

# ((( sonido y música con ordenador

## Módulo 1 Bases teóricas y conceptuales

### Unidad 5: El audio



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN  
Y CIENCIA

SECRETARÍA GENERAL  
DE EDUCACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN  
FORMACIÓN PROFESIONAL  
E INNOVACIÓN EDUCATIVA

CENTRO NACIONAL  
DE INFORMACIÓN Y  
COMUNICACIÓN EDUCATIVA



SERVICIO  
DE FORMACIÓN  
DEL PROFESORADO

# Unidad 5 : El AUDIO

## ÍNDICE

<b>Producción musical .....</b>	<b>1</b>
• <b>Composición .....</b>	<b>1</b>
• <b>Grabación .....</b>	<b>2</b>
• <b>Mezcla .....</b>	<b>3</b>
• <b>Masterización .....</b>	<b>4</b>
<b>Síntesis y muestreo.....</b>	<b>5</b>
• <b>Síntesis.....</b>	<b>5</b>
• <b>Muestreo.....</b>	<b>5</b>
• <b>Soundfonts .....</b>	<b>7</b>
<b>Grabación del sonido.....</b>	<b>7</b>
• <b>Digitalización .....</b>	<b>7</b>
• <b>Equipo .....</b>	<b>9</b>
• <b>Proceso.....</b>	<b>9</b>
• <b>Edición.....</b>	<b>13</b>



## Producción musical

La producción musical engloba toda una serie de procesos que podrían abarcar desde la propia creación de la idea musical hasta su plasmación en el soporte de grabación (CD, casete,...). Evidentemente la calidad y complejidad del proceso varía mucho de plantearlo a nivel profesional a limitarlo a las posibilidades de un estudio de sonido "casero". Pero los elementos de ese proceso, sea cual sea el nivel a los que se realice, son básicamente los mismos. Incluso son perfectamente extensibles a la elaboración de bandas sonoras para productos multimedia.

Los enormes adelantos tecnológicos experimentados en los últimos años, dentro de la aplicación de la informática al mundo de la música, hacen que el proceso de producción musical pueda llegar a realizarse en un estudio de sonido personal. Evidentemente no con la calidad de un estudio de sonido profesional actual, pero seguro que con más posibilidades técnicas que muchos estudios de sonido de no hace tantos años. Aunque tampoco podemos obviar que la calidad que ofrecen los estudios de sonido profesionales, además de ser evidente en sus instalaciones y sus equipos, reside en gran medida en la pericia y profesionalidad de sus ingenieros de sonido.



Entre las distintas fases en que podríamos dividir el proceso de producción musical la interrelación es bastante grande, sobre todo en el caso en que todo él implique a la misma persona que, frente al ordenador de su casa, decide sacar adelante un tema musical (o un producto multimedia). Es decir, las distintas fases en que vamos a dividir aquí dicho proceso no deben verse como compartimentos estancos o puntos sin retorno. De hecho, puede darse perfectamente el caso en que haya que repetir determinadas fases, porque el resultado final no nos satisface o no tiene la calidad esperada.

## Composición



Esta fase puede estar ya resuelta en el momento de iniciar el proceso de producción, aunque también podría iniciarse o continuarse justo entonces. Los casos posibles son variados y en esta fase podríamos encontrarnos, por ejemplo, con:

- Temas musicales que estarían más o menos claros, así como las letras (en caso de tratarse de música vocal). Podría tratarse de canciones que su autor ya tiene definidas en cuanto a los temas, letras y quizás los acordes básicos con los que acompañarlas.
- Composiciones más elaboradas que tuviesen ya muy definidos todos los arreglos y la instrumentación con la que van a realizarse.
- Temas ya conocidos de los que se pretenden realizar versiones realizando, por ejemplo, cambios de estilo, nuevos arreglos,...

- Ideas vagas de lo que se pretende y que se van puliendo sobre la marcha, a medida que se van realizando lo que sería propiamente la composición y los arreglos.

En esta fase mencionamos a menudo la palabra **arreglo** que hace alusión a toda una serie de cuestiones, que sería difícil separar de lo que sería el proceso de composición de un autor de música clásica que concebía sus temas, su forma o estructura y su orquestación y plasmaba en la partitura algo muy acabado. En muchos grupos de música modernos las canciones pueden partir de uno o varios miembros del grupo o ser compuestas por otra persona. Esas composiciones pueden, por otro lado, limitarse a una serie de temas melódicos con una letra, que necesitan concretarse más en cuanto a su estilo, estructura final, selección de instrumentos, lo que va a interpretar cada uno de estos, etc.

También podríamos incluir en esta fase la **creación y/o selección de sonidos**. El hecho de seleccionar sonidos, dentro de las inagotables posibilidades que ofrecen los sintetizadores y los samplers (tanto hardware como software), puede ser algo realmente trabajoso y difícil. Pero aún lo es más, si además se pretende crear sonidos nuevos empleando todas las posibilidades de creación y edición que ofrecen estos instrumentos. Aunque la selección y creación de sonidos es algo que puede continuar realizándose en fases posteriores del proceso de producción, sobre todo con la aplicación de efectos.

Las herramientas utilizadas en esta fase son diversas:

- El **secuenciador** será el elemento básico pues en él se pueden organizar, probar y editar todas las ideas musicales, con la selección de instrumentos que se hayan realizado para instrumentos que se muevan en el entorno MIDI (hardware o software). Para disponer de todas aquellas ideas que requieran instrumentos acústicos o voz habrá que esperar a la fase de grabación (aunque en su defecto siempre podrían realizarse previamente con instrumentos MIDI). Además, ya hemos comentado que uno de los posibles editores del secuenciador (aunque no todos lo poseen) puede mostrarnos la información en modo de partitura. Naturalmente también podemos trabajar con todo aquel audio que ya contemos previamente (muestras, loops, etc) y modificarlo, si se considera necesario, con un **editor de audio**.
- **Instrumentos MIDI** tanto hardware (sonidos de la tarjeta de sonido o de dispositivos MIDI externos) como software. Hablamos en ambos casos de sintetizadores, samplers, emulaciones de instrumentos, etc.
- **Procesadores de efectos** (tanto software como hardware) que podrían aplicarse a aquellos instrumentos que se quieran ya grabar con estos efectos (aunque si luego no nos convence el efecto empleado nos veremos obligados a realizar de nuevo la grabación).

