

# Ingeniería aplicada a la producción musical

Juan R. Salazar Leal\*

## Resumen

*Se presenta en este documento un análisis orientado a dar a conocer el proceso de producción musical profesional mediante el uso de tecnología actual y al mismo tiempo la integración de tres disciplinas: computación, electrónica y música, para un resultado final que permita su evaluación en términos cualitativos y cuantitativos para el desarrollo del arte.*

*La tecnología informática y electrónica ha colocado en el mercado distintos productos orientados al procesamiento de audio y los fabricantes de computadores están lanzando nuevos equipos, con procesadores cada vez más potentes y rápidos. Estos dos aspectos deberían favorecer la producción profesional de audio; sin embargo, ha ocurrido lo contrario. En muchos casos existen tantas opciones de software y hardware que se utiliza cualquiera de ellas en forma arbitraria sin tener el conocimiento de la relación que debe existir entre los sistemas operativos, los programas y los computadores para obtener un resultado óptimo.*

\* Compositor, productor musical, ingeniero informático. Gerente General BCM-Bethel Corp. Music & Video. Profesor de la Facultad de Ingeniería, universidades Mayor e Internacional SEK. Académico UCINF, sede Puente Alto.

*Desde la aparición de las nuevas tecnologías informáticas, las empresas relacionadas con el área de producción musical han utilizado inadecuadamente los avances orientados a ella. El mayor problema de la interacción entre los informáticos, técnicos en sonido y músicos ha sido el bajo rendimiento y la incompatibilidad de las soluciones implementadas hasta el momento. Es necesario un análisis de SW/HW (Software/Hardware) para esta área específica, con el fin de presentar una solución factible en términos de costo y calidad final del producto de acuerdo a una demanda inserta en una realidad globalizada.*

*Este estudio se realizó comparativa y simultáneamente utilizando SW/HW, orientado al procesamiento de audio profesional en sistemas operativos y plataformas informáticas diferentes, a objeto de determinar costos y beneficios de cada una de ellas.*

## **AMBIENTES DE PRODUCCIÓN MUSICAL PROFESIONAL**

---

Para una cabal comprensión del procesamiento de audio, es necesario explicar algunos de sus fundamentos dentro del campo de la física.

### *Ambiente analógico*

En términos muy simples podemos definir "sonido" como una vibración que se transmite a través del aire hasta nuestros oídos, donde una membrana vibra y transmite la información al cerebro donde es procesada. La fuente

emisora puede ser la voz humana, un instrumento, etc.

Las vibraciones producen cambios en la presión aérea y se extienden en todas las direcciones a partir del emisor, creando una serie de formas de onda que se mueven alejándose de la fuente. Estas formas de onda tienen refracción y compresión. Esto significa que el sonido que escuchamos tiene una determinada amplitud y frecuencia.

El sonido es una compleja composición de muchas frecuencias continuas con variadas amplitudes y tonalidades. Esto se explica en parte porque

el largo de una cuerda de piano, violín o guitarra, o el tamaño de algún instrumento, vibran a diferentes ciclos a través de su longitud. Como consecuencia de esto las sucesivas formas de onda, especialmente las de una nota musical, tienen varios componentes que se pueden identificar:

- *Ataque*: tasa de incremento de la amplitud cuando el sonido varía desde el silencio hasta su *peak*.
- *Sustain*: tiempo en que el sonido mantiene un nivel de amplitud.
- *Decay*: rapidez con que el sonido se desvanece desde el nivel de *sustain* hasta el silencio.
- *Release*: rapidez con que el sonido decae una vez que la fuente deja de producirlo.

La medición del sonido en decibeles se basa en una escala logarítmica, la cual refleja el nivel de ruido que el oído humano puede discernir y, por otro lado, el que puede tolerar. El ser humano puede discernir sonidos que están levemente sobre 0 decibeles y tolerar hasta 120 decibeles. Las frecuencias pueden ser oídas desde aproximadamente los 15 Hz (Hertz) hasta los 20.000 Hz (20 kHz).

Aun cuando dos instrumentos pueden tocar la misma nota, con relación a afinación y frecuencia, siempre van a sonar diferente debido a los armónicos. La forma de onda contiene un incremento en la cantidad de Hz si se lo compara con la frecuencia fundamental, o tono puro, de la nota. Esencialmente hay varias frecuencias que se combinan en forma simultánea. Los armónicos son los tonos "sobregudos" de la nota fundamental, y el timbre del sonido, o la combinación de estos tonos armónicos, es lo que le da al instrumento o sonido su nota característica o afinación definitiva.

