ Articulación a secuenciar. """
261         articulacion = Articulacion(
262             segmento = self,
263             orden = paso,
264             bpm = self.BPMs[ paso % len( self.BPMs ) ],
265             programa = self.programas[ paso % len( self.programas ) ],
266             duracion = self.duraciones[ paso % len( self.duraciones ) ],
267             dinamica = self.dinamicas[ paso % len( self.dinamicas ) ],
268             nota = nota,
269             acorde = acorde,
270             tono = self.tonos[ paso % len( self.tonos ) ],
271             letra = self.letras[ paso % len( self.letras ) ],
272             controles = controles,
273         )

```

```
274         o.append( articulacion )
275     return o
276
```

6.7. Articulación

```
1 class Articulacion:
2
3     """ Pista > Segmentos > ARTICULACIONES """
4
5     cantidad = 0
6
7     def __str__( self ):
8         o = str( self.numero ) + '\t'
9         o += str( self.orden ) + '\t'
10        o += str( self.bpm ) + '\t'
11        o += str( self.duracion ) + '\t'
12        o += str( self.dinamica ) + '\t'
13        o += str( self.altura ) + '\t'
14        o += str( self.letra ) + '\t'
15        o += str( self.tono ) + '\t'
16        o += str( self.controles ) + '\n'
17        return o
18
19     def __init__(
20         self,
21         segmento,
22         orden,
23         bpm,
24         programa,
25         duracion,
26         dinamica,
27         nota,
28         acorde,
29         tono,
30         letra,
31         controles,
32     ):
33         self.numero = Articulacion.cantidad
34         Articulacion.cantidad += 1
35
36         self.segmento = segmento
37         self.orden = orden
38         self.bpm = bpm
39         self.programa = programa
40         self.tono = tono
41         self._dinamica = dinamica
42         self.duracion = duracion
43         self.controles = controles
```

```

44     self.altura      = nota
45     self.letra       = letra
46     self.acorde      = acorde
47
48     @property
49     def precedente( self ):
50         n = self.orden
51         o = self.segmento.articulaciones[ n - 1]
52         if n == 0:
53             o = self.segmento.precedente.articulaciones[ - 1 ]
54         return o
55
56     def obtener( self, key ):
57         try:
58             o = getattr( self, key )
59             return o
60         except AttributeError as e:
61             return e
62
63     def cambia( self, key ):
64         este = self.obtener( key )
65         anterior = self.precedente.obtener( key )
66         if (
67             self.segmento.orden == 0
68             and self.orden == 0
69             and este
70         ):
71             return True
72         return anterior != este
73
74     @property
75     def relacion( self ):
76         return 60 / self.bpm
77
78     @property
79     def tiempo( self ):
80         # duracion en segundos
81         return self.duracion * self.relacion
82
83
84     @property
85     def dinamica( self ):
86         viejo_valor = self._dinamica
87         viejo_min = 0
88         viejo_max = 1
89         nuevo_min = 0

```