### Grabación

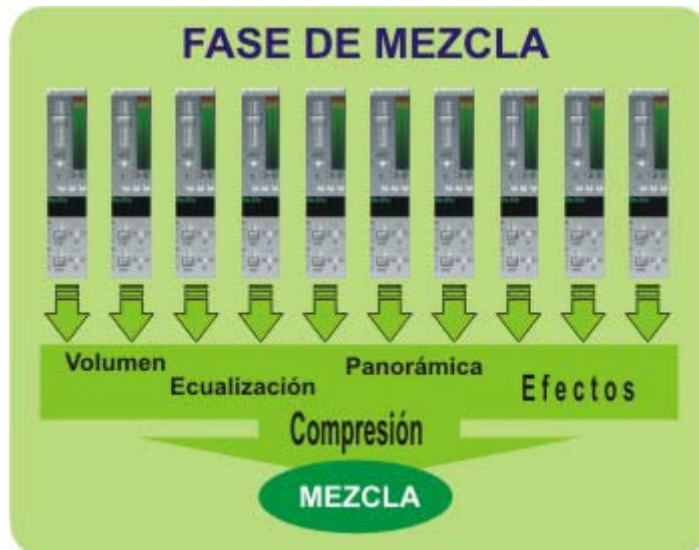


En esta fase todo el material realizado en la fase anterior se registrará digitalmente en el disco duro del ordenador. El sonido de los instrumentos MIDI (hardware y/o software) se pasará a WAV para poder trabajar después con un sonido definitivo. Si la composición requiere de la intervención de voces y/o instrumentos acústicos se grabarán en esta fase (aunque podría perfectamente no ser así y trabajar exclusivamente con música electrónica).

Dentro de esta fase quizás podríamos incluir también las grabaciones de la información MIDI a través de controladores MIDI (principalmente teclados), como un paso previo antes de la grabación audio, cuando se quisiese recoger una interpretación con un toque más "humano" o simplemente surgida al calor de una interpretación en grupo de todos los instrumentistas.

Esta fase la desarrollaremos en otro apartado un poco más adelante.

### Mezcla



La forma de hacer una buena mezcla no es algo que pueda establecerse aplicando fórmulas infalibles. Cada ingeniero de sonido puede aplicar en esta fase todo su "arte" y su experiencia, utilizando incluso recursos originales o creativos que definan un estilo personal. Por otro lado, el estilo de música que se esté mezclando también puede aportar peculiaridades a la hora de proceder.

Básicamente en esta fase, lo que se persigue es que cada pista grabada encuentre su espacio dándole además el peso que le corresponda con respecto a las demás. Esto se realiza aplicándole a cada un adecuado nivel de:

- **Panorámica.** Su colocación dentro de la imagen estéreo. Es decir, lo percibiremos en un punto que puede estar totalmente a la izquierda (sólo se escucharía a través del canal izquierdo), totalmente a la derecha (canal derecho) o en puntos intermedios, en función del peso que tenga en cada canal (si tiene igual peso en ambos lo percibiríamos en el centro).
- **Volumen.** Dentro de la mezcla general se buscaría el equilibrio del volumen de todas las pistas, destacando aquellas con mayor importancia.
- **Ecuación.** Cada pista/instrumento se destaca dentro del rango de frecuencias que le sea más propio.
- **Compresión.** A través de esta función se eliminarán los desequilibrios de dinámica que pudiesen haber resultado tras la grabación, para que no existan "huecos" en los que se pierda el sonido de la misma.
- **Efectos.** En esta fase pueden aplicarse efectos que ayuden a situar adecuadamente cada pista dentro del conjunto (efectos como *reverb* o *delay*, por ejemplo). Pero la aplicación de efectos suele ser conveniente realizarla tras realizar una mezcla general (ecuación, compresión, volumen), porque hay efectos que pueden introducir frecuencias adicionales o aumentar el volumen, complicando así los demás procesos de la mezcla o incluso impidiendo que los instrumentos encajen bien entre sí.

Aunque durante la fase de grabación puede emplearse la ecuación, la compresión o los efectos que se aplican en la fase de mezcla (en ocasiones justificadamente para poder grabar a un nivel

de señal alto, sin que se produzcan distorsiones o vacíos), conviene utilizarlo con prudencia puesto que si el efecto no nos agrada en la fase de mezcla, sólo podríamos solucionarlo repitiendo la grabación de nuevo. Mientras que todos los efectos y cambios realizados en la fase de mezclas pueden ser reversibles.

Por tanto, no puede pretenderse mejorar dentro de la mezcla una mala grabación. Siempre que sea posible es preferible repetir la grabación a intentar corregir o disfrazar sus defectos en el proceso de mezcla.

En esta fase es especialmente importante que la **monitorización** sea lo más realista posible. Es decir, los altavoces (monitores) es importante que ofrezcan una respuesta plana (que no coloreen el sonidos enfatizando o atenuando frecuencias), porque en caso contrario pueden afectar a la hora de tomar decisiones en cuanto a los efectos que se van a aplicar. Las decisiones se tomarían entonces en función de un sonido "falseado" no del sonido real. Tampoco podemos olvidar la importancia del  **acondicionamiento acústico** del lugar donde se realiza la grabación y la mezcla, puesto que las ondas sonoras que llegan a nuestros sonidos se modifican en función del espacio y de los "obstáculos" que encuentran en su camino: paredes, techo, suelo, muebles, etc. y los materiales con que están contruidos son factores, entre otros, con una gran influencia en el resultado final del sonido que percibimos.

La herramientas utilizadas en este proceso son:

- **El secuenciador.** De nuevo el secuenciador nos permite realizar y coordinar toda la fase de mezcla gracias al mezclador que él incorpora (de hecho asigna un canal de mezcla a cada pista). Incluso incorporan una función denominada en inglés **Mixdown**, mediante la cual el propio secuenciador vuelca en una pista estéreo la mezcla de todas las pistas audio secuenciadas.
- **Plugins de efectos.** Existen muchos plugins de alta calidad que pueden ser aplicados a cada instrumento o pista de la grabación. Estos plugins pueden asignarse, si se necesitan, a cada canal de la mesa de mezclas del secuenciador.
- **Editor de audio.** Aunque los secuenciadores incluyen algunas funciones de edición, no tienen comparación con las posibilidades que ofrece un editor de audio específico. De hecho el propio secuenciador permite establecer un editor de audio por defecto.