Hasta hace muy poco tiempo atrás, antes de la llegada del audio digital, la única forma de captar y registrar o grabar sonidos era mediante los sistemas analógicos. En las grabaciones analógicas, el proceso es similar al de escuchar. Una membrana vibra en un micrófono, en vez de hacerlo en el oído, como respuesta a la emisión de ondas sonoras. El micrófono transforma el movimiento producido al vibrar en una serie de impulsos eléctricos diferentes y continuos de varios niveles de voltaje (señal analógica). A mayor amplitud, mayor voltaje. Estos impulsos eléctricos pueden ser convertidos en ondas magnéticas y, de este

modo, ser almacenados en una cinta. Las cintas magnéticas tienen un revestimiento metálico que puede ser de óxido de hierro, bióxido de cromo o cobalto, cuyas partículas se imantan por la cabeza electromagnética de la grabadora de cinta.

Para escuchar lo que ha sido grabado, las variaciones eléctricas de la cinta son amplificadas y enviadas a otra membrana (un parlante), donde son transformadas nuevamente en ondas de sonido audibles.

En el mundo real, el nivel de la compresión y refracción del aire cambia sutilmente. Aun un rápido cambio en la presión del aire continúa siendo un cambio sutil desde un punto hasta el otro. Las grabaciones analógicas, por lo general realizadas en cintas, almacenan en forma absoluta todas esas sutiles variaciones. La cantidad de energía magnética almacenada en la cinta oscila suavemente hacia arriba y hacia abajo cuando la intensidad del sonido sube y baja.

Los computadores y otros equipos digitales no están diseñados para manipular estos cambios graduales y continuos. En lugar de ello, la energía magnética almacenada en un disco consiste en ceros y unos.

La mayor parte de los equipos analógicos utilizados son de un volumen considerable y por ello ocupan un gran espacio. Como ejemplo, se puede mencionar que las cintas magnéticas se dividen en varios tamaños, medidos en pulgadas. A mayor tamaño, mayor capacidad de *tracks*, donde *track* es cada una de las pistas independientes, o canales, en que están formateadas las cintas.

Para dar una noción de lo que esto significa a quienes no son entendidos en el área, se puede decir que una cancha de atletismo y una cinta magnética para audio son semejantes. En cada una de ellas están determinadas las pistas por donde correrán los atletas y equivalentemente donde se grabará el sonido. Así como cada corredor debe permanecer en una pista de la cancha, cada instrumento, o voz, queda registrado en una pista de la cinta.

El promedio de pistas de una cinta magnética de 2 pulgadas es 8 (pistas) y su peso es de 1,5 kilos. Muchas veces se deben utilizar más de 5 cintas por música en un disco. Si el disco contiene un total de 10 canciones la suma de peso y espacio utilizado es grande. Como regla general, una

grabadora multipista analógica ocupa un espacio de 1,5 metros cúbicos sin contar los periféricos. También es importante conservar la temperatura de los estudios y salas donde funcionan estos equipos, ya que son muy sensibles al calor y humedad.

Todos estos aspectos de audio analógico pueden ser representados digitalmente. Las mayores ventajas comparativas dicen relación con el espacio requerido, así como el precio de los sistemas digitales es mucho menor. Por otro lado, la mayor ventaja de un sistema analógico es su calidad sonora.

### *Ambiente digital*

Un circuito digital dentro de un computador es un circuito eléctrico. Sin embargo, no procesa niveles de voltaje eléctrico en forma continua. En vez de eso considera si existen, o no, cargas eléctricas para procesar. Sólo puede haber un estado *on* o un estado *off* para cualquier punto seleccionado en el tiempo. Estas dos opciones son una representación de los números uno y cero, con los cuales se construye el sistema numeral binario. Este sistema es capaz de representar

una cantidad infinita de números así como puede sustituir a los sistemas decimal y hexadecimal. Con estos dos números, también se representan los valores lógicos *true* y *false*.

Los datos digitales pueden ser representados por la presencia o la ausencia de cargas eléctricas, o pueden ser representados por el tiempo transcurrido entre los pulsos de la carga por la presencia o ausencia de pulsos de luz en un cable de fibra óptica, por surcos y líneas en un CD, o por la presencia o ausencia de sonido en un cable telefónico de cobre. Al transformar el estado analógico del mundo real a un estado digital, se pueden crear modelos exactos de estos estados analógicos; así es posible manipular los datos como ecuaciones matemáticas y almacenar la información de manera que no estén sujetos a la disipación ni a la degradación.

