



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**Proyecto fin de Carrera Grado**

**Grado en Ingeniería Informática de Computadores**

**Fundamentos del Lenguaje Csound**

**Realizado por  
Rafael Escudero Lirio**

**Dirigido por  
Víctor Jesús Díaz Madrigal**

**Departamento  
Lenguajes y Sistemas Informáticos**

**Sevilla, septiembre de 2020 (v.0.0.1)**

---

## Resumen

---

El lenguaje de programación Csound está principalmente destinado a la síntesis y producción de sonido en un ámbito musical. Es un lenguaje de código abierto, accesible en la plataforma GitHub y su compilador está programado en C, de ahí su nombre. Recibe periódicamente contribuciones de desarrolladores de diferentes partes del mundo y se encuentra en su versión 6.14.0 a la fecha de realización de este trabajo. Es relativamente poco conocido al ser de uso muy específico y al estar toda su documentación dedicada a personas angloparlantes.

Al ser éstas las circunstancias del lenguaje se ha formado a su alrededor una comunidad dedicada que se agranda con el paso del tiempo, con el fin de seguir desarrollando su tecnología y de ahí la justificación del principal motivo del presente trabajo de fin de grado:

### **Dar a conocer los fundamentos del lenguaje Csound.**

Para tal fin, se estructurará el presente trabajo a modo de guía introductoria de uso del lenguaje. Destacando las principales características de éste y priorizando la escalada progresiva de complejidad al decidir el orden de exposición de los conceptos, con intención de favorecer el aprendizaje a medida que se vaya usando el documento. Se priorizará también que el contenido se exponga de manera unitaria para favorecer el uso del presente documento como guía de consulta rápida de conceptos básicos de Csound.

Se exponen a continuación los principales objetivos del presente trabajo:

- Dar a conocer en mayor medida el lenguaje de programación Csound.
- Proporcionar una guía de aprendizaje introductorio al lenguaje Csound.
- Proporcionar un documento de consulta rápida de conceptos del lenguaje Csound.
- Proporcionar ejemplos prácticos de programación usando el lenguaje Csound a modo de demostración capacitiva del lenguaje.

Por último destacar que tecnologías como Csound invitan al trabajo colaborativo e interdisciplinar en distintos ámbitos como son en este caso la informática y la música. Es por ello fundamental dar a conocer sus diferentes usos con el fin último de ampliar el desarrollo de los conocimientos tecnológicos.

---

## Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>II</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>IV</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>V</b>
<b>Índice de código</b>	<b>VI</b>
<b>1 Introducción al Lenguaje y Fundamentos del Sonido</b>	<b>1</b>
1.1 ¿Qué es Csound? . . . . .	1
1.2 ¿Por qué usar Csound? . . . . .	1
1.3 Breve historia de Csound . . . . .	2
1.4 Las características del lenguaje . . . . .	2
1.5 Alternativas a Csound . . . . .	3
1.5.1 Max/MSP . . . . .	3
1.5.2 PureData . . . . .	3
1.5.3 SuperCollider . . . . .	4
1.6 IDEs para usar Csound . . . . .	4
1.6.1 CsoundQT . . . . .	4
1.6.2 Blue . . . . .	5
1.6.3 Cabbage . . . . .	6
<b>2 La Sintaxis del Lenguaje</b>	<b>7</b>
2.1 Hello Csound! . . . . .	7
2.2 A tener en cuenta . . . . .	7
2.3 División por etiquetas . . . . .	8
2.4 Palabras reservadas . . . . .	8
2.5 Cuadros (mal llamados Tablas) . . . . .	9
<b>3 Fundamentos del Sonido</b>	<b>10</b>
3.1 Introducción . . . . .	10
3.2 El Audio Digital . . . . .	10
3.2.1 ¿Qué es el sonido y cómo se transmite? . . . . .	10
3.2.2 La onda de sonido y sus características . . . . .	11
3.2.3 El Muestreo y Sample Rate . . . . .	11
3.3 El Decibelio . . . . .	13
<b>Referencias</b>	<b>14</b>

---

## Índice de cuadros

---

2.1	Cuadro de prueba . . . . .	9
-----	----------------------------	---

---

## Índice de figuras

---

1.1	Barry Vercoe . . . . .	2
1.2	Ejemplo Max/Msp . . . . .	3
1.3	Ejemplo PureData . . . . .	4
1.4	CsoundQt . . . . .	5
1.5	Blue . . . . .	5
1.6	Cabbage . . . . .	6
2.1	Sonido cuadrafónico . . . . .	9
3.1	Onda Senoidal . . . . .	10
3.2	Periodo y Amplitud . . . . .	11
3.3	Ejemplo de sampleo de una onda . . . . .	12
3.4	Un mismo sample rate para ondas distintas . . . . .	13

