

**CSOUND COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA
UNA INTRODUCCIÓN A LA COMPOSICIÓN
ELECTRÓNICA: ESTUDIO DE CASO DE UNA
MINIATURA MUSICAL “(IN)HARMONIC STUDY”**

***CSOUND AS A DIDACTIC TOOL FOR AN INTRODUCTION
TO ELECTRONIC COMPOSITION: CASE STUDY OF A
MUSIC MINIATURE
“(IN)HARMONIC STUDY”***

Bohdan Syroyid Syroyid
<http://orcid.org/0000-0002-2281-9207>

Universidad de Castilla-La Mancha
Universidad Internacional de La Rioja
The University of Rhode Island

RESUMEN

Csound es un lenguaje de programación que facilita la composición de música electrónica a través de una interfaz de código mediante el programa CsoundQt. A pesar de su potencial técnico y musical para la creación de música electrónica, CsoundQt es una aplicación que actualmente cuenta con una difusión algo limitada en las aulas de composición. El objetivo de este artículo es presentar aspectos que puedan resultar de utilidad para la docencia de la composición electrónica mediante Csound. Como estudio de caso, se proporciona un análisis tímbrico con Sonic Visualiser de “(In)harmonic Study”, una breve composición original que explora diversos modelos de síntesis de sonido en una estructura musical que alterna estados de armonicidad e inarmonicidad. Asimismo, en los anexos se facilita la partitura completa y el audio en formato mp3 de la pieza con la finalidad de facilitar un estudio más detallado de las posibilidades musicales de Csound.

Palabras clave: Csound, Música Electrónica; Didáctica de la Composición; Análisis Musical; Educación Musical

ABSTRACT

Csound is a programming language that facilitates the composition of electronic music by means of a coding interface in the software CsoundQt. In spite of its technical and musical potential for the creation of electronic music, Csound is a software that currently has a rather limited spread in composition classrooms. The main goal of this article is to present aspects that might be useful for the teaching of electronic composition by means of Csound. As a case study, a timbral analysis by means of Sonic Visualiser is provided for the piece “(In)harmonic Study”, an original composition that explores diverse sound synthesis models in a musical structure that alternates between states of harmonicity and inharmonicity. Likewise, the full score and mp3 audio of the piece is provided in the annexes with the aim of listening to and illustrating the musical possibilities of Csound.

Keywords: Csound, Electronic Music; Composition; Music Analysis; Music Education

INTRODUCCIÓN

Csound (2020) es un programa gratuito pionero en el ámbito de la síntesis de sonido. Fue desarrollado en el año 1984 por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y continúa siendo un referente clásico para la composición musical electrónica debido a su gran flexibilidad y potencial musical reforzado mediante las numerosas actualizaciones y ampliaciones del programa. Según Iniesta Serrano (2016) “*Csound* es una herramienta muy potente para los músicos, pero a pesar de su potencial no ha tenido la aceptación suficiente. En parte esto es debido a que para utilizar *Csound* es necesario escribir código” (p. 9). Consecuentemente, el presente artículo tiene como objetivo paliar esta laguna ofreciendo una breve introducción a las funciones más elementales e importantes de Csound ilustrando y analizando una composición original “(In)harmonic Study”.¹

Ante el eminente riesgo de arrojar demasiada información que pueda resultar compleja para el lector interesado en el acercamiento a la síntesis sonora, se ha intentado simplificar al máximo la exposición técnica de las funciones elementales de Csound. Con ello, se aporta una visión general sobre la estructura del código, la notación de eventos y la definición de varios tipos de instrumentos (envolventes dinámicas, VCO2, automatizaciones lineales, etc.). No obstante, para una adecuada comprensión de las herramientas que se exponen en este artículo será necesario disponer de unas nociones básicas acerca de música electrónica, la síntesis de sonido, así como los parámetros del sonido (amplitud, frecuencia, duración).

Según los autores de *The Canonical Csound Reference Manual*, Csound es un “unit generator-based, user-programmable computer music system” [sistema de música para ordenador programable por el usuario y basado en la generación de unidades] (Vercoe et al., 2008, pt. “Introduction”). A pesar de ser un programa gratuito que cuenta ya con más de tres décadas de historia, las nuevas actualizaciones, ampliaciones y mejoras han hecho colosales las posibilidades del programa en su versión actual, Csound 6.14.0.

Csound still has the largest and most varied set of unit generators, is the best documented, runs on the most platforms, and is the easiest to extend. It is possible to compile Csound using double-precision arithmetic throughout for superior sound quality. In short, Csound must be considered one of the most powerful musical instruments ever created. [Csound todavía tiene el conjunto de generadores de unidades más grande y variado, es el mejor documentado, funciona en la mayoría de las plataformas y es el más fácil de extender. Es posible compilar Csound utilizando aritmética de doble precisión para obtener una calidad de sonido superior. En resumen, Csound debe considerarse como uno de los instrumentos musicales más poderosos

¹ En el Anexo A, puede escucharse audio completo de la pieza, mientras que el Anexo B facilita la partitura completa en Csound escrita en código directamente

jamás creados] (Vercoe et al. (2008, pt. “Introduction”).

Hoy en día, existe una importante comunidad internacional entorno a Csound. En este sentido, destacan los congresos internacionales bianuales, *Internacional Csound Conference* (ICSC), que celebraron su quinta edición en Italia en septiembre de 2019. Ediciones anteriores fueron acogidas en Alemania, Estados Unidos, Rusia e Irlanda. También es destacable la revista electrónica, *Csound Journal*, editada por McCurdy y Hearon (2017) activa en el periodo 1999–2017, aunque discontinuada en los años más recientes. Progresivamente aumenta la colección de libros publicados, principalmente en inglés, sobre Csound, a saber: *Csound: A Sound and Music Computing System* (Lazzarini et al., 2016), *Inside Csound* (Zucco, 2014) *Csound Power* (Aikin, 2012), *Virtual Sound* (Bianchini & Cipriani, 2008), *Generación y procesamiento de sonido y música a través del programa Csound* (Di Liscia, 2004).

CUESTIONES METODOLÓGICAS

El objetivo principal de este artículo es explorar las posibilidades compositivas de Csound mediante una serie de códigos de programación simples con la finalidad de exhibir el potencial musical que presenta esta herramienta para la composición de música electroacústica. Para alcanzar este objetivo general se propone una serie de objetivos más concretos:

1. Realizar una breve introducción técnica a aspectos elementales del lenguaje de programación Csound con la finalidad de familiarizar al lector no especializado con las funciones básicas.
2. Componer una pieza musical de 60 segundos de duración en Csound haciendo un uso exclusivo del tipo de funciones básicas expuestas en la introducción técnica.
3. Presentar un análisis musical de la pieza compuesta con la finalidad de detallar las técnicas compositivas empleadas, así como resaltar la complejidad y coherencia musical que puedan alcanzarse a través de funciones básicas en Csound.

Para alcanzar el primer objetivo se realizará una breve introducción técnica a Csound (2020), programa que puede descargarse gratuitamente a través de la página oficial de su desarrollador². En esta exposición teórica se facilitará una serie de códigos que pueden reutilizarse para la enseñanza de las técnicas de síntesis de sonidos electrónicos, así como la composición de piezas originales mediante la repetición, modificación y adición de técnicas expuestas. Con la finalidad de proporcionar material complementario se hará referencia a la literatura existente sobre Csound para permitir una mayor profundización para el lector interesado.

En relación con el segundo objetivo, se adjunta en el anexo A el audio de la pieza “(In)harmonic Study”, compuesta expresamente para ilustrar algunas de las posibilidades técnicas de Csound para la generación de música electrónica mediante la síntesis de sonido. Asimismo, en el anexo B se facilita la partitura completa de la pieza con instrucciones y comentarios orientativos. Estos últimos, están resaltados en color verde y precedidos por punto y coma (;) con la finalidad de que al copiarse en el compilador no sean leídos por Csound instrucciones, evitando así producir un error en la renderización.

El proceso que se ha seguido para la composición de “(In)harmonic Study” ha consistido en la superposición de diversas capas de código generando una serie de objetos sonoros. Para facilitar la comprensión del proceso compositivo, en la segunda parte del artículo se presenta un análisis musical por parámetros de la pieza resaltando la coherencia

² La página oficial de *Csound: A Sound and Music Computing System* [Csound: Un sistema de computación de sonido y música] es <https://csound.com/>

y unidad musical mediante el uso de valores basados en la sucesión de Fibonacci. Al mismo tiempo, desde el punto de vista formal se ha trazado una alternancia entre estados de armonicidad e inarmonicidad. Para resaltar el aspecto tímbrico, se ha recurrido a espectrogramas generados en Sonic Visualiser (Cannam, Landone y Sandler, 2010)³.

CSOUND COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA COMPOSICIÓN DE MÚSICA ELECTRÓNICA

En castellano existe bastante literatura que presenta un acercamiento a Csound desde el punto de vista técnico, desde manuales para ingenieros de ondas (Pérez-Macías y Cuesta de Diego, 2004), hasta apuntes universitarios publicados en línea (Sánchez de la Rosa, 2008), pasando por la traducción al castellano por Servando Valero de la versión canónica inglesa del manual de referencia oficial de Csound (Vercoe et al, 1997). No obstante, son bastante escasas las publicaciones enfocadas en la discusión de esta herramienta desde la perspectiva de la composición musical. En este sentido, Rogozinsky (2011) aporta una serie de observaciones acerca de su propia experiencia en la docencia de Csound a estudiantes de composición.

I should give a warning here about the ‘passive’ learning where students mechanically copy the code for example instruments from the projector screen into their workbook or laptop only to forget how they work soon after. To obviate this problem, I ask students to modify the give examples at home but with some simple alterations [Debería dar una advertencia aquí sobre el aprendizaje "pasivo" en el que los estudiantes copian mecánicamente el código, por ejemplo, los instrumentos de la pantalla del proyector en su cuaderno o portátil solo para poco después olvidar cómo funcionan. Para obviar este problema, les pido a los alumnos que modifiquen los ejemplos que se dan en casa, pero con algunas alteraciones simples]. (Rogozinsky, 2011, p. 233)

Estructura Esencial: Orquesta y Partitura

En esta breve introducción se profundizará en los dos bloques estructurales de Csound más importantes: la orquesta (instruments) y la partitura (score) (véase Figura 1). “Cuando ejecutas Csound con una orquesta y partitura determinadas, la partitura es ordenada en el tiempo, la orquesta traducida y cargada y las tablas de onda calculadas y rellenas antes de ejecutar la partitura” (Pérez-Macías y Cuesta de Diego, 2004, p. 2). Las descripciones de la presente sección están diseñadas de tal manera que puedan permitir al lector una comprensión completa del código presentado en el Anexo B, con la pieza original “(In)harmonic study”. Tal y como se señaló en las cuestiones metodológicas, el uso del punto y coma (;) permite añadir cualquier tipo de comentarios que no serán renderizados por Csound. Tanto en el anexo B, así como en las diversas figuras de esta sección, los comentarios han sido resaltados en verde con la finalidad de facilitar la lectura y destacar las diferentes partes del código. En la Figura 1 se muestra la estructura elemental para un proyecto de Csound en el que se vayan a utilizar mensajes de eventos para activar diversos instrumentos.