### Masterización



Una vez que se encuentra la mezcla final satisfactoria se pasará a una pista estéreo y a partir de ahí empezaría la fase de masterización. En esta fase se le da el acabado final a través de:

- **Compresión.** Vigilando que no estropee lo realizado durante la mezcla.
- **Ecuilización.** Se realizan los últimos retoques para enfatizar o apagar convenientemente los distintos rangos de frecuencias.
- **Normalización.** Se utiliza para subir y compensar el volumen general y también para igualarlo con respecto a otras grabaciones (por ejemplo en el caso de la grabación de un CD en el que existen varios temas).

La herramienta imprescindible en este proceso suele ser el **editor de audio**, ayudado en todo caso por algún plugin que mejore la calidad de los efectos de que ya dispone.

### Síntesis y muestreo

#### Síntesis

La posibilidad de crear nuevos sonidos ha supuesto todo un mundo de posibilidades para el arte musical. Pero generar un nuevo sonido no está exento tanto de dificultad tecnológica como de dedicación de tiempo para probar y combinar sonidos. Tanto es así que en muchas ocasiones se utilizan solamente los sonidos que el fabricante o el programador del instrumento ofrece ya elaborados.

Los distintos tipos de síntesis (los distintos modos en que se generan los sonidos) marcan la diferencia principal a la hora de trabajar con los sintetizadores tanto software como hardware. Como principales tipos de síntesis (aunque siempre puede haber sintetizadores que combinen posibilidades tomadas de los diferentes tipos) podemos mencionar las siguientes:

- **Síntesis sustractiva.** Realizada por los antiguos sintetizadores analógicos, o por sus modernas emulaciones a través de software, así como por los modernos sintetizadores basados en muestras (o *samples*), consiste básicamente en partir de un sonido muy rico en armónicos que se van filtrando de modo selectivo para obtener así nuevos sonidos. Como punto de partida se utilizarían entonces sonidos que generasen, por ejemplo, ondas en forma de dientes de sierra o "cuadradas" (representaciones gráficas de sonidos ricos en armónicos), aunque también puede servir como punto de partida una muestra de sonidos reales.
- **Síntesis aditiva.** Sería el proceso contrario al que acabamos de describir: a partir de un sonido fundamental se irían añadiendo otra serie de sonidos (armónicos) para crear sonidos complejos fruto de esas combinaciones.
- **Síntesis FM (Frecuencia Modulada).** Surge al modular un sonido (portador) a través de otro sonido (modulador) siguiendo una pauta marcada (algoritmo). En el proceso se generan una serie de sonidos armónicos que enriquecen el sonido final.
- **Síntesis de modelado físico.** Todos los procesos de síntesis mencionados anteriormente dan como resultado sonidos "estáticos" que siempre ofrecen los mismos resultados. Sin embargo, cualquier instrumento acústico está a merced de tantas variables distintas que inciden en su ejecución que realmente nunca suena igual aunque produzcamos varias veces la misma nota. A través de la síntesis de modelado físico se intentan reproducir distintos comportamientos del sonido (en función de una serie de algoritmos) teniendo en cuenta otra serie de parámetros de interpretación que le son enviados por los instrumentos controladores que los gestionan. De este modo las características del sonido se calculan y se modifican en función del modo de tocar del instrumentista.
- **Síntesis modular.** Más que un tipo de síntesis representa un modo de "construir" sintetizadores. Es decir, en todo proceso de síntesis entran en funcionamiento toda una serie de componentes (osciladores, filtros, generadores de envolvente, amplificadores, etc) que son los que se encargan de realizar las distintas funciones y operaciones del sintetizador. Esto suele ser algo cerrado en lo que no puede intervenir el usuario. La síntesis modular, por contra, permite una total flexibilidad a la hora de configurar y conectar los distintos componentes que formarán parte del sintetizador. La síntesis modular, además de sonidos nuevos, permite elaborar instrumentos nuevos.

#### Muestreo

El sampling se ha convertido en un recurso cada vez más empleado en los más diversos estilos musicales aunque los escuchemos más frecuentemente en música de DJs (Disc Jockeys), Dance, House, etc. Muchos músicos e incluso programadores o ingenieros de sonido han encontrado así un modo de hacer música que está siempre a la búsqueda de sonidos originales e impactantes, para poder editarlos y manipularlos adecuadamente y que puedan servir así de base o de complemento a sus composiciones. Aunque hay quien opina que eso no es hacer música de verdad.

Los samplers o muestreadores trabajan a partir de grabaciones de **muestras de sonidos reales**. Es decir realizan capturas de sonidos en formato digital a partir de una determinada fuente de sonido (CD, micrófono, radio, TV, casete, vídeo, etc.) permitiendo luego su edición. Pueden además reproducirse mediante el **control desde un teclado MIDI o desde un secuenciador**. Así, por ejemplo, si pulsamos un tecla sonará la muestra grabada y si la soltamos dejará de sonar. También, si así lo establecemos, cuando mantengamos pulsada la tecla puede crearse un bucle que haga que la muestra se reproduzca una y otra vez (aunque en función del tipo de muestra y de si está adecuadamente editada para ello los resultados serán más o menos satisfactorios).

La asignación de la muestra a cada tecla (**mapeo**) puede hacerse en los samplers actuales de modo automático. Así, una muestra podemos conseguir que suene con distintas frecuencias según la nota que corresponda a cada tecla. En sus comienzos, para conseguir esto los samplers se limitaban a reproducir la muestra a mayor o menor velocidad para conseguir las notas cada vez más agudas o cada vez más graves, respectivamente. Esto permitía que se consumiese muy poca memoria pues con una única muestra podían realizarse todas las notas. Pero, por contra, los sonidos cada vez se hacían menos naturales y reconocibles con respecto a la muestra original y, además, no existía un control adecuado para poder conseguir las duraciones de las notas: en las notas más agudas se reducía su longitud al realizarse cada vez más rápido y en la notas graves se producía el efecto contrario. Con el tiempo esto fue mejorando y pudieron mapearse los teclados a partir de varias muestras y no de una sola (hasta llegar hoy en día a varias muestras para cada nota). Pero el gran avance para la utilización de las muestras lo supusieron las funciones de **pitchshifting** y **timestretching**.