---

## Índice de código

---

2.1 Hello World! en Csound . . . . .	7
--------------------------------------	---

---

## Introducción al Lenguaje y Fundamentos del Sonido

---

### 1.1– ¿Qué es Csound?

Csound es un lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos dedicado a la síntesis, edición y producción de sonido. Su sintaxis es concreta y su compilador está codificado en lenguaje C. Entre los usos prácticos del lenguaje podemos encontrar ejemplos en la página oficial <https://csound.com/projects.html> de proyectos dedicados a la síntesis de música en directo, edición de sonido mediante efectos generados programáticamente y creación de interfaces VST o instrumentos virtuales entre otros.

Podemos referirnos a Csound como un “Compilador de Sonido”.

### 1.2– ¿Por qué usar Csound?

Hay muchas buenas razones para usar Csound. Csound es software libre de código abierto con licencia LGPL, está en constante desarrollo y tiene una comunidad de desarrolladores que crece día a día, proporciona además un punto de conexión entre la disciplina informática y el ámbito de la música y el sonido. Es además una gran herramienta científica al facilitar la exposición y experimentación de conceptos relacionados a las ondas del sonido, con una amplia librería de funciones y objetos útiles para ello. En lo que se refiere a la composición musical, Csound se ha usado principalmente para generar música electrónica a lo largo de su historia aunque podemos encontrar a compositores de cualquier género musical o tipo de instrumento sacándole provecho al lenguaje. No es de extrañar vistas las tendencias actuales en el mundo de la música, donde para triunfar a nivel multitudinario es prácticamente imprescindible contar con un buen productor que sepa embellecer el sonido. Es frecuente ver a usuarios del lenguaje interpretando su música en directo con ayuda directa de éste. Y por último debo destacar que Csound es compatible con los principales sistemas operativos del mercado, desde Windows a iOS pasando por distribuciones Linux. Y como veremos más adelante en esta guía, sus funciones pueden llamarse desde el código de otros lenguajes como Python, java o C.

### 1.3– Breve historia de Csound

De manera resumida, Csound fue desarrollado en un principio por Barry Vercoe (véase la figura 1.1) en 1985 en el MIT<sup>1</sup> Media Lab. Y desde la década de los años 1990, una amplia variedad de desarrolladores ha colaborado a su código abierto, aportando además documentación, ejemplos y artículos sobre el lenguaje.



Figura 1.1: Barry Vercoe

Para hablar de los verdaderos orígenes de Csound debemos remontarnos a la década de los años 1970, a los orígenes de la producción informática de sonido. Matt Mathews creó MUSIC, el primer lenguaje informático para la generación de ondas de audio digital. En éste se basarían sus posteriores iteraciones: Music1, Music2, Music3, Music4, Music4B... Hasta llegar a Music11, desarrollado por el mentado Barry Vercoe, y del cual Csound es sucesor directo. Posteriormente el desarrollo del lenguaje ha continuado gracias a su comunidad con John Fitch de la University of Bath a la cabeza y como dueño del repositorio de código abierto en la plataforma GitHub. En la actualidad se realizan periódicamente las ICSC<sup>2</sup>, conferencias dedicadas a Csound a nivel internacional de manera periódica, siendo la última fecha de realización el 27 de septiembre de 2019 en la actualidad del presente documento.

### 1.4– Las características del lenguaje

A continuación se muestra una lista de las características principales y técnicas del lenguaje:

- Usado para la síntesis, edición y análisis de sonido y música.
- Lenguaje de código abierto.
- Programación funcional.
- Licencia de distribución LGPL.
- Orientado a objetos.
- Compilador programado en lenguaje C.
- 30 años de desarrollo.
- Compatibilidad con otros lenguajes y retrocompatibilidad de versiones.

---

<sup>1</sup>Massachusetts Institute of Technology

<sup>2</sup>International Csound Conference



## 1.5– Alternativas a Csound

Voy a hablar de tres principales alternativas a Csound, siendo estos lenguajes dedicados principalmente a la síntesis, edición y análisis del sonido.

### Lenguajes Gráficos

- Max/MSP
- PureData

### Lenguaje Escrito

- SuperCollider

#### 1.5.1. Max/MSP

Max es un lenguaje de programación gráfico (véase figura 1.2) dedicado a la música y sonido al igual que Csound pero a diferencia de éste, no es de código abierto. Lo desarrolla y mantiene la empresa Cycling '74 y actualmente puede probarse gratuitamente durante los primeros 30 días de uso. Podría decirse que es por excelencia el lenguaje comercial para el desarrollo de aplicaciones comerciales destinadas al ámbito musical.