³ La página oficial de *Sonic Visualiser: An Open Source Application for Viewing, Analysing, and Annotating Music Audio Files* [Sonic Visualiser: Una aplicación de código abierto para la visualización, análisis y anotación de ficheros de audio musicales] es <https://www.sonicvisualiser.org/>

```
<CsoundSynthesizer>
  <CsInstruments>
    ;definir en este espacio los instrumentos (orquesta)
  </CsInstruments>
  <Cscore>
    ;definir los diversos eventos que vayamos a utilizar
  </Cscore>
</CsoundSynthesizer>
```

Figura 1: Estructura básica para la definición de instrumentos y partitura
Fuente: Elaboración propia a partir de Vercoe et al. (2008)

Notación de Eventos en la Partitura

En la partitura cada línea corresponde a un evento que deberá empezar por la letra *i* seguida de uno o varios espacios. Conviene señalar que Csound no diferencia la cantidad de espacios que uno utiliza dentro de una misma línea. Uno puede utilizar varios espacios para separar las diversas filas en base a un criterio personal de legibilidad en la partitura. En el caso de la Figura 2 se han definido cinco columnas (p1–p5) además de la columna *i*. La primera columna (p1) siempre hace referencia al instrumento que vayamos a utilizar. Este número debe coincidir con el que se vaya a asignar en la definición de los instrumentos en la primera sección del código (refiérase a la Figura 3 situada en la siguiente sección).

```
<Cscore>
;      p1      p2      p3      p4      p5
i      102      0       0.1     2100    200
</Cscore>
```

Figura 2: Estructura básica para la definición de eventos
Fuente: Elaboración propia a partir de Vercoe et al. (2008)

La segunda columna (p2) siempre indica el tiempo en segundos en el que ha de comenzar el evento. Si se desea incluir decimales, estos han de ir separados por un punto. En cambio, la tercera columna (p3) siempre indica la duración total del evento en cuestión. Por otro lado, las columnas p4 y p5 son opcionales y un mayor número de columnas puede ser añadido libremente. No obstante, cada una de estas columnas ha de ser definida para cada instrumento en concreto dentro del primer bloque del código (<CsInstruments>) (véase Figura 3).

Definición de un Oscilador con Envolvente Dinámica Asignable

Una vez definida la estructura básica de nuestra partitura debemos proceder con la definición de los instrumentos que se vayan a utilizar. La Figura 3 muestra un ejemplo de

un oscilador sinusoidal con una envolvente asignable. La primera fila *instr 101* hace referencia al nombre del instrumento. En concreto, el número, en este caso 101, puede ser libremente determinado, mientras que la palabra *instr* es un comando que debe mantenerse fijo. Se puede utilizar cualquier número para nombrar los instrumentos, pero se ha de tener en consideración que dicho número deberá ser referenciado en la partitura cuando se defina un evento. La última fila del instrumento *endin* es un comando genérico que indica el final del instrumento en sí.

La fila *endin* ha de ser precedida por el comando *out* seguido de un parámetro, p. ej.: *aSin*. La palabra *out* significa salida y debe escribirse siempre igual en los diversos comandos de instrumentos. No obstante, *aSin* ha sido libremente elegida y puede ser sustituida por cualquier otra palabra. Esta última tiene que ser siempre definida en la fila precedente. En este caso, *aSin* se define como un oscilador sinusoidal con una amplitud y frecuencia asignables por los parámetros *k1* y *p5*, respectivamente (véase Figura 3).

```
<CsoundSynthesizer>
  <CsInstruments>

    instr 101 ; nombre del instrumento = 101

                ;xamp,  irise,  idur,  idec
    k1 linen  p4,    p6,    p3,    p7 ; definición de envolvente

                ;amplitud  ;frecuencia  ; timbre definido en f1
    aSin oscil  k1,    p5,    1

    out aSin ; salida del instrumento
    endin ; indica el final del instrumento

  </CsInstruments>
  <Cscore>

    f1 0 4096 10 1 ; onda sinusoidal

  </Cscore>
</CsoundSynthesizer>
```

Figura 3: Ejemplo de oscilador con envolvente dinámica asignable
Fuente: Elaboración propia a partir de Vercoe et al. (2008)

La amplitud del instrumento 101 viene asignada por el parámetro *k1*, que a su vez se define en la línea precedente mediante el comando *linen*. El comando *linen* es un operador estándar en Csound que permite la automatización de la envolvente de un sonido: ASR (ataque, sostenimiento y relajación). Esta envolvente se ha de definir mediante cuatro valores separados por comas que reciben los siguientes nombres: *xamp*, *irise*, *idur*, *idec* (véase Figura 4). El parámetro *xamp* define la amplitud general del sonido; *irise*, la duración del ataque (attack) de la envolvente; mientras que *idec* el tiempo de relajación (release) del sonido. En este sentido, el parámetro *idur* define la duración total del sonido y también la duración de la fase de sostenimiento (sustain), la cual equivale a $idur - (irise + idec)$.

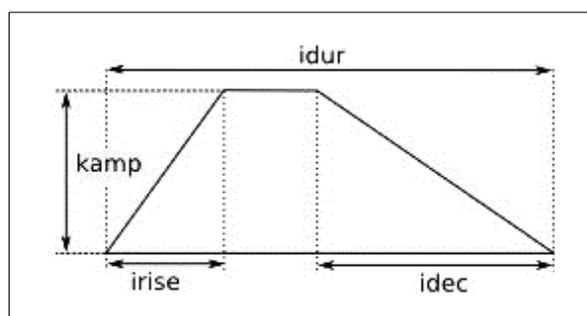


Figura 4: Parámetros automatizables en el operador *linen*
Fuente: Recuperado de Vercoe et al. (2008)

En el caso del instrumento 101 (Figura 2), los cuatro parámetros de la envolvente *linen* vienen determinados por los parámetros p4, p6, p3 y p7. Estos últimos corresponden a columnas en la partitura de Csound (<CsScore>). De tal modo, los valores que se asignen a estas columnas van a definir la envolvente del sonido. En concreto, la cuarta columna (p4) definirá la amplitud, mientras que los parámetros p6, p3 y p7 la duración del evento mediante segundos. Por último, el parámetro p5, definido en la línea *aSin*, hace referencia a la frecuencia del sonido expresada en Hz. El número 1 hace referencia la fase 1 (ifn1) que tiene que ser definida en el segundo bloque del código (<CsScore>) mediante una tabla de parámetros (Figura 5). En concreto, en el caso de la Figura 3, el código utilizado para en f1 genera una onda sinusoidal.

```
<CsScore>
f1 0 4096 10 1                               ; onda sinusoidal
f2 0 4096 10 1 0.5 0.3 0.25 0.2 0.167 0.14 0.125 .111 ; diente de sierra
f3 0 4096 10 1 0 0.3 0 0.2 0 0.14 0 .111 ; onda cuadrada
f4 0 4096 10 1 1 1 1 0.7 0.5 0.3 0.1 ; onda forma de pulso
</CsScore>
```

Figura 5: Ejemplos de parámetros para definir formas de onda mediante ifn1
Fuente: Adaptación de Vercoe et al. (2008)

Definición de un Osciladores mediante VCO2

En los ejemplos anteriores (Figuras 3 y 5) se ha utilizado el operador *oscil* para definir el timbre del oscilador aportando una definición en la partitura <CsScore>. También, existe una manera más directa definir el timbre mediante el uso de operador *vco2*. En la Figura 6, los parámetros p4 y p5 hacen referencia la amplitud y frecuencia respectivamente, mientras que los siguientes cuatro valores definen una forma de onda cuadrada. El valor más importante para la definición de la forma de onda es el primer número. Por ejemplo, 10 corresponde a una onda cuadrada, 12 es triangular, 6 pulso, o 4 diente de sierra (Varga, 2008).

```
<CsInstruments>
instr 110
; amplitud, frecuencia forma de onda
asq vco2 p4, p5, 10, 0.01, 0, 0.49
out asq ; salida de instrumento
endin ; indica el final del instrumento
</CsInstruments>
```

Figura 6: Ejemplo de oscilador definido mediante VCO2
Fuente: Elaboración propia a partir de Varga (2008)

Definición de un Oscilador con Automatización Lineal de Frecuencia

En el caso del instrumento 102 (Figura 7), la estructura es muy similar a la del instrumento 101 de la Figura 3. Las partes estructurales se mantienen iguales, nombre del instrumento (*instr*), salida del instrumento (*out*), fin del comando del instrumento (*ending*). Igualmente, el oscilador *aSin* viene definido por tres valores amplitud, frecuencia y fase (tipo de oscilador). En este caso, la amplitud se define por el parámetro *p4* (= *iamp*), la frecuencia por el parámetro *kfreq*, el cual es definido en la línea precedente, mientras que la fase tiene valor 1. Esta última ha de ser especificada en <CsScore> mediante el código *f1*, que en este caso indica una onda cuadrada. El comando *line* es el encargado de determinar una automatización de carácter lineal. Viene definido por tres parámetros, *ia*, *idur*, *ib*, que corresponden al valor inicial, la duración de la automatización, y el valor final. En la Figura 7, la frecuencia de llegada es 300 veces la frecuencia inicial, mientras que la duración de la automatización coincide con la duración del evento al estar asignada mediante el parámetro *p3*.

```
<CsoundSynthesizer>

  <CsInstruments>

    instr 199; nombre del instrumento = 199

    iamp = p4 ; definición de amplitud por p4
    ifreq = p5 ; definición de frecuencia inicial por p5

        ;ia, idur, ib
    kfreq line ifreq, p3, ifreq *300 ; progresión a 300x frecuencia inicial

    asin oscil iamp, kfreq, 1 ; definición de oscilador
    out asin ; salida de instrumento
    endin ; indica el final del instrumento

  </CsInstruments>

</CsInstruments>

<CsScore>

    f1 0 4096 10 1 0 0.3 0 0.2 0 0.14 0 .111 ; onda cuadrada

</CsScore>

</CsoundSynthesizer>
```

Figura 7: Ejemplo de oscilador con automatización lineal de la frecuencia
Fuente: Elaboración propia a partir de Vercoe et al. (2008)

Definición de una Síntesis FM

Csound permite una relativamente sencilla programación de síntesis FM (véase Figura 8). El parámetro p4 corresponde a la frecuencia portadora (fc), el parámetro p5 a la amplitud de la frecuencia moduladora, mientras que p6 indica la frecuencia de la moduladora (fm). En este sentido, una mayor amplitud generará un timbre más rico en parciales, mientras que una mayor frecuencia de modulación aumentará la separación entre los mismos.

```
<CsInstruments>
  instr 100 ; nombre del instrumento = 100
  kMod oscil p5, p6, 1 ; definición síntesis fm: p5=amplitud, fm p6=frecuencia fm
  aPort oscil 600, kMod+p4, 1 ; definición de frecuencia portadora
  out aPort ; salida de la frecuencia portadora
  endin ; indica el final del instrumento

</CsInstruments>
```

Figura 8: Ejemplo de oscilador con automatización lineal de la frecuencia
Fuente: Elaboración propia a partir de Vercoe et al. (2008)

Definición de Síntesis Substractiva mediante Filtro-Pasa Banda

Para la generación de una síntesis sustractiva mediante un filtro-pasa banda, conviene utilizar la función *rand* para generar un ruido aleatorio (ruido blanco) y posteriormente filtrarlo con el operador *butterbp*. Este último presenta tres parámetros: *asig*, *xfreq*, *xban* (Figura 9). El primer parámetro *asig* corresponde a la señal que va a ser filtrada. En este caso, en la línea precedente, esta señal se define mediante el operador *rand*. El segundo parámetro *xfreq* corresponde a la frecuencia de corte del filtro en Hz, mientras que *xban* indica el ancho de banda del filtro: a mayor ancho de banda, menor es el parámetro Q del filtro (Smaragdis, 1995).

```
<CsInstruments>
  instr 299 ; nombre del instrumento = 299
  asig rand 120000 ; generación de ruido blanco

  ;asig,      xfreq,      xban;
  abp butterbp asig,      1000,      1 ; filtro-pasa-banda 1000 hz con Q
  elevada

  outs abp, abp ; salida de sonido filtrado
  endin ; indica el final del instrumento

</CsInstruments>
```

Figura 9: Ejemplo de síntesis sustractiva mediante el filtrado de un ruido blanco
Fuente: Elaboración propia a partir de Smaragdis (1995)

ANÁLISIS DE “(IN)HARMONIC STUDY”

“(In)harmonic Study” es una composición electrónica de un minuto de duración generada en Csound, cuyo audio puede encontrarse en el Anexo A acompañado de la partitura completa de instrucciones en el Anexo B. Esta pieza hace uso de siete instrumentos diferentes:

1. *Instrumento 101*. Oscilador sinusoidal con envolvente asignable (ASR).
2. *Instrumento 102*. Oscilador sinusoidal con automatización de frecuencia. Frecuencia asignable (f) como punto de partida y como punto de llegada 300f.
3. *Instrumento 103*. Síntesis substractiva de un ruido blanco por medio de un filtro pasa-banda con una frecuencia de corte automatizable y un q de valor medio.
4. *Instrumento 104*. Equivalente al instrumento 103, aunque con un q de valor elevado.
5. *Instrumento 105*. Síntesis FM con una frecuencia moduladora (fm) fija en 600 Hz y una frecuencia portadora (fc) asignable.
6. *Instrumento 106*. Oscilador de onda cuadrada con envolvente asignable (ASR).
7. *Instrumento 107*. Oscilador de onda triangular con envolvente asignable (ASR).