El **pitchshifting** consiste en cambiar el tono o frecuencia de una muestra sin alterar su duración y el **timestretching** en cambiar su velocidad (duración) sin alterar su tono o frecuencia. Esto se lleva a cabo mediante complicados algoritmos. Además de su importante aplicación a la edición de muestras también surgieron otros programas que aprovechan, por ejemplo, el efecto de pitchshifting para corregir la afinación de la tomas de voz. Se trata de **Autotune** que permite cambiar el tono de una voz o instrumento en tiempo real.

Los samplers incluyen también herramientas que permiten la **edición de las muestras**. En especial los samplers software que pueden estar dotados de muchas funciones. Esta edición pasa por modificar su longitud o su altura, por trocearlos en fragmentos que puedan utilizarse independientemente, por aplicarles efectos, etc. Además se busca que estos puedan ser reproducidos de modo cíclico mediante lo que se denominan **loops** (bucles), con lo que una muestra puede extenderse así el tiempo que se considere necesario. Para la edición de las muestras pueden emplearse programas de edición de audio o específicos para editar muestras, como por ejemplo **ReCycle** o **pHATmatik Pro**. Para sacar partido a los samples hay que saber editarlos, organizarlos y mezclarlos para que encajen bien unos con otros. Por eso es importante saber a qué velocidad o frecuencia se han grabado y en caso necesario aplicar los efectos de pitchshifting y timestretching antes comentados. Programas como **Acid** (ahora propiedad de Sony) permiten automatizar estos procesos permitiendo que todo sea mucho más fácil e intuitivo al trabajar con *loops*.

Al igual que hemos comentado en otros apartados del curso, el software está ganando terreno al hardware. El software permite mucho más espacio para almacenar muestras en los discos duros, una mejor organización de las mismas, más fácil edición a través de la pantalla del ordenador, etc. La cantidad de samples que será posible utilizar dependerá de la potencia del ordenador y del tamaño de las muestras.

Realizar muestras de mucha calidad requiere de equipos caros y estudios profesional cuando se pretende, por ejemplo, muestrear un instrumento acústico. Este motivo más el tiempo que puede requerir generar y editar muestras propias hace que en muchas ocasiones se recurra a los *presets* que incluyen muchos samplers y/o a los *samples* comerciales que pueden adquirirse en CD o descargarse de Internet (donde también pueden encontrarse muestras gratuitas). Puedes comenzar echando un vistazo a la web de **Samplenet**.

En la extracción de muestras hay que tener mucho cuidado con los derechos de autor. Si se van a tomar fragmentos de grabaciones hay que obtener previamente los permisos correspondientes si no se quieren tener problemas legales. Cada compañía discográfica puede tener su propia política al respecto. Y ante cualquier duda lo mejor consultar a entidades como la SGAE (Sociedad General de Autores de España). Igualmente en las descargas gratuitas de Internet hay que asegurarse de si los samples están libres de derechos o si solo pueden utilizarse a nivel personal.

### Soundfonts

Las Soundfonts surgen como una alternativa de Creative Labs para sus tarjetas de sonido SoundBlaster que permitía con un coste asequible mejoras mucho la calidad de las tarjetas de sonido basadas en síntesis FM (de sonidos no muy buenos pero que no consumían apenas recursos). El sintetizador de estas tarjetas se basaba en las tablas de ondas (WaveTable) y contenía un gran número de samples. En un principio estas tablas de ondas se almacenaban en una memoria ROM (Read Only Memory) y no era posible en consecuencia introducir sonidos nuevos. Pero con la llegada de su tarjeta AWE-32 se dará el gran paso al utilizar memoria RAM que sí permite almacenar sonidos nuevos. Y aquí tienen su aparición las Soundfonts que no sólo contienen las muestras de los instrumentos (como hacían las WaveTables), sino que muestran todos los ajustes realizados en los parámetros utilizados para crearlo. Con esta tarjeta, posteriormente con la SoundBlaster Live, y actualmente con la Audigy, es posible utilizar soundfonts e ir incrementando la cantidad de ellas hasta el máximo de memoria RAM del ordenador que nos permitan emplear para este fin (hasta 32 Mb con la Live).

Las Soundfonts son, en resumen, archivos WAV modificados con un editor de soundfonts. Se suelen crear como bancos de 127 instrumentos más un conjunto de percusión siguiendo la distribución de la especificación GM (General MIDI). Las soundfonts se convierten así en una alternativa económica a los costosos samplers de la época. De hecho, el proceso para crear una Soundfont es similar al que hemos comentado para los samplers: a partir de una buena muestra WAV se realiza su edición con programas específicos que permiten mapear, crear loops y usar filtros, envolventes y efectos. Creative suministra hasta un editor gratuito llamado *Vienna* que puede descargarse de la página que dedica a las soundfonts ([www.soundfont.com](http://www.soundfont.com)) aunque hay otras alternativas como [Alive](#).

La gran aceptación que tuvieron las soundfonts hace que sea fácil encontrar muchas de ellas gratuitas en Internet (por ejemplo en [www.hammersound.net](http://www.hammersound.net)). Y esto se ha traducido también en que los principales samplers software las soporten o que haya reproductores que permiten cargar y utilizar soundfonts, aunque la tarjeta de sonido que se tenga no las soporte (por ejemplo el de [rgcaudio](#)). En definitiva, utilizar soundfonts sigue siendo una alternativa a seguir teniendo en cuenta.

### Grabación del sonido

#### Digitalización

#### Resolución

La resolución de una grabación establece su grado de fidelidad con respecto al sonido original. Depende de dos factores básicos que son la frecuencia de muestreo y la profundidad de bits. Son los parámetros que emplea el conversor A/D (analógico/digital) que se encuentra en la tarjeta de sonido. Ambos, por tanto, son claves para establecer la calidad del sonido final.