Al poner un micrófono frente a un instrumento o frente a alguna otra fuente de sonido y conectar este micrófono al computador y a un grabador DAT, o a una mesa mezcladora, cada instrumento puede ser grabado en formato digital y almacenado en el disco duro del computador. Todos estos dispositivos contienen un ADC (*an Analog to*

*Digital Converter*), el cual procesa la información de entrada que en este caso es una señal eléctrica analógica continua. El proceso se puede resumir en la siguiente secuencia:

- A medida que la señal eléctrica continua analógica y de voltaje variable fluye hacia un ADC, es reducida a las ondas sinusoidales que la componen (por frecuencia), para después ser reconstruida.
- Normalmente, la señal pasa a través de un filtro (*low pass filter*) para obtener la máxima frecuencia que el ADC tolera, eliminando todas las frecuencias por encima de ese valor.
- El ADC selecciona un punto de la señal eléctrica continua para convertirlo en un valor digital (*sample point*).
- La cantidad de puntos seleccionados por el ADC se basa en una tasa predeterminada de puntos seleccionados por segundo (*sampling rate*).
- El punto seleccionado de la señal analógica queda guardado en un circuito especial.
- Una pequeña cantidad de señal analógica se suma a la muestra de

la señal analógica (*dither*), de manera que cuando se produzca la muestra digital, que es una representación numérica finita, se refleje con más exactitud la curva original.

- El ADC asigna un valor a cada señal eléctrica seleccionada, el cual describe su nivel de amplitud en un momento dado y lo transforma en un valor binario. De esta manera la señal analógica, que es constante, se convierte en valores discretos de voltaje.
- La señal digital producida por cada muestra pasa a través de un segundo filtro, esta vez un filtro digital, para suavizar aquellas muestras periódicas por segundo que no representan un flujo continuo como la señal analógica original.
- La información digital primero es procesada en la RAM y puede ser almacenada en el mismo computador o en algún equipo periférico.

En un sistema digital, las variaciones de la corriente eléctrica son registradas como series de los números 0 y 1 en un formato binario. Esta secuencia de números puede ser capturada por un computador y grabada como

un archivo de audio digital. Al abrir un archivo de audio digital, los ceros y unos se agrupan normalmente de 8 en 8 ó de 16 en 16, para formar números mayores en un sistema numérico binario. Por ejemplo, 00001001 en binario puede ser leído por el computador como el número decimal 9. La secuencia de números: 00001001 y 00000111, se traduce en los números decimales 9 y 7, respectivamente.

En este ejemplo, utilizando números de 16 *bits*, el valor mínimo es 0 y el valor máximo es 65335. El cambio de 9 a 7 puede ser realizado gradualmente, aunque no con la suavidad que tendría en un sistema analógico.

El audio digital explora algunas peculiaridades de la acústica y del oído humano. Una forma de onda analógica puede contener todos y cada uno de los valores entre 9 y 7 por a lo menos un breve período de tiempo. Ningún computador puede contener todos aquellos valores. De esta manera, cuando el sonido analógico se convierte en digital, el *hardware* toma una muestra de la forma de onda y lleva su nivel a un intervalo específico. Para un CD de audio este intervalo es el 1/44100 de un segundo. En otras palabras, cada segundo un chip

específico calcula 44.100 veces el valor de la señal analógica de entrada y la envía para su almacenamiento o su ejecución.

El resultado, si se graficara como forma de onda analógica, resultaría un poco diferente. En lugar de apreciar una línea continua, con suaves cambios en su curvatura, se vería una aproximación a la curva en formato de escalera. Hay dos términos que serán introducidos aquí: *sampling rate* y *sample size*, que se traducen como tasa de muestra y tamaño de muestra. *Sampling rate* es el número de veces por segundo que se mide la señal analógica. *Sample size* muestra el número asociado al valor máximo. Si el rango va desde 0 hasta 1000, el valor almacenado va a representar con más fidelidad la señal analógica que si el mismo rango fuera desde 0 hasta 10. Entonces, se analizará por qué el sonido digital no suena mal, aunque nunca podrá llegar a llenar todos los valores de la curva analógica. La razón es fundamentalmente técnica y se podría expresar de la siguiente manera: mientras más muestras se tomen, habrá un incremento en la cantidad de peldaños de la escalera que se aproxima a la curva; el ruido creado por estos peldaños tienen una frecuencia