El nombre “(In)harmonic Study”, en castellano *Estudio (In)armónico*, hace referencia al aspecto tímbrico de la pieza: una alternancia entre secciones armónicas e inarmónicas. La forma musical de esta pieza está inspirada en el planteamiento formal de “Partiels” [Parciales] tercer movimiento de *Les Espaces Acoustiques* [Los espacios acústicos] del compositor Gérard Grisey (1975), donde se pretende simular a nivel de macroestructura la oscilación interna de un sonido entre los estados de armonicidad e inarmonicidad. Al mismo tiempo, la alternancia entre estos estados tímbricos involucra el impulso de una forma *rondó* (A – B – A’ – B’ – A’), donde las Secciones A corresponden a estados de inarmonicidad, mientras que las Secciones B, armonicidad. La duración de las secciones traza un estrechamiento (20 s – 10 s – 5 s) que conduce la obra hacia su última sección, donde se sitúa el punto culminante (véase Figura 10).

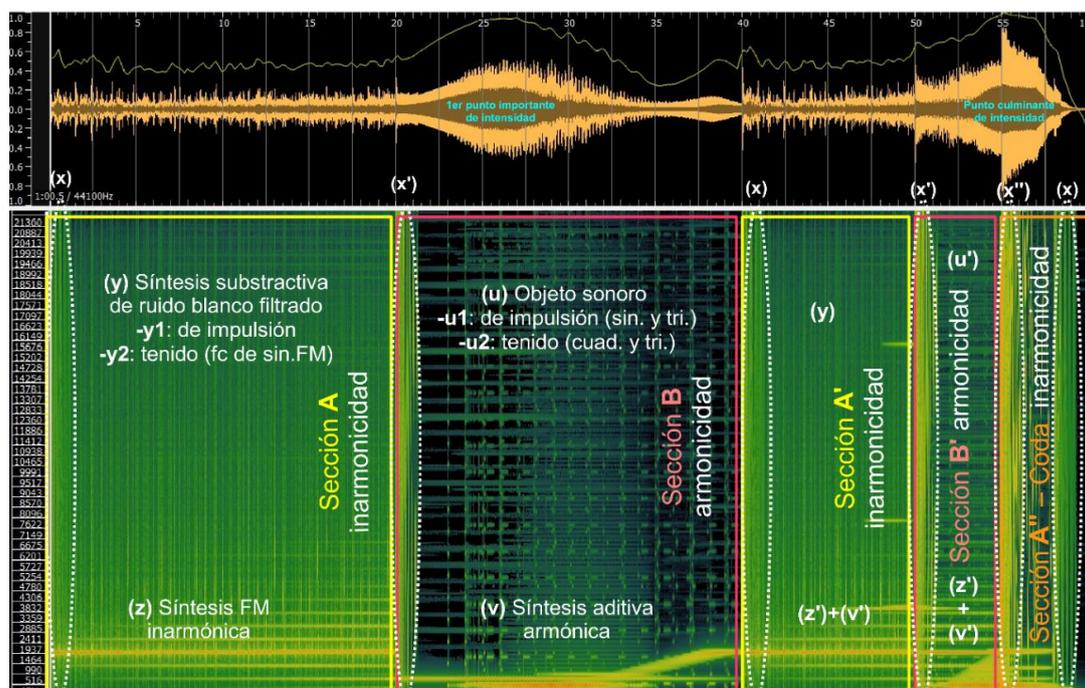


Figura 10. Forma de onda (con curva dinámica) y espectrograma (lineal) de “(In)harmonic Study”. Fuente: elaboración propia con Sonic Visualiser (2020) y anotaciones en Draw (OpenOffice, 2020)

Sección A. Inarmonicidad (0'00" – 0'20")

La Sección A presenta tres planos sonoros, cada uno de los cuales elabora sobre una fase de la envolvente dinámica (ASR), a saber:

1. Plano 1. A = *attack* o ataque. Objeto x
2. Plano 2. S = *sustain* o sostenimiento. Objetos y_1 e y_2 .
3. Plano 3. R = *release* o relajamiento. Objeto z

De acuerdo con la terminología del *Tratado de Objetos Musicales* de Pierre Schaeffer (1966/2003) el Plano 1 puede interpretarse como un sonido de impulsión complejo. Consta de un único objeto sonoro (Objeto x) que tiene la función de articular los puntos de intersección a nivel de macroestructura delimitando el comienzo de cada sección (refiérase de nuevo a la Figura 10). El Objeto x está construido mediante 7 osciladores sinusoidales cuyas duraciones y frecuencias se basan en la sucesión de Fibonacci. Según Rivera y López (2012) “La sucesión $\{0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 \dots\}$ en donde cada término siguiente es la suma de sus dos predecesores, es conocida como sucesión de Fibonacci” (p. 124). En este caso, los números de la sucesión de Fibonacci han sido utilizados como múltiplos de 100 y divisores de 10 para definir la duración del objeto x, la amplitud y la frecuencia de modulación.

duración (s) [fib/10]	amplitud (32767=0dB) [fib*100]	frecuencia (Hz) [fib*100]
0.1	2100	200
0.1	1300	300
0.2	800	500
0.3	500	800
0.5	300	1300
0.8	200	2100
1.3	100	3400

Tabla 1: Parámetros del Objeto x. Fuente: elaboración propia

Los siete osciladores de la Tabla 1 están organizados del tal modo que se genere un perfil dinámico percusivo. Los osciladores de duración más corta y frecuencia más baja presentan mayor amplitud, mientras que los osciladores con mayor duración y frecuencia cuentan con menor amplitud. Sin embargo, el resultado sonoro se aleja bastante de una síntesis aditiva habitual puesto que el Instrumento 102 cuenta con una automatización de frecuencia que desplaza linealmente la frecuencia inicial hasta alcanzar como punto de llegada 300 veces la frecuencia inicial. De esta forma, se genera un objeto inarmónico más próximo al ruido blanco dado que se supera la frecuencia de muestreo y se produce un efecto de *aliasing*. Al traspasar las frecuencias por debajo de 0 Hz, las frecuencias negativas se convierten en positivas.

El Plano 2 describe un sonido de impulsión iterativo (Schaeffer, 1966/2003). En este caso, consta de dos objetos sonoros (y_1 e y_2), ambos generados mediante síntesis substractiva. El objeto y_1 está conformado por un filtro pasa-banda que se aplica a un ruido blanco con una envolvente dinámica percusiva y una amplitud fija, lo cual genera impulsos iterativos con una duración de 0.05 s por cada impulso. Se distinguen tres velocidades en la automatización en la frecuencia de corte del filtro organizadas según números de Fibonacci.

CSOUND COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA UNA INTRODUCCIÓN A LA
COMPOSICIÓN ELECTRÓNICA: ESTUDIO DE CASO DE UNA MINIATURA MUSICAL
“(IN)HARMONIC STUDY”

La primera velocidad (k1) tiene una periodicidad de 0.8 s. Comienza con una frecuencia de corte del filtro fija en 2 KHz. Sin embargo, a partir del cuarto evento se modula la frecuencia de corte durante los eventos que no pertenecen a la sucesión de Fibonacci (véase Tabla 2). En estos eventos se utiliza de forma alterna 2.9 KHz y 2.5 KHz para modificar la frecuencia base de 2 KHz generando un movimiento ondulante carácter ascendente-descendente. La segunda velocidad (k2) presenta una periodicidad de 0.5 segundos. Sigue un diseño muy semejante al del k1, pero aquí se opta por utilizar 5 KHz y 7 KHz para alterar la frecuencia base de 2 KHz. En otro orden, la tercera velocidad (k3) tiene una periodicidad de 0.3 s. No obstante, la frecuencia del filtro es fija (2 KHz). De este modo, k3 se convierte en el elemento más rápido de los tres y el único que no se mueve, incrementando el grado de tensión por iteración.

Velocidad k ¹			Velocidad k ²		
Nº del evento	Sucesión Fibonacci	Frecuencia de filtro (Hz)	Nº del evento	Sucesión Fibonacci	Frecuencia de filtro (Hz)
1	-	2000 (fija)	1	-	2000 (fija)
2	-	2000 (fija)	2	-	2000 (fija)
3	-	2000 (fija)	3	-	2000 (fija)
4	-	2000 (fija)	4	1	2000 (fija)
5	1	2000 (fija)	5	2	2000 (fija)
6	2	2000 (fija)	6	3	2000 (fija)
7	3	2000 (fija)	7	4	2000 →5000 (ascendente)
8	4	2000 →2500 (ascendente)	8	5	Fija 2000
9	5	2000 (fija)	9	6	5000 →2000 (descendente)
10	6	2500 →2000 (descendente)	10	7	2000 →7000 (ascendente)
11	7	2000 →2900 (ascendente)	11	8	Fija 2000
12	8	2000 (fija)	12	9	5000 →2000 (descendente)
13	9	2500 →2900 (descendente)	13	10	2000 →5000 (ascendente)
14	10	2000 →2900 (ascendente)	14	11	7000 →2000 (descendente)
15	11	2900 →2000 (descendente)	15	12	2000 →5000 (ascendente)
16	12	2000 →2900 (ascendente)	16	13	2000 (fija)
17	13	2000 (fija)	17	14	5000 →2000 (descendente)
18	14	2900 →2000 (descendente)
...			

Tabla 2: Automatización de las frecuencias del filtro de k1 y k2. Fuente: elaboración propia

Por otro lado, el Objeto y_2 utiliza una síntesis substractiva con q elevado. Su función consiste en reforzar la frecuencia portadora (f_c) de la síntesis FM. Presenta cuatro filtros que parten de 2000 Hz y se divergen hacia 2010, 2050, 2060 y 2080 Hz, aumentando en consecuencia la densidad y tensión musical (véase Figura 11)

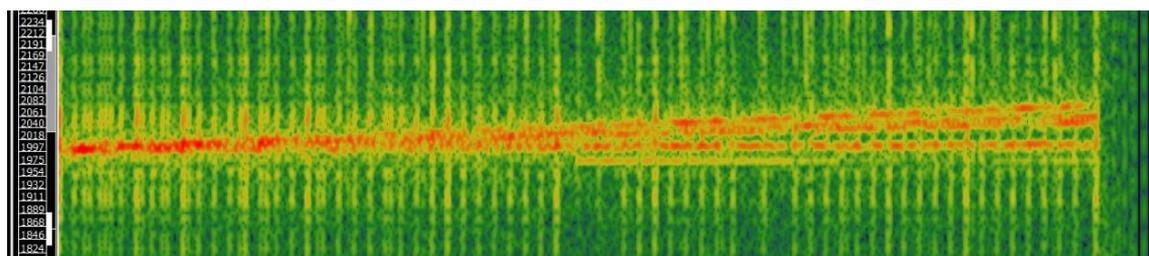


Figura 11. Espectrograma logarítmico del Objeto y_2 (0:00-0:21).
Fuente: elaboración propia con Sonic Visualiser (2020)

El Plano 3 corresponde a la fase de *release* o relajamiento. Presenta un perfil dinámico inverso (*crescendo*, en vez del esperado *diminuendo*). De este modo, el Plano 3 desarrolla el Objeto z en forma de sonido tenido, presentando ciertos puntos de similitud con el Objeto y_2 . El Objeto z se ha generado mediante una síntesis FM inarmónica con una frecuencia portadora (f_c) de 2000 Hz y una frecuencia moduladora (f_m) de 600 Hz con un aumento de amplitud, lo que conlleva un ensanchamiento progresivo del sonido. Además, para potenciar el efecto de *crescendo* y aumentar el movimiento del sonido se añade una síntesis aditiva de tres objetos generados mediante síntesis FM con una misma f_m pero una f_c cercana (véase Figura 12). Estos objetos se añaden a medida que el sonido evoluciona en el tiempo: $f_c = 2010$ Hz (0'05"), $f_c = 1980$ Hz (0'10") y $f_c = 2005$ Hz (0'15").