La **frecuencia de muestreo** establece cuántas muestras por segundo se tomarán del sonido original. Cuantas más muestras por segundo mayor será la aproximación del sonido grabado al sonido original. Esta frecuencia se mide en ciclos por segundo: hercios (Hz). Así una frecuencia de muestreo de 44,1kHz significa que para la grabación de un segundo de sonido se han tomado 44100 muestras.

El *Teorema de Nyquist* establece que para poder representar digitalmente con fidelidad un sonido analógico, la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia más aguda presente en la señal analógica. Teniendo en cuenta que los límites de audición de ser humano se sitúan en torno a los 20000Hz, parece claro que una frecuencia de muestreo de 44100Hz puede cumplir con estas expectativas.

La **profundidad de bits** establece cuántas gradaciones distintas se pueden emplear al realizar cada muestra. Cuantos más bits, mayor será la aproximación del sonido grabado al original.

Para entender mejor esto baste recordar que un bit (*binary digit*) es la unidad más pequeña de almacenamiento de un ordenador y puede tener dos valores posibles: 1 y 0. Para calcular cuantos

números del sistema decimal (el que utilizamos los seres humanos habitualmente para contar) podemos representar con un número binario de un cierto número de bits solo hay que hacer la siguiente operación: 2 elevado al número de bits. Así por ejemplo con 8 bits podemos representar cualquier número decimal entre 0 y 255 (2 elevado a 8 nos da 256 números posibles, contando el cero). Por tanto con 16 bits (la resolución de un CD de audio) podemos representar hasta 65536 gradaciones posibles y con 32 bits hasta 4294967296.

Todo el mundo entiende que cuanto más resolución tenga una imagen mayor será el detalle y la nitidez con el que la percibamos. De igual modo no es lo mismo representarla con tan solo 16 colores a hacerlo con millones de matices de color distintos. Pues exactamente igual sucede con el sonido y los factores que establecen la resolución de un grabación.

También hay que tener en cuenta en el establecimiento de la resolución de grabación el número de **canales** para los que se va a realizar la grabación. Si sólo se realiza para un canal hablamos de una grabación *mono*. Si se realiza para dos canales entonces se denomina *estéreo*. Esos son los dos tipos básico de selección de canales de grabación, aunque los nuevos sistemas de sonido envolvente están haciendo que este número vaya creciendo. Y naturalmente esto amplía las exigencias de tamaño de los archivos de grabación puesto que las exigencias en cuanto a frecuencia de grabación y resolución de intensidad que hayamos elegido habrá que multiplicarlas por el número de canales seleccionados.

El estándar de grabación con **calidad de Compact Disc** se estableció en una frecuencia de muestreo de 44100Hz con una profundidad de 16 bits en estéreo. Sin embargo, los avances tecnológicos de los últimos años están extendiendo cada vez más sistemas de grabación (que ya se encuentran en tarjetas de sonido que podríamos catalogar como semiprofesionales), que emplean una frecuencia de muestreo de 96000Hz con una profundidad de 24 bits. Parece que las ventajas de este incremento de resolución afloran durante la fase de mezclas y, en cierta medida, también durante la fase de grabación puesto que es muy difícil grabar realmente a 16 bits de profundidad, ya que implicaría grabar con el nivel de entrada máximo (sin embargo, grabando a 24 bits se garantiza, aunque el nivel de grabación no sea el máximo, más de esos 16 bits). Aunque la capacidad de un CD no varía y al final debería masterizarse con la resolución habitual. Sin embargo, parece que la calidad extra que se consigue sí que puede ser grabada en los nuevos soportes como el DVD-Audio.

### Tamaño de los archivos

Parece claro que si la calidad de grabación es mayor siempre deberíamos grabar con la mayor frecuencia de muestreo posible y con el mayor número de bits de intensidad. Pero el precio que hay que pagar por tanta calidad es el tamaño del archivo resultante.

Pongamos un ejemplo. Imaginemos que hemos grabado un minuto de sonido con una frecuencia de muestreo de 44100Hz y una profundidad de 16 bits en estéreo (es decir, los valores empleados para grabar con calidad de CD). Para calcular cuánto nos ocuparán los datos generados en esta grabación basta hacer la siguiente operación:

$$60 \text{ segundos} \times 44100\text{Hz} \times 16\text{bits} \times 2 \text{ canales} = 84672000 \text{ bits}$$

Es decir, un minuto de grabación con esa calidad nos requiere 84672000 bits lo que traducido a bytes (un byte es igual a 8 bits) serían 10584000. En resumen, necesitamos unos 10 Mb para grabar un minuto de sonido con calidad de CD. Esto nos explica también de donde viene el límite de capacidad de 74 minutos de grabación en un CD audio.

Y si empleamos una resolución de grabación 96 khz y 16 bits en estéreo cada minuto de grabación nos ocuparía unos 33 Mb (60 segundos x 96000Hz x 24 bits x 2 canales = 276480000 bits). Es decir, que si queremos grabar con esta resolución debemos tener muy en cuenta que la cantidad de espacio en el disco duro que nos van a requerir las grabaciones es algo más del triple que con la otra resolución.

Tampoco debemos olvidar que el tamaño de los archivos generados implica un mayor consumo de los recursos de procesamiento que intervienen en su generación. Y esto significa que a mayor resolución de grabación se reduce la cantidad de pistas audio que, por ejemplo, podrán grabarse simultáneamente.

### Equipo

El equipo de grabación en el que nos vamos a centrar será el que se puede utilizar en un estudio de sonido personal muy básico. Es decir, en este apartado sobre la grabación intentaremos dibujar el panorama de la misma desde la perspectiva de un usuario no profesional que simplemente quiere tener la posibilidad de grabar con cierta calidad. Desde esta perspectiva un equipo de grabación requeriría los siguientes elementos (no insistiremos en las características más adecuadas de los mismos pues esto ya se ha abordado extensamente en otros apartados):

- Un ordenador.
- Una tarjeta de sonido.
- Micrófono/s.
- Altavoces y auriculares (ya hemos comentado la posibilidad de utilizar un equipo HI-FI como opción más económica a unos monitores de estudio).
- Mesa de mezclas (una pequeña mesa de mezclas siempre es recomendable aunque no imprescindible al nivel que estamos hablando).