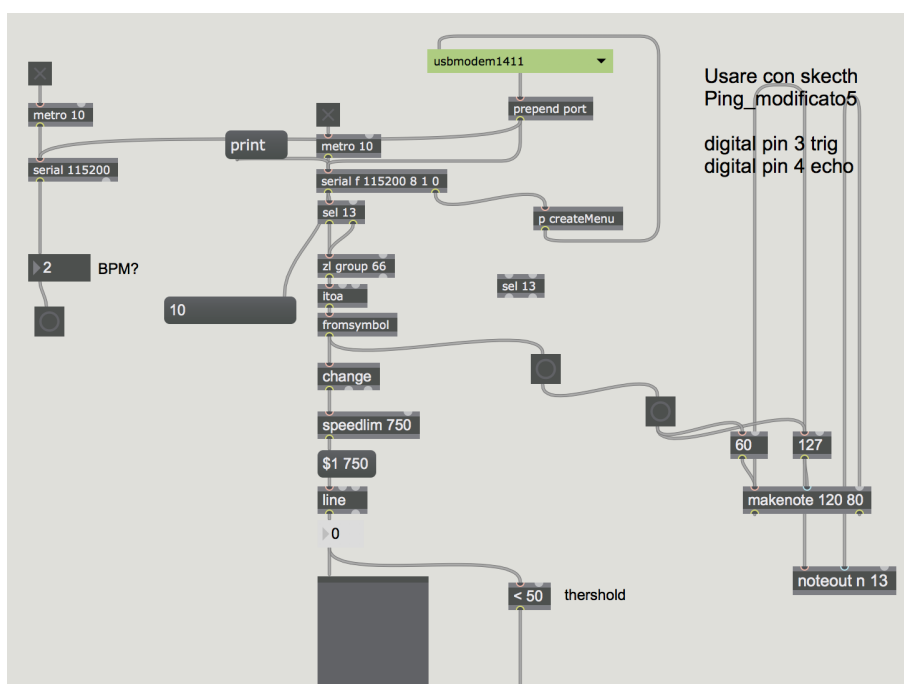


Figura 1.2: Ejemplo Max/Msp

#### 1.5.2. PureData

PureData podría ser considerado el contraparte de código abierto a Max/MSP, pues al igual que éste se trata de un lenguaje gráfico (véase la figura 1.3) pero en esta ocasión de libre desarrollo como Csound. La principal ventaja de este lenguaje respecto a Csound es su paradigma gráfico que puede resultar atractivo a profesionales del ámbito musical o científico que no estén totalmente acostumbrados a usar los tradicionales lenguajes escritos y encuentren en PureData un acercamiento más amigable al mundo de la programación

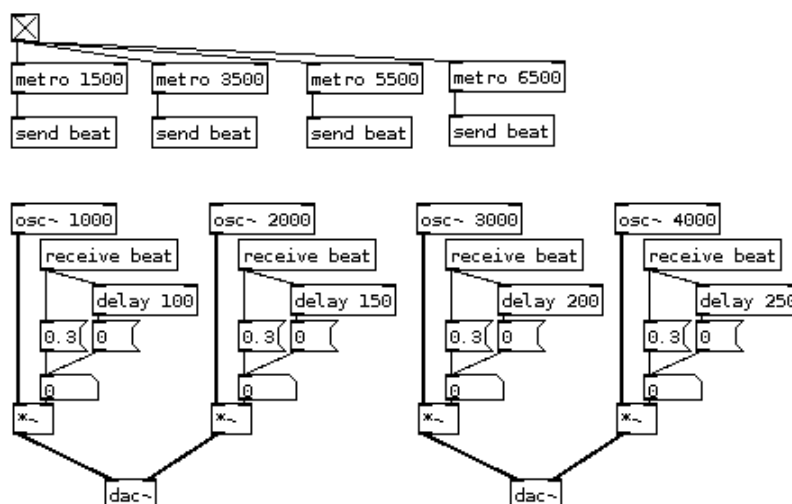


Figura 1.3: Ejemplo PureData

### 1.5.3. SuperCollider

SuperCollider es de entre las alternativas aquí descritas la más parecida a Csound puesto que además de tener una sintaxis de lenguaje escrito, es también de código abierto. Cuenta además con una sintaxis parecida a lenguajes muy conocidos como C o Ruby, de esta forma parecería más atractivo a iniciados y profesionales de la programación en una primera instancia. Por tanto para observar las verdaderas diferencias entre lenguajes como Csound y SuperCollider tendremos que indagar más a fondo en estos lenguajes y aprender sus características más concretas como haremos en esta ocasión con Csound.