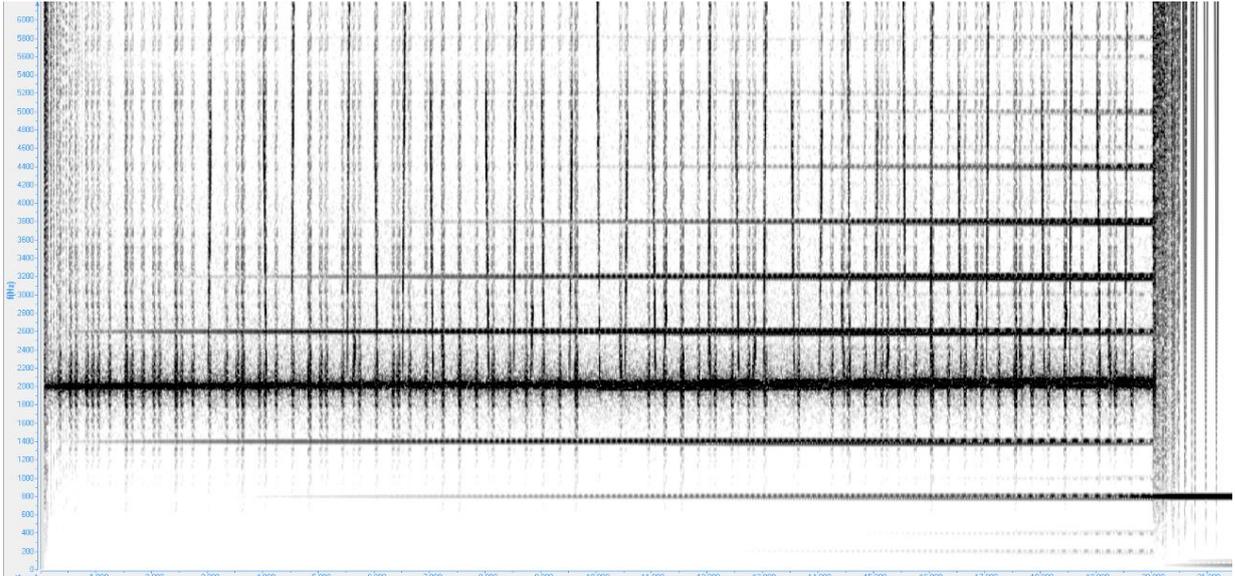


Figura 12: Espectrograma lineal enfocado en el objeto z. Aparición progresiva de parciales en la síntesis FM. Fuente: elaboración propia con Sonic Visualiser (2020)

Sección B. Armonicidad (0'20" – 0'40")

La Sección B presenta la misma duración que la Sección A (20 s) y el mismo número de planos (3) que corresponden a las tres fases de una envolvente dinámica, aunque la naturaleza tímbrica se caracteriza por una más pronunciada presencia de armonicidad.

1. Plano 1. A = *attack* o ataque. Objeto x' .
2. Plano 2. S = *sustain* o sostenimiento. Objeto u , compuesto de u_1 y u_2
3. Plano 3. R = *release* o relajamiento. Objeto v .

El primer plano desarrolla una variación del Objeto x , según la terminología de Schaeffer (1966/2003), un objeto de impulsión complejo. El Objeto x' funciona como culminación de la Sección A y a su vez como arranque para la Sección B. La diferencia con el Objeto x está en la intensidad todos los parciales, normalizada a 1 KHz. Asimismo, las frecuencias de modulación son múltiplos de 1000 en la sucesión de Fibonacci.

El Plano 2 representa el plano principal de la sección y está compuesto de un objeto sonoro u , compuesto a su vez del Objeto u_1 (de impulsión iterativos) y el Objeto u_2 (sonidos tenidos). Se han utilizado tres tipos de formas de onda: sinusoidal (101), cuadrada (106) y triangular (107). Para el Objeto u_1 , se ha hecho uso de formas de onda cuadradas y triangulares, mientras que para el Objeto u_2 , sinusoidal y triangular. De este modo, la forma de onda triangular actúa como vínculo entre ambos objetos ($u_1 + u_2$).

CSOUND COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA UNA INTRODUCCIÓN A LA
COMPOSICIÓN ELECTRÓNICA: ESTUDIO DE CASO DE UNA MINIATURA MUSICAL
“(IN)HARMONIC STUDY”

El Objeto u_1 presenta cuatro *delays* (retrasos) cuyos puntos de arranque están definidos por valores basados en la sucesión de Fibonacci. Estos *delays* generan una textura contrapuntística en la cual se superponen capas (síntesis aditiva). La finalidad de estos sonidos de impulsión es la de puntuar la entrada de los sonidos tenidos del Objeto u_2 . No obstante, tal y como puede observarse en la Tabla 3, el sonido de 100 Hz (fundamental) que entra en 0'26" es el único que no se puntuó destacando su importancia como nota fundamental del espectro armónico.

Delay	Tiempo de comienzo Fibonacci	Tiempo comienzo real (+23 s)	Forma de onda y Frecuencias (hz)	Observaciones
s_1	0	0'23"	Cuadrada 500	<i>Decay</i> de 0.1 seg. Presenta un <i>delay</i> de 18 repeticiones a distancia de 1 seg.
s_2	1.1	0'24.1"	Triangular 600	<i>Decay</i> variable. Presenta un <i>delay</i> de 17 repeticiones a distancia variable.
s_3	2.1	0'25.1"	Cuadrada 400	<i>Decay</i> de 0.1 seg. Presenta un <i>delay</i> de 12 repeticiones a distancia de 1 seg.
-	3	0'26""	-	No se puntuó mediante u_1
s_4	5.2	0'28.2"	Cuadrada 1000	<i>Decay</i> de 0.1 seg. Presenta un <i>delay</i> de 12 repeticiones a distancia de 1 seg.

Tabla 3: Descripción del Objeto u_1 . Fuente: elaboración propia

Con el fin del evitar un ataque simultáneo entre los cuatro *delays* de este plano, se retarda el sonido que entra en 24" y 25" una décima de segundo mientras que el que entra en el 28", dos décimas. Tal y como señala la Tabla 3, el *delay* s_2 presenta una duración y tiempo de retardo variables. Estos valores móviles también están basados en la sucesión de Fibonacci, tal y como se muestra la Tabla 4.

Nº de repeticiones	Tiempo de entrada (s)	Diferencia de entrada (s) (Fibonacci)	Duración sonido (s)	Diferencia de duración (s)	Movimiento
0	1.1	0	0.05	0	DINÁMICO
1	1.2	0.1	0.05	0.05	
2	1.3	0.1	0.1	0.05	
3	1.5	0.2	0.15	0.1	
4	1.8	0.3	0.25	0.15	
5	2.3	0.5	0.4	0.15	
6	3.1	0.8	0.4	0	ESTABLE
7	4.4	1.3	0.4	0	
8	5.7	1.3	0.4	0	
9	7	1.3	0.4	0	
10	8.3	1.3	0.4	0	
11	9.6	1.3	0.4	0	

Tabla 4: Descripción de la evolución del Delay s_2 . Onda triangular a 600Hz. Fuente: elaboración propia

En el dominio temporal, los sonidos del Objeto u_2 aparecen según valores basados de la sucesión de Fibonacci: 1, 2, 3 y 5 + 23 segundos. En cambio, en el dominio de las frecuencias, el Objeto u_2 genera relaciones matemáticas simples, sumas y restas: modulación en anillo y frecuencia plegada (véase Tabla 5). El tipo de forma de onda de la frecuencia base (100 Hz) es triangular, con lo cual se destacan armónicos impares. La banda de 500 Hz está bordeada por frecuencias cercanas para generar un tremolo (LFO amplitud), pero la base del Objeto u se mantiene en 100 Hz.

Eventos	Tiempo de comienzo Fibonacci	Tiempo comienzo real (+23 s)	Forma de onda y Frecuencias (hz)	Comentario
t_1	0	0'23"	Sinusoidal 500, 501, 505, 510	500 Hz es la frecuencia base (doble de amplitud) sobre la que tres ondas sinusoidales generan una sensación de LFO en amplitud (tremolo)
t_2	1	0'24"	Sinusoidal 600	Se añade una frecuencia (perturbación)
t_3	2	0'25"	Sinusoidal 400	Frecuencia plegada de 600 Hz con 500 Hz [600 – 500 = 100 Hz] [600 – 100 = 400 Hz]
t_4	3	0'26"	Triangular 100	Modulación en anillo de 600 Hz con 500 Hz (600 – 500 = 100) La resultante actúa como base armónica Forma de onda triangular (resalta los armónicos impares)
t_5	5	0'28"	Sinusoidal 1000	Modulación en anillo de 600 Hz con 400 Hz (600 + 400 = 1000)

Tabla 5: Descripción del Objeto u_2 . Fuente: elaboración propia

El análisis espectral del Objeto u ($u_1 + u_2$) en la Figura 13 permite resaltar el timbre armónico del sonido con una frecuencia base de 100 Hz (F =fundamental). Principalmente, se desarrollan los armónicos impares (onda triangular), aunque conviene señalar la presencia de tres armónicos impares: $6F$ (perturbación) $4F$ (frecuencia plegada) y $10F$ (modulación en anillo). Existe una ligera inarmonicidad entorno a los 500 Hz producida por batimentos de frecuencias cercanas. En la Figura 13, se han intentado resaltar los diversos armónicos delays mediante colores: delay 1 (azul), delay 2 (amarillo), delay 3 (rojo) y delay 4 (magenta).