### Proceso

Para realizar una grabación podemos establecer una serie de pasos que se repiten habitualmente. En este caso nos vamos a centrar en los casos más habituales que debemos tener en cuenta al grabar simplemente con nuestro ordenador en un pequeño estudio de grabación "casero", aunque también haremos algún comentario que pudiera ser de utilidad para estudios de grabación un poco más complejos:

#### 1º) Selección de la fuente de grabación

Lo primero de todo es establecer qué es lo que vamos a grabar para en función de ello establecer las conexiones necesarias. Podemos tener varios casos:

- **Fuente interna.** En este caso nos encontraríamos cuando utilizamos los sonidos de nuestra tarjeta o cuando utilizamos programas o instrumentos virtuales que generan el sonido dentro del propio ordenador. El sonido en estos casos puede ser grabado fácilmente estableciendo el canal de la tarjeta de sonido que se utiliza para poder grabar estos sonidos. Esto puede hacerse bien a través del software de gestión que tenga la propia tarjeta de sonido o el propio Sistema Operativo o bien a través del programa de grabación (si este ofrece esta posibilidad).
- **Fuente externa.** Aquí podemos tener varias posibilidades en función de la fuente del sonido:
  - **Micrófono.** Un micrófono muy básico siempre puede conectarse a la entrada de micro de la tarjeta aunque siempre la calidad de la grabación se incrementará sustancialmente si podemos:
    - Tener un micrófono de calidad y adecuado al tipo de instrumento que vamos a grabar.
    - Conectarlo a través de la entrada LINE-IN de la tarjeta amplificándolo a través de un previo, un canal de grabación o una mesa de mezclas con preamplificación para micros. También hay tarjetas de sonido que disponen de entradas preamplificadas.
    - Colocarlo adecuadamente para captar correctamente el sonido.
  - **Instrumento con salida de audio.** Los módulos de sonido, sintetizadores y samplers, entre otros, disponen de salidas específicas de audio que podemos conectar a la entrada LINE-IN de la tarjeta o, mejor aún, a canales de una mesa de mezclas.
  - **Equipo de HI-FI.** Si el equipo dispone de salida de audio auxiliar podemos conectarla a la entrada LINE-IN de la tarjeta y así podremos grabar cualquier componente del equipo (radio, casete, tocadiscos,...).
  - **Plato de discos.** Los reproductores de discos de vinilo requieren preamplificación. Si está conectado a un equipo HI-FI como acabamos de

comentar no habría problema. También se comercializan unos platos preamplificados. Y en último extremo también existen unos preamplificadores para conectarlos al ordenador:



### 2º) Asignar pistas de grabación

Al realizar la grabación hay que tener en cuenta que todo lo que grabemos en una misma pista no podrá ser tratado de modo independiente a la hora de mezclar. Al planificar la grabación y asignar pistas de grabación tenemos distintas opciones:

- **Pistas MIDI.** Podemos grabar cada pista MIDI en una pista audio independiente o podemos grabarlas todas (o una serie de ellas) en una única pista de audio pero renunciando a poder controlarlas independientemente. Un caso especial lo presentan las pistas MIDI de percusión. Si por ejemplo el sonido de una batería se registra en una única pista y luego se quieren aplicar efectos distintos al bombo, a la caja y a los platos, no será posible hacerlo. Los secuenciadores permiten trabajar con multitud de pistas MIDI y, según las limitaciones del equipo, con muchas pistas audio. Por eso al grabar una batería, o una pista de percusión en general, si se emplean instrumentos MIDI no hay ningún problema en grabar la información de cada parte de la batería (caja, bombo, timbales, platillos, etc) en pistas diferentes (aunque cada pista envíe la información a través del mismo puerto y del mismo canal: el 10 por defecto). Luego al pasarlas a audio (pasar MIDI a WAV) mantendremos también esa división en pistas y de ese modo en la mezcla podrán tratarse de modo independiente. En definitiva se trata de considerar a las distintas partes de la batería (o de los instrumentos que utilicemos en la pista de percusión) como lo que son: instrumentos independientes. Por otro lado, ese es el motivo también por el que muchos ingenieros de sonido utilizan varios micrófonos para grabar una batería acústica.
- **Pistas audio.** Nos referimos aquí a la grabación de instrumentos musicales y/o voces. Tenemos distintas posibilidades pero destacamos las siguientes:
  - **Grabarlos todos a la vez en una única pista.** Es posible que en muchas ocasiones para realizar grabaciones en un aula este sea el sistema empleado pero tenemos dos posibilidades:
    - *Utilizar un solo micrófono.* Sin duda es el método más rápido y simple, si bien tiene unas limitaciones de calidad evidentes, aunque tan solo sea por la dificultad de poder equilibrar el volumen de los instrumentos (cuanto más cerca de micro su señal es más fuerte y viceversa).
    - *Utilizar más de un micrófono.* Conectados a una mesa de mezclas y estratégicamente situados la utilización de varios micrófonos permite captar simultáneamente el sonido desde distintas perspectivas y compensarlo en la mesa de mezclas. Aunque al realizar la mezcla antes de la grabación en una única pista luego no hay posibilidad de realizar ajustes o modificaciones.
  - **Grabarlos todos a la vez utilizando pistas independientes.** Para poder realizar esto se requiere una tarjeta de sonido multipuerto, que permita grabar varias señales distintas en pista independientes. Las posibilidades de control en el proceso de mezcla son mayores que en los casos anteriores, aunque la colocación de los micrófonos continúa siendo vital y aún así es difícil que cada micrófono no acabe captando sonidos no deseados. Pero quizás sea la mejor alternativa para grabar un directo.
  - **Grabarlos uno por uno en pistas independientes.** Es la opción que permite tener un mayor control y calidad en todos los procesos de producción musical. Cada instrumento o voz se graba en una pista independiente. Para que el intérprete tenga un punto de referencia se coloca unos auriculares a través de los cuales puede escuchar pistas ya grabadas y a su propio instrumento (por eso casi siempre se suele partir de una pista rítmica que sirve de base para ir añadiendo el resto de los instrumentos).

### 3º Selección del nivel de grabación

El nivel de grabación siempre interesa que sea lo más alto posible porque de ese modo se reduce la relación señal/ruido de la grabación. Hay muchos elementos que pueden generar ruido en una grabación: los propios circuitos de la tarjeta de sonido, los cables audio que conectan los dispositivos externos, el que capta la membrana del micro, etc. Un volumen de grabación alto ayuda a "enmascarar" ese ruido omnipresente.