## 1.6– IDEs para usar Csound

Existen varias alternativas en lo que respecta a entornos de desarrollo de Csound, a continuación se describen 3 opciones<sup>3</sup>:

### 1.6.1. CsoundQT

CsoundQT es el entorno de desarrollo predeterminado de Csound, prueba de ello es que se instala automáticamente cuando instalamos Csound en el equipo. Tiene una interfaz sencilla, una librería muy completa de ejemplos y capacidad de ampliación con extensiones. Es un buen entorno para tomar una aproximación lo más simplificada posible al lenguaje.

**Versión actual:** 0.9.6

**Plataformas disponibles:** Windows, OSX, Debian/Ubuntu.

**Página principal:** <http://csoundqt.github.io/>

<sup>3</sup>En los ejemplos de código de este documento se ha usado principalmente el IDE Cabbage, no obstante se especificará el IDE usado en cada ocasión en caso de ser necesario por diferencias de uso sustanciales.

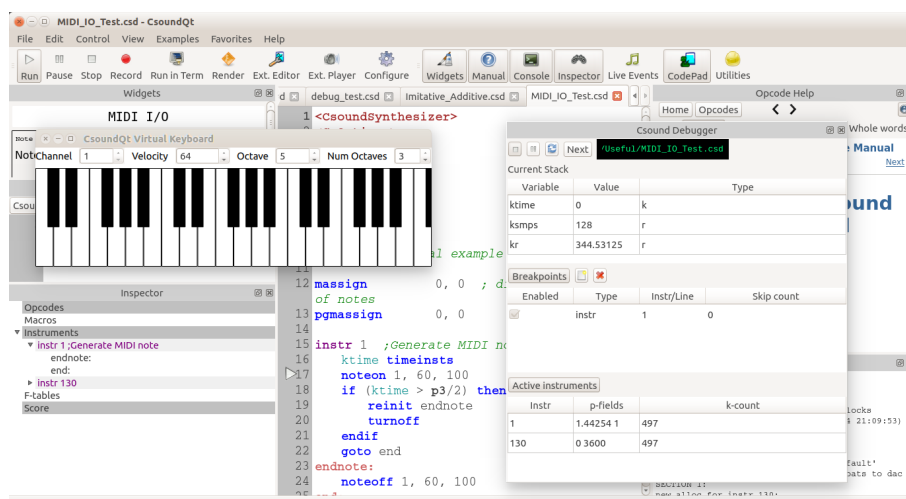


Figura 1.4: CsoundQt

### 1.6.2. Blue

Blue está enfocado al uso intermedio/avanzado del lenguaje Csound contando con varios plugins por defecto y una interfaz más recargada pero no por ello más difícil de usar o menos legible. Posee varias ventajas tipo framework como los Polyobject, NoteProcessors o el Orchestra manager y es de nuevo una gran opción para tener una primera toma de contacto con el Lenguaje.

**Versión actual:** 2.8.0

**Plataformas disponibles:** Windows, OSX, Linux.

**Página principal:** <https://blue.kunstmusik.com/>

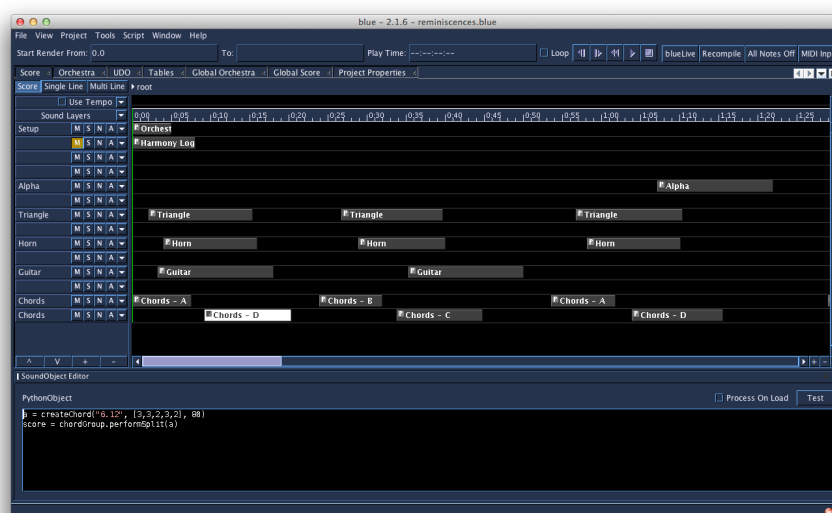


Figura 1.5: Blue

### 1.6.3. Cabbage

Cabbage es un IDE muy completo, posee una gran librería con utilidades de interfaz gráfica de manera que se facilita el desarrollo completo de instrumentos y plugins musicales existiendo incluso la opción de exportar el código que estamos programando como VST. Cuenta además con una interfaz personalizable y su instalador proporciona la opción de instalar la última versión de Csound si no lo teníamos instalado previamente. Por último cuenta con un instalador para sistemas android para que podamos usar los plugins que programemos con cabbage en estos sistemas.