CSOUND COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA UNA INTRODUCCIÓN A LA COMPOSICIÓN ELECTRÓNICA: ESTUDIO DE CASO DE UNA MINIATURA MUSICAL “(IN)HARMONIC STUDY”

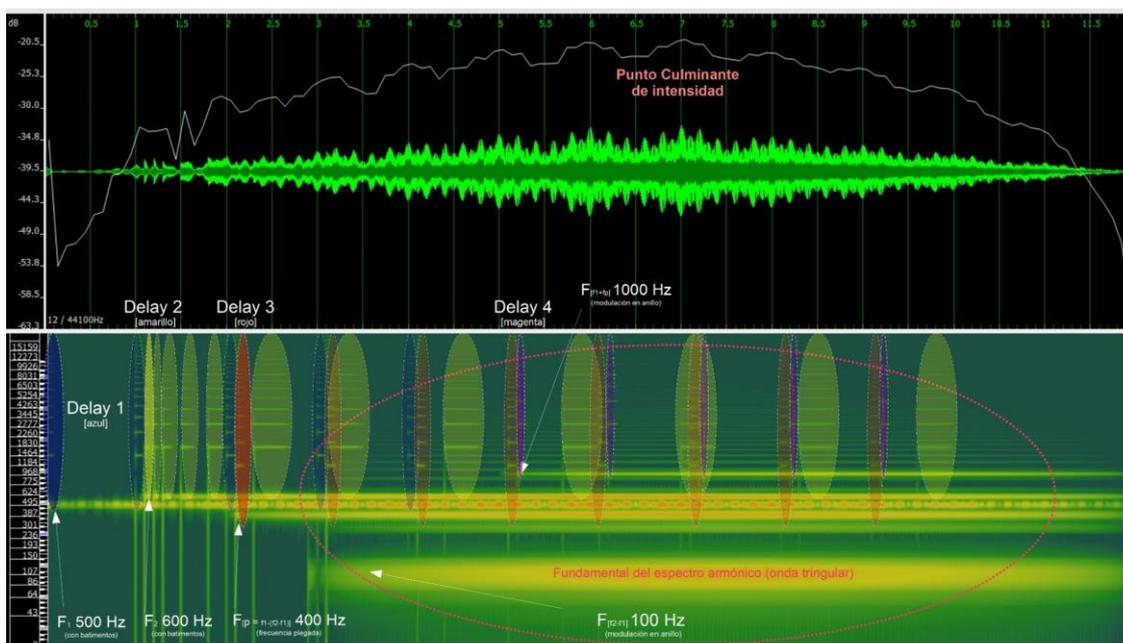


Figura 13: Forma de onda y espectrograma del Objeto u ($u_1 + u_2$). Fuente: elaboración propia con Sonic Visualiser (2020) y anotaciones en Draw (OpenOffice, 2020)

El tercer plano cumple una función de acompañamiento armónico y consta de un único Objeto v generado mediante síntesis aditiva. En este caso el espectro armónico se desarrolla sobre una base de 50 Hz (F) a través de armónicos pares ($2F = 100$, $4F = 200$, ... $40F = 2000$, $42F = 2100$). Conviene señalar que los armónicos correspondientes a múltiplos de 100 en la sucesión de Fibonacci (100, 200, 300, 500, 800, 1300, 2100 Hz) se han destacado mediante amplitudes más elevadas. Asimismo, la duración de cada frecuencia es de 3 s, lo cual garantiza una entrada progresiva de los parciales produciendo un ensanchamiento seguido de un efecto de filtrado (filtro pasa-alto) debido a una desaparición escalonada (véase Figura 14). Las frecuencias que cuentan con una duración más larga son 50, 100 y 800 Hz, los cuales entran de manera simultánea.

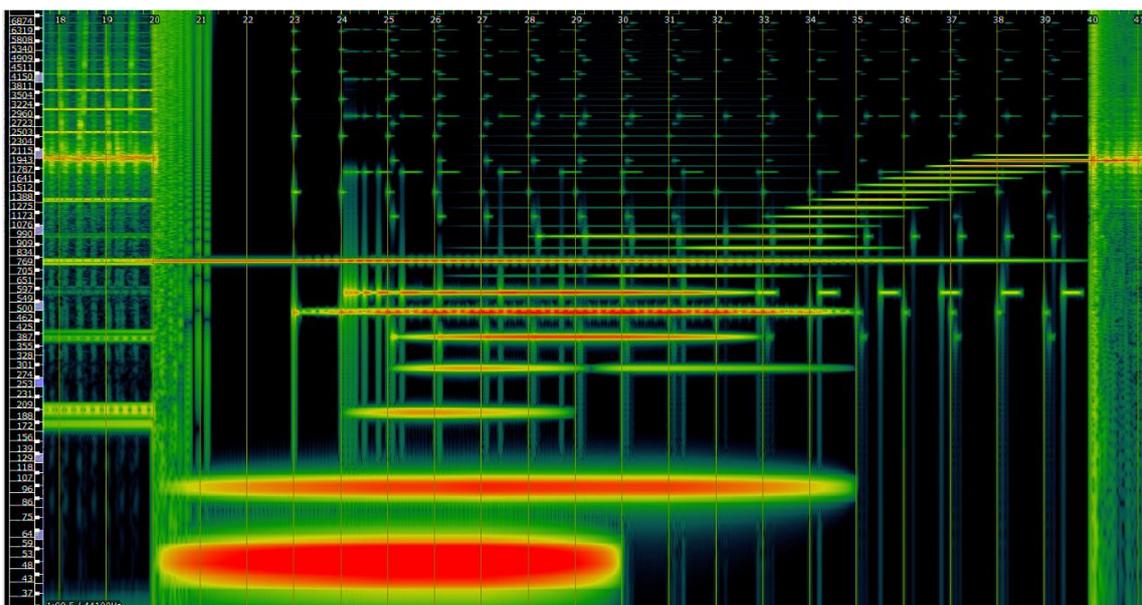


Figura 14: Espectrograma logarítmico de la sección B. Nótese como los Objetos $u + v$ encajan como un único sonido armónico. Fuente: elaboración propia con Sonic Visualiser (2020)

En concreto, el oscilador de 800 Hz está bordeado por 805 Hz generando una modulación de amplitud (tremolo). Este oscilador actúa como enlace con la sección A ya que presenta una entrada anticipada en 0'19" cuando la Sección B comienza en 0'20". Además, cuenta con la duración más extensa de todos los sonidos de la sección (17 s). Por otro lado, el oscilador de 2 KHz conecta con la frecuencia portadora de la Sección A'. En términos de amplitud, 2 KHz es el oscilador sinusoidal de mayor intensidad después de la fundamental de la Sección B (50 Hz).

Sección A'. Inarmonicidad (0'40" – 0'50")

La Sección A' en comparación con la Sección A presenta la particularidad de que la duración se acorta a la mitad (10 s). Al mismo tiempo, el Objeto z' se prolonga solapándose la siguiente sección B' (véase Figura 15). Además, la Sección A' presenta un adelantamiento del Objeto v' (síntesis aditiva) perteneciente a la sección B'. De este modo, se produce una superposición de materiales armónicos e inarmónicos. El Objeto v' se encarga de generar el espectro armónico haciendo únicamente uso de octavas o armónicos pares para promover la sensación de una distorsión armónica ($F = 2 \text{ KHz}$, $2F = 4 \text{ KHz}$, $4F = 8 \text{ KHz}$ y $8F = 16 \text{ KHz}$). Esta técnica está concebida con la finalidad de incrementar el nivel de tensión musical acumulado.

Sección B'. Armonicidad (0'50" – 0'55")

En la Sección B, la condensación temporal alcanza un cuarto de la duración inicial, 5 s. Asimismo, se produce un solapamiento con el Objeto z' (Síntesis FM) de la Sección A'. Por otro lado, la síntesis aditiva, Objeto v', prolonga la entrada de nuevos parciales hasta el final de la sección. El Objeto v' muestra una distribución más simétrica en los parciales influenciada, en cierto modo, por la síntesis FM del Objeto z'. Tanto la dinámica como la densidad espectral de esta sección contribuyen a la conducción de la obra hacia el punto culminante en A" o Coda.

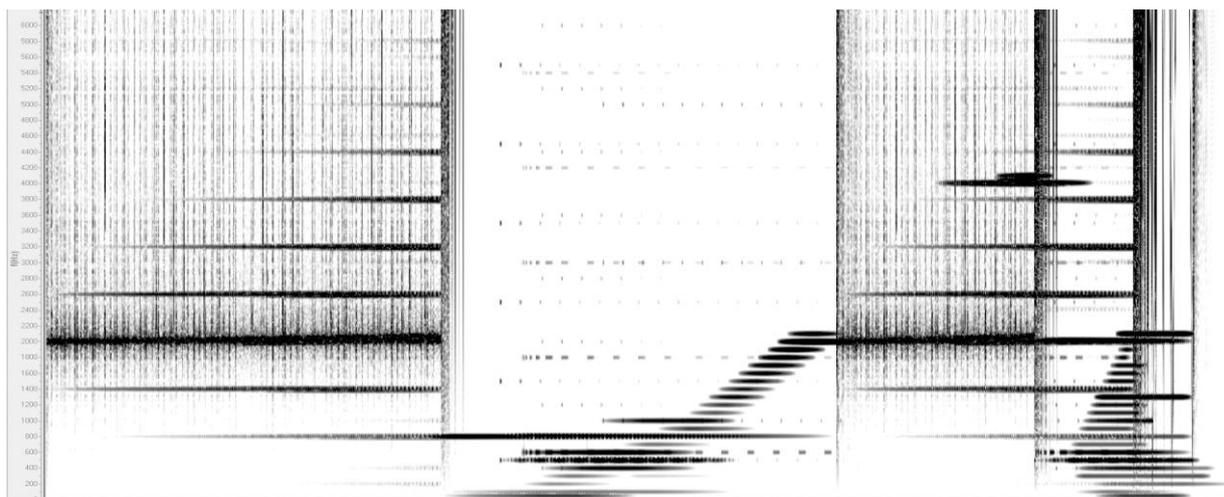


Figura 15: Espectrograma lineal de “(In)harmonic Study”

Fuente: elaboración propia con Sonic Visualiser (2020)

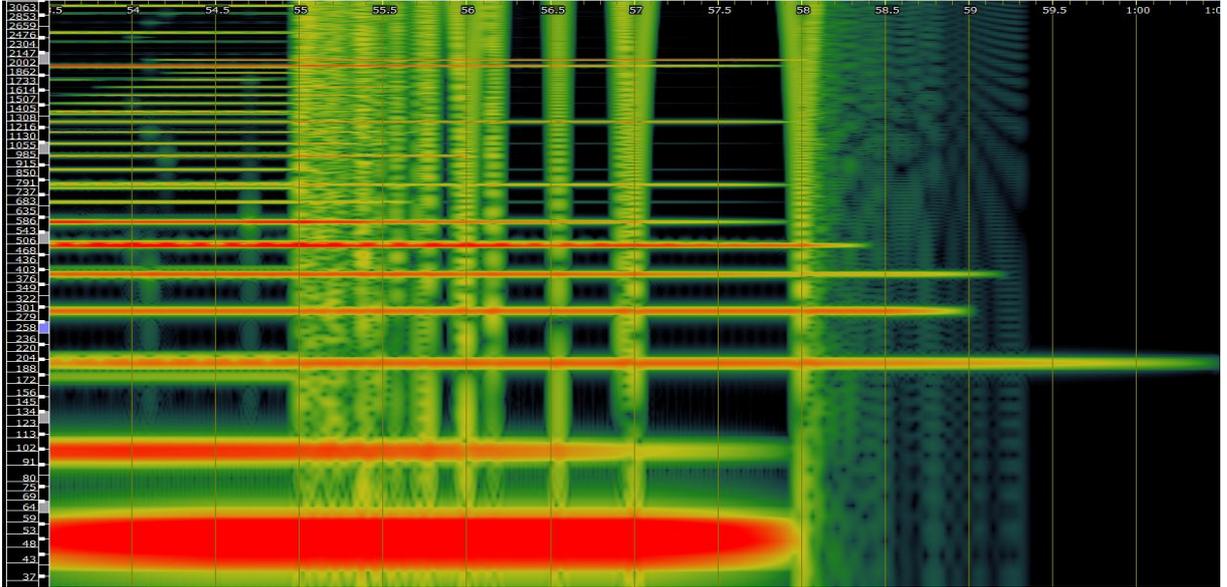
Sección A" o Coda. Inarmonicidad (0'55" – 1'00")

La Sección A" o Coda se superpone con materiales de secciones precedentes (A' y B'). Su finalidad es la de generar un punto álgido de tensión y se caracteriza por la doble aparición del Objeto x. Primero, como Objeto x", definido como una ampliación del Objeto inicial con una mayor amplitud, duración y número de osciladores. Segundo, como Objeto x original, haciendo una referencia directa al sonido con el que comienza la pieza. Este carácter retroductivo sugiere que la Sección A" pueda también ser demoniada como sección codal poniendo punto final a esta miniatura musical.

duración (s) [fib/10]	amplitud (32767=0dB) [fija]	frecuencia (Hz) (Fibonacci)
0.1	2800	13000
0.1	2800	8000
0.2	2800	5000
0.3	2800	3000
0.5	2800	2000
0.8	2800	1000
1.3	2800	1000
2.1	2800	800
3.4	2800	500

Tabla 5: Parámetros del Objeto x". Fuente: Elaboración propia

Conviene resaltar mediante la Figura 16 la progresiva manera en la que decaen las frecuencias del Objeto z' (procedente de la Sección A') así como parte del Objeto v' (Sección B'). Cabe destacar que dichas frecuencias se basan en múltiplos de 100 de la sucesión de Fibonacci (100, 200, 300, 500, 800, 1300, 2100 Hz). La pieza concluye con 200 Hz ($fc/10$).