Por eso en el **control de volumen de grabación de la tarjeta de sonido** intentaremos que el canal que corresponda al dispositivo que vamos a grabar esté en los valores más altos pero, por otro lado, debemos cuidar que el volumen con el que entra el sonido que se va a grabar en la tarjeta no sea tan alto que sature la grabación. Cuando se sobrepasa el nivel de entrada de la tarjeta de sonido dentro de la grabación digital se produce un efecto denominado **clipping** (son unos clics perfectamente audibles que se generan en los momentos en que se sobrepasa el nivel). Generalmente muchos de los programas que permiten grabar el audio de fuentes externas (secuenciadores o editores de sonido, por ejemplo) poseen unos indicadores del volumen de entrada de grabación que nos pueden servir de referencia. Si estos indicadores muestran un volumen de entrada muy alto o muy bajo será necesario modificar el volumen con el que genera el sonido la fuente que estamos grabando:

- Si grabamos los **sonidos de la tarjeta o los de instrumentos virtuales** podremos modificar este volumen desde el canal correspondiente del **control de volumen de reproducción de la tarjeta de sonido**.
- Si grabamos los **sonidos de instrumentos o dispositivos externos** conectados a la entrada LINE-IN de la tarjeta, podremos modificar el volumen desde el propio dispositivo o instrumento o desde la mesa de mezclas a la que estén conectados.
- Si grabamos **sonidos desde un micrófono** podremos modificar el volumen desde el sistema empleado para preamplificarlo (mesa de mezclas, canal de grabación, previo). Pero si la conexión del micrófono es directa a la entrada MIC de la tarjeta lo único que podemos hacer será alejar ó acercar el micrófono a la fuente de sonido. Aunque éste es un aspecto que hay que vigilar siempre para que el micrófono no recoja una señal o muy débil o demasiado fuerte (y aquí también entra en juego el tipo de micrófono elegido en función de la fuente de sonido que se va a grabar).

Precisamente en este momento del proceso puede ser conveniente (siempre que se disponga de él) aplicar un efecto de compresión al sonido, sobre todo en los micrófonos, para controlar el volumen de entrada y evitar los picos máximos y mínimos que se pudiesen producir estropeando así la grabación.

### 4º Selección de la resolución de grabación

En principio, siempre conviene grabar y utilizar la mejor resolución de grabación. Ya hemos comentado que grabar a 96khz y 24bits puede tener sus ventajas. Pero por otro lado, también debemos sopesar el precio que debemos pagar por ello. No todas las tarjetas de sonido soportan esta resolución y, por otro lado, el tamaño de los archivos resultantes es más de 3 veces superior a los grabados con calidad CD. Debemos también plantearnos si todo el proceso de grabación se va a realizar a unos niveles de calidad que justifiquen esa resolución. Es decir, no parece que tenga mucho sentido por ejemplo emplear una resolución de grabación tan grande para grabar con un micrófono de sobremesa para ordenador.

Resumiendo, es más que probable que con un equipo de grabación modesto una resolución de grabación muy alta no vaya a aportar ninguna mejora significativa y, sin embargo, sí que tengamos que padecer sus inconvenientes.

Lo que tampoco es recomendable es recurrir a resoluciones de grabación bajas simplemente para obtener archivos de menor tamaño. Todo el proceso de producción musical se beneficia al trabajar con una resolución alta. Una vez terminada la mezcla siempre podemos emplear formatos de compresión de audio. Y más adelante si queremos más calidad podemos volver al archivo original de la mezcla sin comprimir.

Si hemos utilizado una resolución de grabación baja o hemos creado un archivo de audio comprimido, debemos asumir que se producirán unas pérdidas de calidad que no se recuperarán. De nada servirá modificar la frecuencia de muestreo con un editor de audio o pasar, por ejemplo, de MP3 a WAV. La calidad del audio seguirá siendo la misma pero ocupará más espacio.

Otro aspecto que podemos valorar es si la grabación del sonido se realizará en **mono o en estéreo**. Para decidirlo deberemos plantearnos si lo que vamos a grabar emplea o no una imagen estéreo. Es decir, si va a haber información específica para cada canal o no. Por ejemplo, si vamos a grabar una voz con un micrófono que solamente captura una señal (mono) y decidimos grabar en estéreo, lo único que estamos haciendo es duplicar esa misma señal y asignarla a los dos canales del estéreo (algo que siempre podemos hacer con un editor de audio a partir de una señal mono y que, por otro lado, es lo que sucede cuando reproducimos una grabación mono puesto que

la señal se reparte entonces por igual entre los dos canales). Para conseguir una verdadera grabación en estéreo necesitaríamos emplear dos micrófonos para capturar el sonido desde dos perspectivas y después asignar el sonido grabado por cada uno de ellos a un canal distinto. Sin embargo, si vamos a grabar un fragmento de un CD necesitaremos emplear una grabación estéreo puesto que en la grabación, mezcla y masterización del mismo sí se ha jugado con ambos canales y cada uno tiene información específica.

### 5º Selección de los efectos de grabación

Ya hemos comentado el interés de emplear un efecto de compresión al grabar con micrófono. También podemos emplear otra serie de efectos que pueden utilizar los instrumentos musicales empleados, plugins específicos o la mesa de mezclas. Entre los más habituales pueden estar el efecto de *reverb* o el de *delay*. Pero en cualquier caso debemos ser conscientes de que todos los efectos que apliquemos no tendrán marcha atrás una vez grabados. Por eso debemos utilizarlos con prudencia porque si luego cambiamos de opinión tendríamos que grabar de nuevo (y eso no siempre es posible).

Sin embargo, los efectos podemos aplicarlos en la fase de mezclas y probar si nos convencen o no. Y, en todo caso, si queremos eliminarlo siempre podremos hacerlo (siempre que no hayamos perdido el archivo de la grabación original).

### 6º Monitorización de la grabación

Ya hemos mencionado la importancia de una buena monitorización en la fase de mezclas. También durante la grabación tiene su importancia cuando se comprueba la calidad de la misma y cuando al grabar por pistas (es decir, cada instrumento o voz por separado) necesitamos enviar al instrumentista que vamos a grabar, la señal de las pistas que ya hayan sido grabadas para que le sirvan de referencia y, además la propia señal de su grabación. Cuando la grabación se realiza a través de un micrófono esta monitorización se realiza con unos auriculares, para que el sonido que se reproduce a través de los mismos no entre también por el micrófono que está grabando.