muy alta, más allá de la que los oídos pueden percibir. De acuerdo con la teoría, la frecuencia de este ruido será siempre dos veces mayor, por lo menos, que la frecuencia de muestreo. Muy pocos oídos humanos pueden escuchar sobre 20.000 ciclos por segundo. Se debe hacer notar que la velocidad patrón de un CD de audio es de 44.100 ciclos por segundo. No es coincidencia que la tasa de muestreo de un CD sea el doble de lo que los oídos pueden oír (Darter 1984). La conversión de datos analógicos a digitales y viceversa es efectuada por dispositivos electrónicos (chips) especiales. Un ADC mide la cantidad de corriente de cada intervalo muestreado y lo convierte en un número binario. A este proceso se le denomina "digitalización" del sonido. Por otro lado, también existe el chip DAC. Este chip toma un número binario y lo transforma en salida de voltaje. Cuando se graba la voz utilizando un micrófono conectado al computador, el micrófono genera una forma de onda que corresponde a los ciclos de compresión y refracción generados por la voz. Esta forma de onda analógica es transformada en una serie de valores binarios por un ADC, los cuales son transferidos a la memoria del computador. Una vez dentro del computador

el sonido puede ser procesado, editado y arreglado fácilmente. En este aspecto hay una diferencia sustancial con la grabación analógica, referente a que el proceso de edición es sumamente lento y difícil. Para escuchar la grabación el computador envía las series de números binarios resultantes a un DAC, el que convierte la señal en una forma de onda relativamente analógica audible por los parlantes.

La calidad de una grabación digital se expresa en función de dos parámetros: frecuencia de la muestra y profundidad, que de aquí en adelante se describirán por su nomenclatura en inglés: *sampling frequency* y *bit depth*, debido a que en toda la bibliografía y revistas especializadas de producción musical, incluso en español, se les conoce por sus nombres en inglés. *Sampling frequency* representa el número de veces por segundo en que un sonido es muestreado y se expresa en Hz. Debido a que las frecuencias de muestra son generalmente altas, se expresan en kHz (22 kHz, 44,1 kHz). Al escuchar, se aprecia que a mayor *sampling frequency* mejor es el archivo resultante en términos audibles. *Bit depth* es el número de dígitos binarios utilizados para almacenar el número de una muestra individual.

Los *bit depth* más comunes son los de 8,16 y 24 bits. A mayor *bit depth* es más exacta la muestra resultante.

### *Grabación en disco duro*

Como se ha descrito, la grabación digital comenzó a almacenarse en cintas, como DAT, ADAT e incluso en REEL. Hasta el día de hoy empresas como SONY tienen en el mercado máquinas grabadoras como la PCM 3324S, que es una grabadora digital de 24 canales de audio que trabaja con cintas magnéticas de ½ pulgada. Sin embargo, la grabación en cintas está desapareciendo lentamente, debido a las ventajas comparativas que presenta la grabación en disco duro, justificada al analizar el espacio físico utilizado y la rapidez de operación, entre muchas otras. Las grabaciones basadas en cintas pueden definirse como un medio lineal en el que es necesario retroceder o adelantar la cinta para poder escuchar alguna toma específica o un punto en particular de lo que fue grabado. Para arreglar o repetir material en un sistema lineal simplemente hay que volver a grabar la toma.

La grabación en disco duro se define como un medio no lineal o de acceso

aleatorio, donde es posible ir directamente al punto requerido, o a la toma en cuestión, sin necesidad de adelantar ni retroceder nada. Entre las características de los sistemas no lineales se puede mencionar que es posible repetir y arreglar diferentes partes de una grabación en cualquier orden, sin contar que al editar o arreglar cualquier parte de la toma, se hace en forma no destructiva, lo que significa que el material grabado originalmente no se altera. Uno de los aspectos del audio digital que causa un poco de confusión es la relación que existe entre el ancho de banda y el espacio de disco. Si se requiere grabar algo en una cinta y se sabe de antemano que su duración es de 1,5 hora, entonces se utilizarán cintas de 2 horas. Pero si se va a grabar en un disco duro y se tienen, por ejemplo 700 MB disponibles, hay que calcular el tiempo que esto representa.

Para efectuar el cálculo es necesario considerar el ancho de banda de la señal que se va a grabar. Por cada canal de audio se envía un número de muestras, dependiendo de la tasa de muestreo, y cada una de estas muestras tiene un número de *bits* que dependen de su resolución.

## PLATAFORMAS COMPUTACIONALES V/S APLICACIONES DE AUDIO

---

Los diferentes tipos de SW/HW existentes en el mercado deberían exhibir una amplia gama de opciones para la producción musical en el ámbito profesional. Sin embargo, se verá que la mayoría de las aplicaciones de audio de los distintos sistemas operativos se refieren a aspectos sumamente básicos o, simplemente, fueron diseñados para otras tareas. Por esta razón, aunque se mencionarán, no se analizarán todos.