**Versión actual:** 2.3.0

**Plataformas disponibles:** Windows, OSX, Linux.

**Página principal:** <https://cabbageaudio.com/>

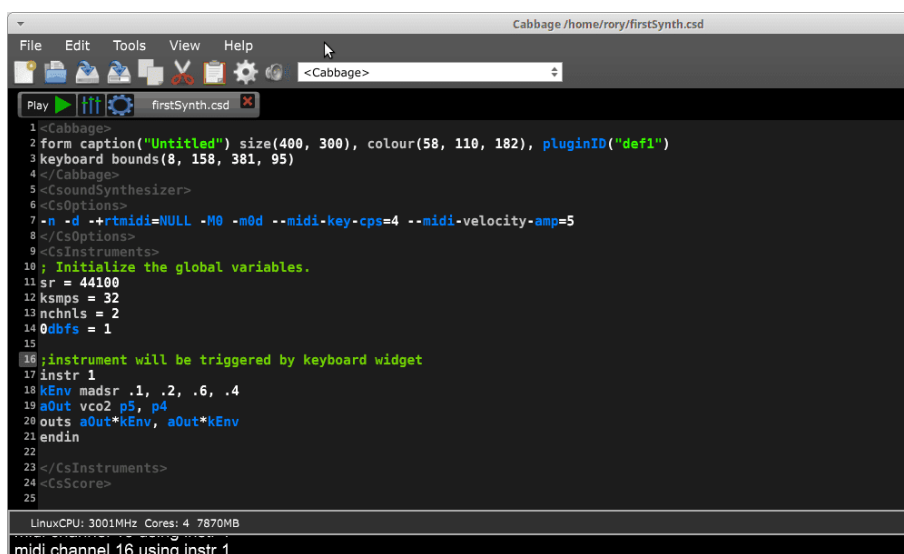


Figura 1.6: Cabbage

---

### La Sintaxis del Lenguaje

---

#### 2.1– Hello Csound!

Empecemos por mostrar cómo sería el clásico *Hello World!* en Csound. Así tendremos un código básico al que hacer referencia a lo largo de este capítulo<sup>1</sup>:

```
1 <CsoundSynthesizer>
2 <CsOptions>
3 </CsOptions>
4 <CsInstruments>
5
6 instr 1
7     prints "Hello World! %n"
8     aSin    oscils 0dbfs/4, 440, 0
9     out     aSin
10 endin
11 ;Esto es un comentario
12 </CsInstruments>
13 <CsScore>
14 i 1 0 1
15 </CsScore>
16 </CsoundSynthesizer>
```

Código 2.1: Hello World! en Csound

#### 2.2– A tener en cuenta

Estas son algunas consideraciones básicas del lenguaje que debemos tener presentes:

- Es sensible a mayúsculas/minúsculas.
- Usa especificadores de formato al imprimir variables.
- Para realizar comentarios en el código usaremos ; al inicio de la línea o usar /\* y \*/ para comentar varias líneas.
- Partes del código divididas en etiquetas XML.

---

<sup>1</sup> Durante el resto del presente capítulo se hará referencia a la figura de código anterior siempre que se hable de líneas concretas de código.

## 2.3– División por etiquetas

Csound divide la estructura de su código con etiquetas XML, empezaremos por hablar de las más básicas: `<CsInstruments>` y `<CsScore>`. Hasta llegar a etiquetas más exclusivas como `<Cabbage>`.

- **Etiqueta `<CsInstruments>`:** En esta etiqueta se incluirán las definiciones de los instrumentos que crearemos. Un poco más adelante trataremos de entender qué es un instrumento en Csound. En nuestro ejemplo la etiqueta `<CsInstruments>` abarca desde la línea 4 a la línea 12, y podemos observar la definición de un instrumentos entre las líneas 6 y 10.
- **Etiqueta `<CsScore>`:** Aquí haremos uso práctico de nuestros instrumentos, les diremos cómo ejecutarse y durante cuánto tiempo. En el código del que disponemos, la etiqueta `<CsScore>` abarca desde la línea 13 a la 15 y tenemos un ejemplo sencillo de ejecución en la línea 14 al que volveremos más adelante.
- **Etiqueta `<CsOptions>`:** Se incluirán aquí las especificaciones técnicas para interactuar con hardware u otros dispositivos.
- **Etiqueta `<CsoundSynthesizer>`:** Todo el código, incluidas las etiquetas mencionadas anteriormente, debe estar incluido en `<CsoundSynthesizer>`. Es la forma que tiene el compilador de saber dónde empieza y dónde acaba el código Csound.
- **Etiqueta especial `<Cabbage>`:** Es la única etiqueta que no debe estar dentro de `<CsoundSynthesizer>` puesto que es exclusiva de Cabbage, IDE que usaremos principalmente en este documento. En esta etiqueta incluiremos el código referente a las opciones de personalización de interfaz gráfica de nuestro programa, hablaremos más de ella en secciones referentes al uso del IDE Cabbage.