CONCLUSIONES

El control que aporta Csound sobre el sonido, parece resonar fuertemente con los ideales postulados por el compositor Edgar Varèse en 1937: “I dream of instruments obedient to my thought and which with their contribution of a whole new world of unsuspected sounds, will lend themselves to the exigencies of my inner rhythm” [Sueño con instrumentos obedientes a mi pensamiento y que con su contribución desde un mundo completamente nuevo de sonidos insospechados, se presten a las exigencias de mi ritmo interno] (Zucco, 2014, p. 5). Este artículo ha explorado ciertas posibilidades básicas de Csound para la realización de una composición electrónica mediante tres tipos de síntesis: aditiva, sustractiva y FM. Tal y como señala Iniesta Serrano (2016):

Con *Csound* se puede virtualmente crear cualquier generador o procesador de audio que se imagine. Utiliza para ello algoritmos matemáticos y funciones predefinidas que la aplicación compila y ejecuta, tomando recursos de audio del sistema. Como cualquier otro lenguaje de programación, el usuario que se acerca a *Csound* debe aprender las reglas del lenguaje, así como la utilidad de la aplicación a través de líneas de comandos (p. 9)

En la primera parte del presente artículo se ha propuesto una breve introducción a las reglas del lenguaje Csound y sus comandos (objetivo 1). Además, en los anexos A y B se ha presentado una pieza de 60 segundos “(In)harmonic Study” compuesta en base a estos comandos (objetivo 2). La composición original, ha sido comentada en la segunda parte del artículo mediante un análisis paramétrico de los elementos utilizados sirviéndose de espectrogramas para la discusión de aspectos tímbricos y estructurales (objetivo 3). Este análisis se ha fundamentado principalmente en resaltar aspectos relacionados con los estados de armonicidad e inarmonicidad que dan origen al título de la pieza, así como las progresiones numéricas basadas en la sucesión de Fibonacci.

La principal innovación del presente artículo está en mostrar cómo se puede obtener un resultado musical refinado y sofisticado a partir de las funciones más básicas de Csound. A pesar de haber una gran cantidad de publicaciones acerca de Csound, en la búsqueda bibliográfica no se han encontrado estudios que presenten una triangulación metodológica entre la descripción técnica de comandos y funciones, una aplicación práctica (composición) y el análisis musical de la obra compuesta. La presente investigación basada en la práctica persigue encontrar utilidad para los profesores y estudiantes de composición interesados en introducirse en el lenguaje de programación Csound, aunque también la parte analítica puede resultar de utilidad para usuarios más avanzados de Csound, dado que se proponen estructuras musicales que son extrapolables a secuencias, operadores y generadores más complejos.

Este estudio presenta la limitación técnica de utilizar funciones relativamente básicas dentro de las casi infinitas posibilidades que ofrece el programa CsoundQT. Aún así, es posible que algunos de los términos utilizados en la descripción de funciones puedan resultar algo complejos para el lector no especializado en términos relacionados con la acústica y la música electrónica. También, conviene señalar que, en este tipo de investigaciones, las percepciones subjetivas del propio investigador, compositor y autor del análisis musical de la obra pueden suponer una interferencia inherente al acto investigador, dado que se trata de la misma persona. Para contrarrestar esta limitación, el estudio ha sido apoyado mediante datos cuantitativos, limitando la discusión del análisis musical a aspectos de carácter más descriptivo, dejando de lado la discusión de aspectos musicales más subjetivos que sean susceptibles de múltiples interpretaciones (análisis detallado del flujo de tensión-reposo musical, resolución de expectativas, asociaciones emotivas, narrativa extramusical, etc.)

Con el auge de la transformación digital, las nuevas generaciones de compositores realizan gran parte de su proceso compositivo sentados frente al ordenador. Es por ello, por lo que la didáctica de la composición asistida por ordenador es un aspecto de gran relevancia y valor en el presente siglo. Csound facilita un nuevo paradigma de composición y escucha musical: para poder escuchar el trabajo realizado hay que renderizar la obra de principio a fin. En palabras de Michael Gogins (2009):

I believe you will find that a few hours of the “generate and test” cycle improves the music drastically, even though each individual decision might seem to have little obvious or foreseeable musical effect. The exercise might prove illuminating to some more traditionally-minded composers [Creo que encontrarás como tras unas pocas horas del ciclo de “generar y probar” mejora drásticamente la música, aunque cada decisión individual parezca tener un efecto musical poco obvio o previsible. El ejercicio podría resultar esclarecedor para algunos compositores de mentalidad más tradicional] (p. 56)

Nuevas líneas de investigación dentro de la composición musical con Csound podrían incluir un estudio centrado en aspectos autoetnográficos de los propios compositores acerca de su proceso técnico-creativo. Igualmente, sería interesante analizar musicalmente los resultados de los estudiantes de un aula de composición e identificar posibles dificultades u obstáculos que hayan podido encontrar en la actividad, así como recopilar las impresiones personales acerca del proceso creador. En este contexto, Csound se presta como un excelente medio para las investigaciones basadas en la práctica acerca de la composición electrónica.

REFERENCIAS

- Aikin, J. (2012). *Csound Power! The Comprehensive Guide*. Cengage Learning PTR
- Bianchini, R., y Cipriani, A. (2008). *Virtual Sound. Sound Synthesis and Signal Processing. Theory and Practice with Csound*. Contemponet.
- Cannam, C., Landone, C., & Sandler, M. (2010). Sonic Visualiser: An Open Source Application for Viewing, Analysing, and Annotating Music Audio Files. En *Actas de la International Conference on Multimedia MM '10*, 1467. <https://doi.org/10.1145/1873951.1874248>
- Csound (2020). *Página oficial de Csound*. <https://csound.com/>
- Di Liscia, O. P. (2004). *Generación y procesamiento de sonido y música a través del programa Csound*. Universidad Nacional de Quilmes
- Gogins, M. (2009). *A Csound Algorithmic Composition Tutorial*. Algorithmic Composition https://algorithmiccomposition.ru/Csound_Algorithmic_Composition_Tutorial.pdf
- Grisey, G. (1975). *Partiels pour 18 musiciens*. Milan: Ricordi
- Iniesta Serrano, A. (2016). *Interfaz gráfica para Csound* [Proyecto Fin de Grado]. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. http://oa.upm.es/44721/3/TFG_ALBERTO_INIESTA_SERRANO.pdf
- Lazzarini, V., Yi, S., Heintz, J., Brandtsegg, Ø., & McCurdy, I. (2016). *Csound: A Sound and Music Computing System*. Springer.
- McCurdy, I., y Hearon, J. (2017). *Csound Journal. An e-journal of articles about Csound*. <http://csoundjournal.com/>
- OpenOffice (2020). *Página oficial de OpenOffice*. <https://www.openoffice.org/>
- Pérez-Macías, J. M., y Cuesta de Diego, A. (2004). *Ingeniería de Ondas. Fenómenos acústicos a través del Csound*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Telecomunicación. Universidad Valladolid. https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_03_04/Csound/index.htm

- Rivera, E., & López, R. (2012). Evidencia de propiedades fractales en la sucesión de Fibonacci usando wavelets. *Scientia et Technica*, 17(52), 122-128.
- Rogozinsky, G. G. (2011). “A Personal View on Teaching Csound”. In J. Heintz, A. Hofmann, & I. McCurdy (Eds.) *Ways Ahead: Proceedings of the First International Csound Conference* (pp. 229-243). Cambridge Scholars Publishing.
- Samargdis, P. (2013). *Orchestra Opcodes and Operators: butterbp*. Massachusetts Institute of Technology <http://www.csounds.com/manual/html/butterbp.html>
- Sánchez de la Rosa, J. L. (2008). *Apuntes y Materiales de Tecnologías Multimedia*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad de La Laguna. <https://campusvirtual.ull.es/ocw/course/view.php?id=5#section-7>
- Schaeffer, P. (2003). *Tratado de los objetos musicales* (Araceli Cabezón de Diego, trad.). Madrid: Alianza Música (Obra original publicada en francés en 1966).
- Sonic Visualiser (2020). *Página oficial de Sonic Visualiser*. <https://www.sonicvisualiser.org/>
- Varga, I. (2002). *Orchestra Opcodes and Operators: vco2*. Massachusetts Institute of Technology <http://www.csounds.com/manual/html/vco2.html>
- Vercoe, B., Ffitch, J., Piché, J., Nix, P., Boulanger, R., Ekman, R., Booth, D., Conder, K., Yi, S., Gogins, M., Cabrera, A., Berry, M., Breder, E., Casey, M., Clark, M., Cook, P., Dobson, R., Dolson, M., Ekman, R., Ellis, D., ... Whittle, R. (2008). *Manual Público de Referencia de Csound* (S. Valero, Trad.). Massachusetts Institute of Technology https://www.edu.xunta.gal/centros/cmusvigo/aulavirtual2/pluginfile.php/113/mod_folder/content/0/Manuais/CSound_manual_castellano.pdf?forcedownload=1
- Vercoe, B., Ffitch, J., Piché, J., Nix, P., Boulanger, R., Ekman, R., Booth, D., Conder, K., Yi, S., Gogins, M., Cabrera, A., Berry, M., Breder, E., Casey, M., Clark, M., Cook, P., Dobson, R., Dolson, M., Ekman, R., Ellis, D., ... Whittle, R. (2008). *The Canonical Csound Reference Manual*. Massachusetts Institute of Technology http://karim.barkati.online.fr/cours/supports/csound/csound5_manual.pdf
- Zucco, G. (2014). *Inside Csound* (G. Zucco, Trans). Giancarlo Zedde

ANEXO A. AUDIO DE “(IN)HARMONIC STUDY”



Vídeo 1. Audio grabación de “(In)harmonic Study” con visualización de forma de onda y espectrograma

Fuente: <https://youtu.be/hE2sBFNEO18>

ANEXO B. PARTITURA COMPLETA DE “(IN)HARMONIC STUDY”

; DEFINICIÓN DE SIETE INSTRUMENTOS (PALETA TÍMBRICA)

```
<CsoundSynthesizer>
```

```
<CsInstruments>
```

; INSTRUMENTO 101 OSCILADOR SINUSOIDAL CON ENVOLVENTE ASIGNABLE (ASR)

```
instr 101  
k1 linen p4, p6, p3, p7  
asin oscil k1, p5, 1  
out asin  
endin
```

; INSTRUMENTO 102 OSCILADOR SINUSOIDAL CON AUTOMATIZACIÓN EN FRECUENCIA.

```
instr 102  
iamp=p4  
ifreq=p5  
kfreq line ifreq,p3,ifreq*300  
asin oscil iamp, kfreq, 1  
out asin  
endin
```

; INSTRUMENTO 103. SÍNTESIS SUBTRACTIVA DE RUIDO BLANCO CON FILTRO PASA-BANDA. FRECUENCIA DE CORTE AUTOMATIZABLE Y UN Q DE VALOR MEDIO.

```
instr 103  
asig rand 25000  
kfreq line p4,p3,p5  
abp butterbp asig, kfreq, 100  
outs abp, abp  
endin
```

; INSTRUMENTO 104. IGUAL QUE INSTRUMENTO 103, CON UN Q DE VALOR ALTO.

```
instr 104  
asig rand 120000  
kfreq line p4,p3,p5  
abp butterbp asig, kfreq, 1  
outs abp, abp  
endin
```

; INSTRUMENTO 105. SÍNTESIS FM CON UNA FRECUENCIA MODULADORA FIJA (500 HZ) Y UNA FRECUENCIA PORTADORA ASIGNABLE

```
instr 105  
kamp line 1,p3,p5  
kmoduladora oscil kamp, 600, 1  
aportadora oscil 600, kmoduladora+p4, 1  
out aportadora  
endin
```