En este punto también merece la pena tener en cuenta el problema técnico que puede suponer **la latencia** a la hora de realizar una grabación de un instrumentista o de un cantante, por ejemplo. La latencia es el tiempo que tarda una señal en atravesar un sistema. En este caso sería el tiempo que transcurre desde la señal de entrada en la tarjeta de sonido hasta la señal de salida. Este retardo entre ambas se debe tanto a las características de la tarjeta de sonido como al sistema operativo. Dificulta mucho el poder tocar a tiempo con las pistas grabadas previamente y el instrumentista percibirá además un retraso entre lo que toca y el momento en que lo escucha. Para solucionar esto es importante:

- Que la tarjeta de sonido y los programas utilizados permitan emplear **drivers ASIO** (Audio Stream Input/Output), que reducen la latencia al manejar directamente la información audio que entra en los puertos de la tarjeta de sonido sin recurrir al sistema operativo permitiendo además la grabación de más de dos canales simultáneos (una limitación de las tarjetas de sonido estándar).
- Que la tarjeta de sonido disponga de monitorización directa con latencia cero.

### 7º Inicio y final de la grabación

Una vez realizados todos los pasos anteriores llega el momento de iniciar la grabación. No hemos mencionado hasta ahora al programa que se utilizará para realizar la grabación. En principio será un secuenciador que maneje pistas audio. Pero también podríamos emplear el editor de audio (u otros programas que permitan la grabación) si sólo queremos grabar una pista. Aunque luego el secuenciador es el que nos va a permitir realizar la fase de mezcla, de aplicación de plugins de efectos, etc. Y el editor de audio siempre se utilizará como complemento importante para la edición del sonido.

Los pasos podríamos resumirlos en los siguientes:

1. Iniciar la grabación dentro del programa.
2. Iniciar la reproducción de la fuente de grabación que puede ser:
  - Intérprete/s que comienza/n a tocar la música.
  - Archivo/s MIDI gestionado/s por el secuenciador y que hacen sonar los sonidos de la tarjeta, un instrumento virtual o un dispositivo MIDI externo.
  - Reproductor de CD, de casete, de discos, ...
3. Detener el programa de grabación una vez que ha concluido lo que se pretendía grabar
4. Detener la fuente de grabación.

Durante la grabación podemos monitorizarla con unos auriculares y a la vez, si el programa de grabación dispone de ellos, comprobar los indicadores de los niveles de grabación. Así durante el transcurso de la misma ya se puede comprobar si todo está yendo bien.

### 8º Comprobación de la grabación

Una vez terminada la grabación puede comprobarse si todo ha salido según lo previsto. Si ha habido dificultades técnicas o si la interpretación de los músicos ha presentado algún problema o, simplemente, se quiere disponer de distintas versiones entonces se realizarán diferentes **tomas** repitiendo el paso anterior.

### 9º Edición básica de la grabación

Cada una de las pistas o tomas grabadas puede requerir algunas labores de edición básica antes de iniciar la mezcla. Por ejemplo, podemos eliminar el tiempo previo y final (que puede tener silencio, ruidos de fondo, ...) aunque tampoco debemos apurar en exceso. Además un poco de ese tiempo puede servir para medir el ruido de fondo y eliminarlo con alguna función específica del editor de audio o de algún plugin que realice esta labor específicamente, aunque esto conviene usarlo con moderación porque la grabación puede perder brillo y no debiera utilizarse para mejorar una mala grabación que tengamos posibilidad de repetir.

### 10º Archivo de la grabación

Las distintas pistas y tomas de las mismas que vamos realizando deberemos guardarlas en formato WAV para que mantengan toda la calidad de la grabación realizada. Conviene tener mucha organización desde el principio para que no resulte un imposible localizar los archivos. Cada sesión de grabación podría grabarse en una carpeta y dentro de ésta todos los archivos de audio perfectamente identificados. Si la sesión es compleja no estaría de más guardar también un archivo de texto que recogiese todo lo significativo del proceso de grabación: configuración de aparatos, micrófonos utilizados y su colocación, conexiones realizadas, sonidos empleados, etc. El entorno digital permite guardar fácilmente la configuraciones que se hayan hecho sin tener que anotarlas manualmente, pero será necesario que nos acordemos de guardar los archivos que contienen esas configuraciones. Por ejemplo, si empleamos un instrumento virtual y hemos manipulado sus controles para variar su sonido podemos guardar su posición exacta en un archivo. Y, desde luego, no debe olvidársenos guardar el archivo del proyecto del secuenciador.

## Edición

Los momentos de edición de sonido podemos hallarlos en diferentes partes del proceso de producción. Ya hemos comentado la posibilidad de insertar efectos en la fase de grabación. Naturalmente las siguientes dos fases son los principales momentos de la edición del sonido: en la **mezcla** buscando el lugar adecuado a todos los elementos grabados y en la **masterización** buscando el toque de calidad final. Como ya hemos descrito brevemente ambas fases no vamos a volver a insistir aquí en ellas. Ahora bien, eso no significa que no se pase por ellas y por eso las mencionamos aquí a modo de recordatorio en este apartado dedicado a la grabación.

Aunque elaboremos un proyecto de lo más simple, donde sólo utilicemos unas pocas pistas de grabación, lo mínimo que podemos hacer es compensar adecuadamente el volumen de cada una de ellas para que las que tengan un contenido más relevante no queden tapadas por otras pistas secundarias. También podemos aplicar algún pequeño efecto y por último *normalizar* (aplicar el efecto de normalización) la mezcla final. De este modo, habremos realizado de modo muy simple las fases de mezcla y masterización. Por otro lado, el que este curso no profundice más en estas cuestiones no impide que cada uno pueda experimentar por su cuenta, aprovechando los efectos del programa editor de audio que se trabaje (eso sí todos los "experimentos" conviene hacerlos sobre copias de los archivos de sonido originales para no vernos forzados a repetir la grabación si se nos va la mano aplicando efectos).