## 2.4– Palabras reservadas

Las palabras reservadas son variables globales con una funcionalidad especial para Csound como delimitar bloques de código o determinando valores configurables. Pueden inicializarse a un valor determinado en nuestro código que queda posteriormente grabado en el tiempo de compilación. Veamos algunas de las palabras reservadas más comunes en Csound:

- **`instr/endin`:** Las palabras reservadas `instr` y `endin` sirven para determinar el comienzo y el final del bloque de código necesario para crear un instrumento en Csound. Podemos ver un ejemplo de uso en las líneas 6 y 10 de la figura de código 2.1. Además debemos asignar un nombre o identificador al instrumento acompañando a la palabra reservada `instr`, en nuestro ejemplo de código le damos el nombre “1” a nuestro instrumento.
- **`sr`:** Indica el valor del sample rate. El valor predeterminado es de 44100Hz, es decir, 44100 veces cada segundo. Normalmente usaremos un valor 44100 o de 48000 según la compatibilidad de la tarjeta de sonido de nuestro equipo.<sup>2</sup>
- **`nchnls`:** Se trata del número de canales de salida de audio que usamos en nuestro programa. Con `nchnls = 1` conseguimos sonido mono, con `nchnls = 2` stereo, `nchnls = 4` cuadrafónico. (véase figura 2.1)

---

<sup>2</sup>Para mayor entendimiento de los conceptos relacionados al sampleo véase el apartado “El Sampleo y Sample Rate” del capítulo “Fundamentos del Sonido”

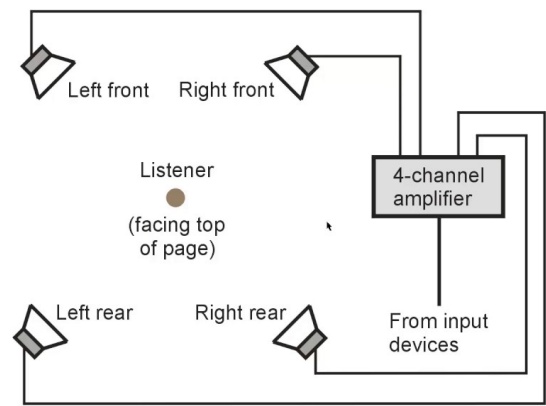


Figura 2.1: Sonido cuadrafónico

- **0dbfs**: Determina el valor relativo que usaremos en el programa como 0 decibelios y a partir del cual aumentaremos o disminuirémos los decibelios de volumen. Por defecto tiene un valor de 32767.<sup>3</sup>

2.5– Cuadros (mal llamados Tablas)

Este es un ejemplo de inclusión de cuadro en el texto. Véase el cuadro 2.1

elemento	elemento	elemento
elemento	elemento	elemento

Cuadro 2.1: Cuadro de prueba

<sup>3</sup>Para mayor entendimiento del concepto de decibelio, ir a la sección “El decibelio”del capítulo “Fundamentos del Sonido”

---

### Fundamentos del Sonido

---

#### 3.1– Introducción

Este capítulo tiene como función dar una breve introducción a la teoría física del sonido, en concreto a los conceptos fundamentalmente necesarios para entender los ejemplos expuestos en esta guía de Csound. Se presenta por ello como capítulo anexo o capítulo extra de modo que sirva de referencia rápida en otras partes del documento y de manera que un lector con manejo en estos términos pueda saltar su contenido cómodamente.