; INSTRUMENTO 106. OSCILADOR DE ONDA CUADRADA CON ENVOLVENTE ASIGNABLE (ASR).

```
instr 106  
k1 linen p4, p6, p3, p7  
aCuadrada vco2 k1, p5, 10, 0, 0, 0.49  
out aCuadrada  
endin
```

; INSTRUMENTO 107. OSCILADOR DE ONDA TRINAGULAR CON ENVOLVENTE ASIGNABLE (ASR).

```
instr 107
```

```

k1 linen p4, p6, p3, p7
aTriangular vco2 k1, p5, 12, 0, 0, 0.49
out aTriangular
endin
</CsInstruments>

```

; PARTITURA (INSTRUCCIONES DE EVENTOS)

```
<CsScore>
```

```
f1 0 4096 10 1
```

; SECCIÓN A

; PLANO 1. OBJETO X. PUNTUACIÓN DEL COMIENZO DE SECCIÓN

```

i 102 0 0.1 2100 200
i 102 0 0.1 1300 300
i 102 0 0.2 800 500
i 102 0 0.3 500 800
i 102 0 0.5 300 1300
i 102 0 0.8 200 2100
i 102 0 1.3 100 3400

```

; PLANO 2. OBJETO Y1. PRIMERA VELOCIDAD K1 (0.8 S, VARIABLE FIBONACCI)

```

i 103 0 0.05 2000 2000
i 103 0.8 0.05 2000 2000
i 103 1.6 0.05 2000 2000
i 103 2.4 0.05 2000 2000
i 103 3.6 0.05 2000 2000
i 103 4 0.05 2000 2000
i 103 4.8 0.05 2000 2000
i 103 5.6 0.05 2000 2500
i 103 6.4 0.05 2000 2000
i 103 7.2 0.05 2500 2000
i 103 8.8 0.05 2000 2900
i 103 9.6 0.05 2000 2000
i 103 10.4 0.05 2500 2000
i 103 11.2 0.05 2000 2900
i 103 12 0.05 2900 2000
i 103 12.8 0.05 2000 2500
i 103 13.6 0.05 2000 2000
i 103 14.4 0.05 2900 2000
i 103 15.2 0.05 2000 2500
i 103 16 0.05 2500 2000
i 103 16.8 0.05 2000 2900
i 103 17.6 0.05 2500 2000
i 103 18.4 0.05 2000 2900
i 103 19.2 0.05 2500 2000
i 103 20 0.05 2000 2000

```

CSOUND COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA UNA INTRODUCCIÓN A LA
COMPOSICIÓN ELECTRÓNICA: ESTUDIO DE CASO DE UNA MINIATURA MUSICAL
“(IN)HARMONIC STUDY”

; PLANO 2. OBJETO Y1. SEGUNDA VELOCIDAD K2 (0.5 S, VARIABLE
FIBONACCI)

í 103 0 0.05 2000 2000
í 103 0.5 0.05 2000 2000
í 103 1 0.05 2000 2000
í 103 1.5 0.05 2000 2000
í 103 2 0.05 2000 2000
í 103 2.5 0.05 2000 2000
í 103 3 0.05 2000 5000
í 103 3.5 0.05 2000 2000
í 103 4 0.05 5000 2000
í 103 4.5 0.05 2000 7000
í 103 5 0.05 2000 2000
í 103 5.5 0.05 5000 2000
í 103 6 0.05 2000 5000
í 103 6.5 0.05 7000 2000
í 103 7 0.05 2000 5000
í 103 7.5 0.05 2000 2000
í 103 8 0.05 5000 2000
í 103 8.5 0.05 2000 7000
í 103 9 0.05 5000 2000
í 103 9.5 0.05 2000 5000
í 103 10 0.05 7000 2000
í 103 10.5 0.05 2000 5000
í 103 11 0.05 5000 2000
í 103 11.5 0.05 2000 2000
í 103 12 0.05 2000 7000
í 103 12.5 0.05 5000 2000
í 103 13 0.05 2000 7000
í 103 13.5 0.05 5000 2000
í 103 14 0.05 2000 5000
í 103 14.5 0.05 7000 2000
í 103 15 0.05 2000 5000
í 103 15.5 0.05 7000 2000
í 103 16 0.05 2000 7000
í 103 16.5 0.05 5000 2000
í 103 17 0.05 2000 7000
í 103 17.5 0.05 2000 2000
í 103 18 0.05 5000 2000
í 103 18.5 0.05 2000 7000
í 103 19 0.05 5000 2000
í 103 19.5 0.05 2000 7000
í 103 20 0.05 7000 2000

; PLANO 2. OBJETO Y1. TERCERA VELOCIDAD K3 (0.3 S, FIJA EN 2 KHZ)

í 103 0 0.05 2000 2000
í 103 0.3 0.05 2000 2000
í 103 0.6 0.05 2000 2000
í 103 0.9 0.05 2000 2000
í 103 1.2 0.05 2000 2000
í 103 1.5 0.05 2000 2000
í 103 1.8 0.05 2000 2000
í 103 2.1 0.05 2000 2000
í 103 2.4 0.05 2000 2000
í 103 2.7 0.05 2000 2000
í 103 3.0 0.05 2000 2000
í 103 3.3 0.05 2000 2000
í 103 3.6 0.05 2000 2000
í 103 3.9 0.05 2000 2000
í 103 4.2 0.05 2000 2000
í 103 4.5 0.05 2000 2000
í 103 4.8 0.05 2000 2000
í 103 5.1 0.05 2000 2000
í 103 5.4 0.05 2000 2000
í 103 5.7 0.05 2000 2000
í 103 6.0 0.05 2000 2000

i	103	6.3	0.05	2000	2000
i	103	6.6	0.05	2000	2000
i	103	6.9	0.05	2000	2000
i	103	7.2	0.05	2000	2000
i	103	7.5	0.05	2000	2000
i	103	7.8	0.05	2000	2000
i	103	8.1	0.05	2000	2000
i	103	8.4	0.05	2000	2000
i	103	8.7	0.05	2000	2000
i	103	9.0	0.05	2000	2000
i	103	9.3	0.05	2000	2000
i	103	9.6	0.05	2000	2000
i	103	10.9	0.05	2000	2000
i	103	11.2	0.05	2000	2000
i	103	11.5	0.05	2000	2000
i	103	11.8	0.05	2000	2000
i	103	12.1	0.05	2000	2000
i	103	12.4	0.05	2000	2000
i	103	12.7	0.05	2000	2000
i	103	13.0	0.05	2000	2000
i	103	14.2	0.05	2000	2000
i	103	14.5	0.05	2000	2000
i	103	14.8	0.05	2000	2000
i	103	15.1	0.05	2000	2000
i	103	15.4	0.05	2000	2000
i	103	15.7	0.05	2000	2000
i	103	16.0	0.05	2000	2000
i	103	16.3	0.05	2000	2000
i	103	16.6	0.05	2000	2000
i	103	16.9	0.05	2000	2000
i	103	17.2	0.05	2000	2000
i	103	17.5	0.05	2000	2000
i	103	17.8	0.05	2000	2000
i	103	18.1	0.05	2000	2000
i	103	18.4	0.05	2000	2000
i	103	18.7	0.05	2000	2000
i	103	19.0	0.05	2000	2000
i	103	19.3	0.05	2000	2000
i	103	19.6	0.05	2000	2000
i	103	20	0.05	2000	2000

; PLANO 2. OJBETO Y2. SÍNTESES SUBSTRACTIVA CON Q ELEVADO

i	104	0	20	2000	2010
i	104	0	20	2000	2050
i	104	0	20	2000	2060
i	104	0	20	2000	2080

; PLANO 3. OBJETO Z. SÍNTESES FM INARMÓNICA

i	105	0	20	2000	2000
i	105	5	15	2010	2000
i	105	10	10	1980	2000
i	105	15	5	2005	2000

; SECCIÓN B

; PLANO 1. OBJETO X'. PUNTUACIÓN DEL COMIENZO DE SECCIÓN

i 102 20 1.3 1000 1000
i 102 20 0.8 1000 1000
i 102 20 0.5 1000 2000
i 102 20 0.3 1000 3000
i 102 20 0.2 1000 5000
i 102 20 0.1 1000 8000
i 102 20 0.1 1000 13000

; PLANO 2. OBJETO U1. DELAY S1 (DISTANCIA 1 S)

i 106 23 0.1 1500 500 0 0.1
i 106 24 0.1 750 500 0 0.1
i 106 25 0.1 450 500 0 0.1
i 106 26 0.1 300 500 0 0.1
i 106 27 0.1 150 500 0 0.1
i 106 28 0.1 150 500 0 0.1
i 106 29 0.1 150 500 0 0.1
i 106 30 0.1 150 500 0 0.1
i 106 31 0.1 150 500 0 0.1
i 106 32 0.1 150 500 0 0.1
i 106 33 0.1 150 500 0 0.1
i 106 34 0.1 150 500 0 0.1
i 106 35 0.1 150 500 0 0.1
i 106 36 0.1 150 500 0 0.1
i 106 37 0.1 150 500 0 0.1
i 106 38 0.1 150 500 0 0.1
i 106 39 0.1 150 500 0 0.1
i 106 40 0.1 150 500 0 0.1

; PLANO 2. OBJETO U1. DELAY S2 (DISTANCIA VARIABLE)

i 107 24.1 0.05 3000 600 0 0.05
i 107 24.2 0.05 2700 600 0 0.05
i 107 24.3 0.1 2400 600 0 0.1
i 107 24.5 0.15 2100 600 0 0.1
i 107 24.8 0.25 1800 600 0 0.1
i 107 25.3 0.40 1500 600 0 0.1
i 107 26.1 0.40 1200 600 0 0.1
i 107 27.4 0.40 1150 600 0 0.1
i 107 28.7 0.40 900 600 0 0.1
i 107 30.0 0.40 750 600 0 0.1
i 107 31.3 0.40 600 600 0 0.1
i 107 32.9 0.40 450 600 0 0.1
i 107 34.2 0.40 450 600 0 0.1
i 107 35.5 0.40 450 600 0 0.1
i 107 36.8 0.40 450 600 0 0.1
i 107 38.1 0.40 450 600 0 0.1
i 107 39.4 0.40 450 600 0 0.1

; PLANO 2. OBJETO U1. DELAY S3 (DISTANCIA 1S)

i 106 25.1 0.1 600 400 0 0.1
i 106 26.1 0.1 525 400 0 0.1
i 106 27.1 0.1 450 400 0 0.1
i 106 28.1 0.1 375 400 0 0.1
i 106 29.1 0.1 350 400 0 0.1
i 106 30.1 0.1 225 400 0 0.1
i 106 31.1 0.1 150 400 0 0.1
i 106 33.1 0.1 75 400 0 0.1
i 106 35.1 0.1 75 400 0 0.1
i 106 37.1 0.1 75 400 0 0.1

i 106 39.1 0.1 75 400 0 0.1
i 106 41.1 0.1 75 400 0 0.1

; PLANO 2. OBJETO U1. DELAY S4 (DISTANCIA 1S)

i 106 28.2 0.1 300 1000 0 0.1
i 106 29.2 0.1 270 1000 0 0.1
i 106 30.2 0.1 240 1000 0 0.1
i 106 31.2 0.1 210 1000 0 0.1
i 106 32.2 0.1 180 1000 0 0.1
i 106 33.2 0.1 180 1000 0 0.1
i 106 34.2 0.1 180 1000 0 0.1
i 106 35.2 0.1 180 1000 0 0.1
i 106 36.2 0.1 180 1000 0 0.1
i 106 37.2 0.1 180 1000 0 0.1
i 106 38.2 0.1 180 1000 0 0.1
i 106 39.2 0.1 180 1000 0 0.1
i 106 40.2 0.1 180 1000 0 0.1

; PLANO 2. OBJETO U2. SONIDO TENIDO ARMÓNICO

; T1 500 HZ

i 101 23 12 3000 500 5 5
i 101 23 12 1500 501 5 5
i 101 23 12 1500 505 5 5
i 101 23 12 1500 510 5 5