```
90     nuevo_max = 126
91     nuevo_valor = (
92         ( viejo_valor - viejo_min ) / ( viejo_max - viejo_min )
93     ) * ( nuevo_max - nuevo_min ) + nuevo_min
94     return int( min( max( nuevo_valor, nuevo_min ), nuevo_max ) )
```

Bibliografía

- BEN-KIKI, O., EVANS, C. y INGERSON, B., 2005. Yaml ain't markup language (yaml™) version 1.1. *yaml.org, Tech. Rep*, pp. 23.
- BEN-KIKI OREN, E.C. y INGY, 2009. YAML Version 1.2 Specification. [en línea]. Disponible en: <http://yaml.org/spec/1.2/spec.html>.
- CLARK, C. y TINDALE, A., 2014. Flocking: A Framework for Declarative Music-Making on the Web. *The Joint Proceedings of the ICMC and SMC*, vol. 1, no. 1, pp. 50-57.
- COOMBS, J.H., RENEAR, A.H. y DEROSE, S.J., 1987. Markup Systems and the Future of Scholarly Text Processing. *Commun. ACM* [en línea], vol. 30, no. 11, pp. 933-947. ISSN 0001-0782. DOI [10.1145/32206.32209](https://doi.org/10.1145/32206.32209). Disponible en: <http://doi.acm.org/10.1145/32206.32209>.
- GOOD, M., 2001. MusicXML: An Internet-Friendly Format for Sheet Music. *Proceedings of XML* [en línea], Disponible en: <http://michaelgood.info/publications/music/musicxml-an-internet-friendly-format-for-sheet-music/>.
- GRAHAM, P., 2001. *Beating the Averages* [en línea]. 2001. Estados Unidos: Franz Developer Symposium; www.paulgraham.com. Disponible en: <http://www.paulgraham.com/avg.html>.
- GRELA, D., 1992. *Análisis Musical: Una Propuesta Metodológica*. 1992. Rosario, Santa Fe, Argentina: Facultad de Humanidades y Artes. SERIE 5: La música en el Tiempo. N°1.
- HAUS, G. y LUDOVICO, L., 2007. Music Representation of Score, Sound, MIDI, Structure and Metadata All Integrated in a Single Multilayer Environment Based on XML.. S.l.: s.n.,
- HUNT, A. y THOMAS, D., 1999. *The Pragmatic Programmer: From Journeyman to Master*. S.l.: The Pragmatic Bookshelf. ISBN [9780201616224](https://www.amazon.com/dp/9780201616224).
- HUNTLEY, G., 2019. Interprete de Comandos. [en línea]. Disponible en: <https://noyaml.com/>.
- LEEK, J., 2017. The future of education is plain text. [en línea]. Disponible en: <https://simplystatistics.org/2017/06/13/the-future-of-education-is-plain-text>.
- (MMA), M.M.A., 1996. Standard MIDI Files (SMF) Specification. [en línea]. Disponible en: <https://www.midi.org/specifications-old/item/standard-midi-files-smf>.
- MOOLENAAR, B., 2000. Seven habits of effective text editing. [en línea]. Disponible en: <http://moolenaar.net/habits.html>.
- (N.D.), 2018a. PyYAML is a full-featured YAML framework for the Python programming language. [en línea]. Disponible en: <https://pyyaml.org/>.
- (N.D.), 2018b. The Python Standard Library. [en línea]. Disponible en: <https://docs.python.org/3/library/index.html>.

- (N.D.), 2019a. Analizador sintáctico. [en línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Analizador_sint%C3%A1ctico.
- (N.D.), 2019b. Interprete de Comandos. [en línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Int%C3%A9rprete_\(inform%C3%A1tica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Int%C3%A9rprete_(inform%C3%A1tica)).
- (N.D.), 2019c. Interprete de Comandos. [en línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Codificaci%C3%B3n_digital.
- (N.D.), 2019d. Lenguaje específico de dominio. [en línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_espec%C3%ADfico_de_dominio.
- (N.D.), 2019e. YAML Test Matrix. [en línea]. Disponible en: <https://matrix.yaml.io/valid.html>.
- OUALLINE, S., 2001. *Vi iMproved*. S.l.: New Riders Publishing.
- PENFOLD, R.A., 1992. *Advanced MIDI Users Guide*. United Kingdom: PC Publishing. ISBN [978-1870775397](#).
- POPE, S.T., 1986. Music Notations and the Representation of Musical Structure and Knowledge. *Perspectives of New Music* [en línea], vol. 24, no. 2, pp. 156-189. DOI [10.2307/833219](#). Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/833219>.
- RAYMOND, E.S., 1997. *The Cathedral and the Bazaar*. 1997. Estados Unidos: Linux Kongress; O'Reilly Media.
- RAYMOND, E.S., 1999. *The Art of UNIX Programming*. Estados Unidos: Addison-Wesley Professional. ISBN [978-0131429017](#).
- ROSSUM, G.V., 2018. Python 3.7. [en línea]. Disponible en: <https://docs.python.org/3/>.
- SELFRIDGE-FIELD, E., 1997. *Beyond MIDI: The Handbok of Musical Codes*. Estados Unidos: The MIT Press. ISBN [9780262193948](#).
- STEYN, J., 2001. Music Markup Language. [en línea]. Disponible en: <https://steyn.pro/mml>.
- TORVALDS, L. y HAMANO, J., 2010. Git: Fast version control system. URL <http://git-scm.com>,
- VAN ROSSUM, G. y DRAKE JR, F.L., 1995. *Python tutorial*. S.l.: Centrum voor Wiskunde en Informatica Amsterdam.
- VARIEGO, J., 2018. *Composición algorítmica. Matemáticas y ciencias de la computación en la creación musical*. S.l.: Universidad Nacional de Quilmes. ISBN [978-987-558-502-7](#).
- WALL, L., 1999. Perl, the first postmodern computer language. [en línea]. Disponible en: <https://www.perl.com/pub/1999/03/pm.html>.
- WILD, J., 1996. A Review of the Humdrum Toolkit: UNIX Tools for Musical Research, created by David Huron. *Music Theory Online*, vol. 2, no. 7.

WIRTS, M.C., 2016. MIDIUtil. [en línea]. Disponible en: <https://midiutil.readthedocs.io>.

YZAGUIRRE, G., 2016. Manifiesto del Laboratorio de Software Libre. [en línea]. Disponible en: https://labsl.multimediales.com.ar/Manifiesto_del_Laboratorio_de_Software_Libre_.html.