#### 3.2– El Audio Digital

Para definir el audio digital debemos empezar por saber qué es el sonido:

##### 3.2.1. ¿Qué es el sonido y cómo se transmite?

**Sonido:** “*Sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire.*”<sup>1</sup>

A ese movimiento vibratorio que se transmite y viaja por el medio podemos llamarlo “Onda de Sonido”. Y la forma más simple de describir un movimiento vibratorio, es decir, la onda más simple de todas; es mediante la forma senoidal:

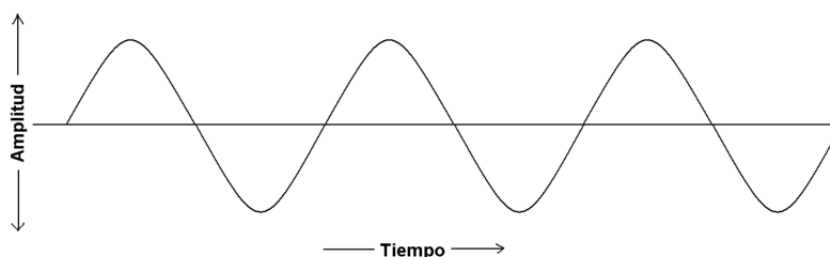


Figura 3.1: Onda Senoidal

---

<sup>1</sup>REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea].  
;https://dle.rae.es[05 de julio de 2020].



Como sabemos, los medios transmisores están formados por moléculas que ocupan un determinado espacio. Podemos por lo tanto imaginar a una molécula que describe el movimiento vibratorio descrito anteriormente. Podríamos también decir que cuando la molécula sobrepasa el punto inicial o punto 0 que definimos en la gráfica, la molécula está empujando al resto de moléculas que encuentra en su camino. De forma análoga, cuando la posición de la molécula tiene un valor menor al inicial decimos que la molécula está tirando del resto de moléculas de su entorno.

De esta manera se produce la transmisión del sonido.

### 3.2.2. La onda de sonido y sus características

Quedaba definida la onda de sonido en el apartado anterior. Si a continuación le añadimos la información de esa vibración de la que hablábamos es constante se producirá lo que llamamos “Onda Periódica”.

Toda onda periódica posee 4 características:

- **Periodo:** Es la cantidad de tiempo que tarda la forma de la onda en repetirse, lo llamaremos T y lo expresaremos en segundos.
- **Amplitud:** Distancia máxima de los puntos de la onda respecto a la posición de eje Y (eje “Tiempo” en la figura). Podemos definirla también como la fuerza con la que las moléculas del medio consiguen empujar o tirar del resto de moléculas de su entorno.

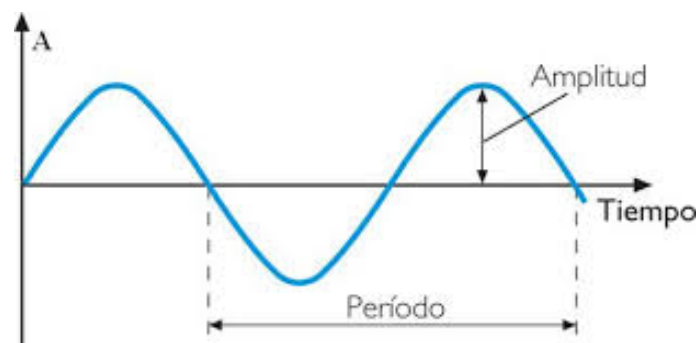


Figura 3.2: Periodo y Amplitud

- **Frecuencia:** La frecuencia de una onda expresa la cantidad numérica de veces que repite su movimiento durante un tiempo determinado. Si la definimos respecto al periodo decimos que es la cantidad numérica de periodos (o repeticiones de la forma de la onda) que ocurren durante un segundo. Se mide en Hercios o Hz, la representaremos con f y podremos calcularla fácilmente puesto que es la inversa del periodo:
  - $Frecuencia = 1/Periodo$
  - $Periodo = 1/Frecuencia$
- **Longitud de Onda:** Se trata de la distancia que va del punto inicial al punto final del recorrido de la onda marcada por un periodo. Se mide en metros.

### 3.2.3. El Sampleo y Sample Rate

Para representar de manera digital una onda de sonido acústica necesitamos convertir sus valores analógicos a digitales. Esta onda tendrá un valor distinto por cada instante de tiempo y para conseguir recoger de alguna manera estos datos en un computador necesitaremos el concepto de sampleo.

El sampleo consiste en recoger un número determinado de valores en formato digital de una onda sonora por cada segundo de duración.