; T2 500 HZ

i 101 24 9 3000 600 5 5

; T3 400 HZ

i 101 25 8 3000 400 5 5

; T4 100 HZ

i 107 26 9 3000 100 5 5

; T5 1000 HZ

i 101 28 7 1500 1000 5 4.5

; PLANO 3. OBJETO V. PLANO DE ACOMPAÑAMIENTO ARMÓNICO

; EFECTO DE FILTRADO

i 101 20 10 10000 50 5 3
i 101 20 10 2000 100 5 3
i 101 24 5 800 200 1.5 3
i 101 25 5 800 300 1.5 3
i 101 26 5 300 400 1.5 3
i 101 27 5 800 500 1.5 3
i 101 28 5 300 600 1.5 3
i 101 29 5 400 700 1.5 3
i 101 31 5 500 900 1.5 3
i 101 32 3 600 1000 1.5 3
i 101 32.5 3 700 1100 1.5 3
i 101 33 3 800 1200 1.5 3
i 101 33.5 3 1300 1300 1.5 3
i 101 34 3 900 1400 1.5 3
i 101 34.5 3 1000 1500 1.5 3
i 101 35 3 1300 1600 1.5 3
i 101 35.5 3 1600 1700 1.5 3

CSOUND COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA UNA INTRODUCCIÓN A LA
COMPOSICIÓN ELECTRÓNICA: ESTUDIO DE CASO DE UNA MINIATURA MUSICAL
“(IN)HARMONIC STUDY”

i 101 36 3 1900 1800 1.5 3
i 101 36.5 3 2100 1900 1.5 3
i 101 37.5 3 1300 2100 1.5 3

; ENLACE CON SECCIÓN A

i 101 19 17 2000 800 1.5 15
i 101 23 17 2000 805 1.5 15

; ENLACE CON SECCIÓN A'

i 101 37 5 2500 2000 1.5 3

; SECCIÓN A'

; PLANO 1. OBJETO X. PUNTUACIÓN DEL COMIENZO DE SECCIÓN

i 102 40 0.1 3400 200
i 102 40 0.1 2100 300
i 102 40 0.2 1300 500
i 102 40 0.3 800 800
i 102 40 0.5 500 1300
i 102 40 0.8 300 2100
i 102 40 1.3 200 3400

; PLANO 2. OBJETO Y1. PRIMERA VELOCIDAD K1 (0.8 S, VARIABLE FIBONACCI)

i 103 40 0.05 2000 2000
i 103 40.8 0.05 2000 2000
i 103 41.6 0.05 2000 2000
i 103 42.4 0.05 2000 2000
i 103 43.6 0.05 2000 2000
i 103 44 0.05 2000 2000
i 103 44.8 0.05 2000 2000
i 103 45.6 0.05 2000 2500
i 103 46.4 0.05 2000 2000
i 103 47.2 0.05 2500 2000
i 103 48.8 0.05 2000 2900
i 103 49.6 0.05 2000 2000
i 103 50 0.05 2000 2500

; PLANO 2. OBJETO Y1. SEGUNDA VELOCIDAD K2 (0.5 S, VARIABLE FIBONACCI)

i 103 40 0.05 2000 2000
i 103 40.5 0.05 2000 2000
i 103 41 0.05 2000 2000
i 103 41.5 0.05 2000 2000
i 103 42 0.05 2000 2000
i 103 42.5 0.05 2000 2000
i 103 43 0.05 2000 5000
i 103 43.5 0.05 2000 2000
i 103 44 0.05 5000 2000
i 103 44.5 0.05 2000 7000
i 103 45 0.05 2000 2000
i 103 45.5 0.05 2000 7000
i 103 46 0.05 5000 2000
i 103 46.5 0.05 2000 7000
i 103 47 0.05 5000 2000
i 103 47.5 0.05 2000 2000
i 103 48 0.05 5000 2000
i 103 48.5 0.05 2000 7000
i 103 49 0.05 5000 2000
i 103 49.5 0.05 2000 5000
i 103 50 0.05 7000 2000

; PLANO 2. OBJETO Y1. TERCERA VELOCIDAD K3 (0.3 S, FIJA EN 2 KHZ)

i 103 40 0.05 2000 2000
 i 103 40.3 0.05 2000 2000
 i 103 40.6 0.05 2000 2000
 i 103 40.9 0.05 2000 2000
 i 103 41.2 0.05 2000 2000
 i 103 41.5 0.05 2000 2000
 i 103 41.8 0.05 2000 2000
 i 103 42.1 0.05 2000 2000
 i 103 42.4 0.05 2000 2000
 i 103 42.7 0.05 2000 2000
 i 103 43.0 0.05 2000 2000
 i 103 43.3 0.05 2000 2000
 i 103 43.6 0.05 2000 2000
 i 103 43.9 0.05 2000 2000
 i 103 44.2 0.05 2000 2000
 i 103 44.5 0.05 2000 2000
 i 103 44.8 0.05 2000 2000
 i 103 45.1 0.05 2000 2000
 i 103 45.4 0.05 2000 2000
 i 103 45.7 0.05 2000 2000
 i 103 46.0 0.05 2000 2000
 i 103 46.3 0.05 2000 2000
 i 103 46.6 0.05 2000 2000
 i 103 46.9 0.05 2000 2000
 i 103 47.2 0.05 2000 2000
 i 103 47.5 0.05 2000 2000
 i 103 47.8 0.05 2000 2000
 i 103 48.1 0.05 2000 2000
 i 103 48.4 0.05 2000 2000
 i 103 48.7 0.05 2000 2000
 i 103 49.0 0.05 2000 2000
 i 103 49.3 0.05 2000 2000
 i 103 49.6 0.05 2000 2000
 i 103 40.9 0.05 2000 2000

; PLANO 2. OBJETO Y2. SÍNTESIS SUBSTRACTIVA CON Q ELEVADO

i 104 40 10 2000 2010
 i 104 40 10 2000 2050
 i 104 40 10 2000 2060
 i 104 40 10 2000 2080

; PLANO 3. OBJETO Z. SÍNTESIS FM INARMÓNICA

i 105 40 15 2000 2000
 i 105 42 13 2010 2000
 i 105 46 9 1980 2000
 i 105 48 7 2005 2000

; PLANO 4. ANTICIPACIÓN DE SECCIÓN B'. OBJETO V. ACOMPAÑAMIENTO ARMÓNICO (MODODULACIÓN DE FC = 4 KHZ MEDIANTE FRECUENCIAS CERCANAS)

i 101 45 8 1000 4010 5 3
 i 101 45 7 1000 4000 5 2
 i 101 48 3 1000 4100 2 1
 i 101 48 2.1 1000 4050 2 0.1
 i 101 47 3 1000 8000 2 3
 i 101 48 2 500 16000 2 3

; SECCIÓN B'

; PLANO 1. OBJETO X'. PUNTUACIÓN DEL COMIENZO DE SECCIÓN

i 102 50 1.3 2000 1000
 i 102 50 0.8 2000 1000
 i 102 50 0.5 2000 2000

CSOUND COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA UNA INTRODUCCIÓN A LA
COMPOSICIÓN ELECTRÓNICA: ESTUDIO DE CASO DE UNA MINIATURA MUSICAL
“(IN)HARMONIC STUDY”

```
i 102 50 0.3 2000 3000
i 102 50 0.2 2000 5000
i 102 50 0.1 2000 8000
i 102 50 0.1 2000 13000
```

; PLANO 2. OBJETO U1. DELAY S1 (DISTANCIA 1 S)

```
i 106 50 0.1 1500 500 0 0.1
i 106 51 0.1 750 500 0 0.1
i 106 52 0.1 450 500 0 0.1
i 106 53 0.1 300 500 0 0.1
i 106 54 0.1 150 500 0 0.1
```

; PLANO 2. OBJETO U1. DELAY S2 (DISTANCIA VARIABLE)

```
i 107 50.1 0.05 3000 600 0 0.05
i 107 50.2 0.05 2700 600 0 0.05
i 107 50.3 0.1 2400 600 0 0.1
i 107 50.5 0.15 2100 600 0 0.1
i 107 50.8 0.25 1800 600 0 0.1
i 107 51.3 0.40 1500 600 0 0.1
i 107 52.1 0.40 1200 600 0 0.1
i 107 53.4 0.40 1150 600 0 0.1
i 107 54.7 0.40 900 600 0 0.1
i 107 55.0 0.40 750 600 0 0.1
```

; PLANO 2. OBJETO U1. DELAY S3 (DISTANCIA 1S)

```
i 106 50.1 0.1 600 400 0 0.1
i 106 51.1 0.1 525 400 0 0.1
i 106 52.1 0.1 450 400 0 0.1
i 106 53.1 0.1 375 400 0 0.1
i 106 54.1 0.1 350 400 0 0.1
```

; PLANO 2. OBJETO U1. DELAY S3 (DISTANCIA 1S)

```
i 106 50.2 0.1 300 1000 0 0.1
i 106 51.2 0.1 270 1000 0 0.1
i 106 52.2 0.1 240 1000 0 0.1
i 106 53.2 0.1 210 1000 0 0.1
i 106 54.2 0.1 180 1000 0 0.1
```

; PLANO 2. OBJETO U2. SONIDO TENIDO ARMÓNICO

```
i 101 50 8 3000 500 5 5
i 101 50 8 1500 501 5 5
i 101 50 8 1500 505 5 5
i 101 50 8 1500 510 5 5
i 107 53 5 3000 100 5 5
i 101 51 7 3000 600 5 5
i 101 52 6 3000 400 5 5
i 101 53 3 1500 1000 5 4.5
```

; PLANO 3. OBJETO V. PLANO DE ACOMPAÑAMIENTO ARMÓNICO

; EFECTO DE FILTRADO

```
i 101 53 5 10000 50 1.5 1
i 101 52 5 2000 100 1.5 3
i 101 50 8 2000 2000 1.5 8
i 101 50 8 5000 2010 1.5 8
i 101 52.5 8 1300 200 1.5 3
i 101 52 7 1300 300 0.5 0.5
i 101 52.2 7 500 400 0.5 0.5
i 101 51.4 7 1300 500 0.5 0.5
```

```

i 101 51.6 4 500 600 0.5 0.5
i 101 51.8 4 500 700 0.5 0.5
i 101 52 6 500 800 0.5 0.5
i 101 52.2 3 500 900 0.5 0.5
i 101 52.4 3 500 1000 0.5 0.5
i 101 52.6 3 500 1100 0.5 0.5
i 101 52.8 3 500 1200 0.5 0.5
i 101 53 5 1300 1300 0.5 0.5
i 101 53.2 2 500 1400 0.5 0.5
i 101 53.4 2 500 1500 0.5 0.5
i 101 53.6 2 500 1600 0.5 0.5
i 101 53.8 2 500 1700 0.5 0.5
i 101 54 1 500 1800 0.5 0.5
i 101 54.2 1 500 1900 0.5 0.5
i 101 54.1 4 1300 2100 0.5 0.5

```

; SECCIÓN A'' O CODA

; PLANO 1. OBJETO X''. VARIACIÓN POR AMPLIACIÓN

```

i 102 55 3.4 2800 500
i 102 55 2.1 2800 800
i 102 55 1.3 2800 1000
i 102 55 0.8 2800 1000
i 102 55 0.5 2800 2000
i 102 55 0.3 2800 3000
i 102 55 0.2 2800 5000
i 102 55 0.1 2800 8000
i 102 55 0.1 2800 13000

```

; PLANO 1. OBJETO X. CIERRE DE LA OBRA. REFERENCIA HACIA EL COMIENZO

```

i 102 58 0.1 2100 200
i 102 58 0.1 1300 300
i 102 58 0.2 800 500
i 102 58 0.3 500 800
i 102 58 0.5 300 1300
i 102 58 0.8 200 2100
i 102 58 1.3 100 3400

```

e ; FIN DE LA PIEZA

</CsScore>

</CsoundSynthesizer>