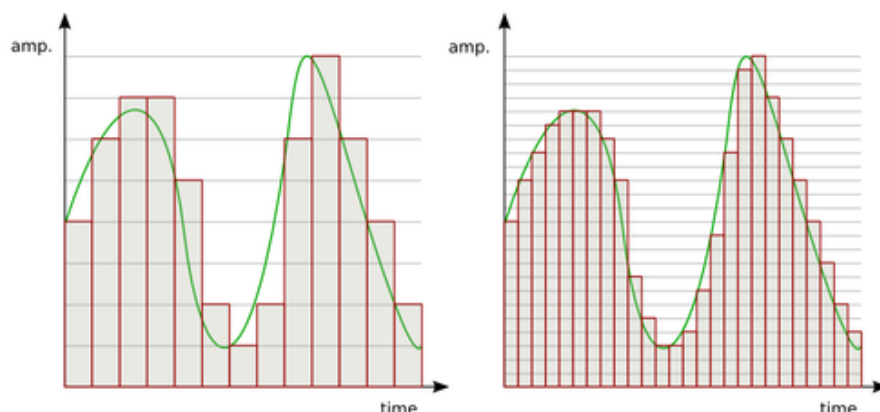


Figura 3.3: Ejemplo de sampleo de una onda

Aquí entra el concepto de “sample rate”, que determina la frecuencia de muestreo en la recogida de datos de la onda. En la figura anterior podemos observar una misma onda de sonido a la que se le realiza un sampleo primero con sample rate menor (izquierda), y con un sample rate mayor (derecha).

Por último debe destacarse que un sample rate mayor no implica necesariamente una conversión digital más eficiente para nosotros a un nivel pragmático puesto que el nivel máximo de frecuencia de datos sonoros que puede captar en oído humano ronda los 20Khz.

Contamos además con que debe respetarse el **Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon**:

*“Para representar una onda de manera digital que contenga frecuencias de hasta  $X$  Hz, es necesario usar un sample rate de al menos  $2X$  muestras por segundo.”*

De otra manera, los valores digitales no representarían la onda de manera correcta dando lugar al aliasing y al muestreo incorrecto.

Se muestra a continuación una figura de ejemplo de sampleo en la que se toma un sample rate de 40000Hz. De la primera onda, que es de 10KHz observamos que recogemos los datos suficiente cada segundo como para captar toda la información contenida en ella. De hecho podemos observar también que con un sample rate de 20KHz en lugar de 40KHz también captaríamos toda la información necesaria como para recoger la onda al completo en su formato digital cumpliéndose así el Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon.

Sin embargo la onda del segundo gráfico tiene una frecuencia de 30KHz y esto implica que con un sample rate de 40KHz como el mostrado, daría resultado una conversión de onda errónea. Dando incluso para este ejemplo una muestra de onda digital idéntica a la del primer gráfico. Sería necesario un sample rate de al menos 60KHz para recoger eficientemente los datos y conseguir una conversión digital satisfactoria de la onda.

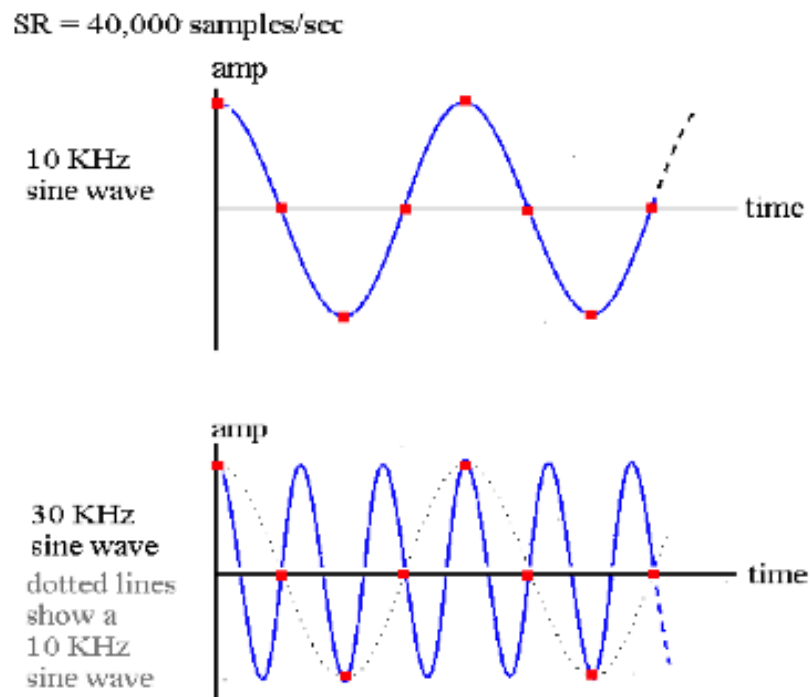


Figura 3.4: Un mismo sample rate para ondas distintas

### 3.3– El Decibelio

El decibelio es una unidad de medida que representa la intensidad de un sonido.

---

## Referencias

---

- Autores, V. (2014). *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática*. ETSII. Descargado de <http://www.informatica.us.es> (fecha de consulta: 24 de Noviembre de 2014)
- Bezoz, J. (2007). The titlesec and titletoc packages. *TexEmplares*, 8, 283–298.
- de Sousa, J. M. (2004). *Ortografía y ortotipografía del español actual*. Trea.