### *Sistema operativo Windows*

Aunque no fueron diseñados originalmente para producción de audio, Windows 95/98 y ahora XP, han probado ser lo suficientemente flexibles para trabajar con la mayoría de las aplicaciones de SW relativas al audio de alta calidad y han demostrado ser compatibles con varios HW de producción de audio. Windows 2000 es un sistema operativo muy estable; sin embargo, puede generar algún tipo de incompatibilidad con algún HW. El mismo Windows 2000, visualmente es comparable a Windows 9x, pero como un ejemplo de cuán com-

plicado son los sistemas operativos, se puede señalar que Windows 2000 contiene 30 millones de líneas de código. Anterior a Windows, el sistema operativo de Microsoft era DOS, una interfase de líneas de comando. Con la introducción de Windows y su mejoramiento a través de MS Windows 95, Windows 98, Windows 98 SE y Windows ME, lo que en realidad se consiguió fue tener una interfase gráfica que se ejecutara sobre MS DOS.

MS Windows NT, 2000 y XP son realmente nuevos sistemas operativos, pero que mantienen componentes DOS para que así puedan ser compatibles con algunas aplicaciones anteriores. Dentro de los sistemas operativos Windows MS (9x, ME, NT y 2000) existe el así llamado "Registro". Este contiene los archivos de datos (user.dat y system.dat) que determinan la configuración del sistema, especificaciones del escritorio y asignaciones de IRQ. Además, estos archivos verifican qué dispositivos de HW están conectados al sistema y cuáles *drivers* están siendo utilizados para operarlos. MS Windows utiliza los archivos mientras el computador está encendido y en operación. De esta manera, cada vez que se instala un SW en el

computador, los detalles de localización de archivos, tipos de archivos y eventos o acciones se graban en el "Registro". Estas especificaciones pueden ser editadas y modificadas para mejorar algunas funciones de Windows, pero si se presenta algún error es muy probable que el sistema operativo se vea afectado, resultando en pérdida de datos y la solicitud al usuario de la reinstalación del sistema operativo.

El "Registro" es verificado cada vez que se enciende o reinicia el computador mediante los archivos *scanreg.exe* y *scanregw.exe*, para comprobar si existen errores. Después de que la aplicación finaliza la revisión, una copia del "Registro" se guarda como un archivo *.cab*, el cual no es visible.

Windows XP (*eXPerience*) es un lanzamiento del programa operativo DOS que soporta a Windows 9x y ME y que se encamina en dirección de la mayor estabilidad de 32-bits que ofrece Windows NT y 2000 como su *kernel* (el nivel al cual el *hardware* se comunica). XP no funciona en máquinas antiguas, pues requiere 2GB de memoria (*hard drive*) para su propia instalación y 128 MB RAM (el mínimo es 64MB) a 400 MHz para operar.

Aunque el sistema operativo puede ser instalado en máquinas más recientes, Microsoft ha indicado que se recomienda para equipos contruidos y comprados a partir de enero de 2000. Las versiones de Windows 98, ME y 2000 pueden ser actualizadas a XP; sin embargo, es probable tener que reconfigurar la BIOS, e intentar la actualización a XP puede causar algunos problemas al computador. Entre ellos, el más frecuente es que el nuevo sistema operativo no tiene soporte para *drivers* anteriores a XP.

El sistema operativo XP cuenta con Windows Media Player como reproductor predeterminado para los archivos *.wav* y *.wma*. Windows XP no tiene soporte para RealAudio ni para Quicktime. Es necesario actualizar los aplicativos RealPlayer y QuickTime de manera que estos sean compatibles con XP. MS Windows Media Player tiene un buen soporte para una amplia variedad de reproductores conectados al computador, y los archivos de audio digital en formato *.wma* y *.mp3* pueden ser transportados al respectivo reproductor.

Muchos aplicativos de SW para Windows 98 pueden ser utilizados en Windows XP. A veces es necesario

actualizar las aplicaciones directamente desde sus proveedores para que sean compatibles con XP, de la misma manera se puede seleccionar el modo de compatibilidad que requiere XP para adaptar el sistema operativo a aplicaciones más antiguas.

XP existe en tres ediciones: Home Edition, Professional Edition y 64-bit Edition. Las diferencias entre ellas, para efectos de producción musical profesional, son mínimas pero existen. Si el ambiente de trabajo es formal y el HW está conectado a un servidor Windows NT/2000, entonces la edición Pro es la requerida. Una de las ventajas de XP Pro, para un proyecto en el que dos músicos están involucrados, consiste en que XP Pro incluye una aplicación denominada *Remote Desktop*. Esta aplicación permite el acceso, a partir de una contraseña, al computador que contiene el proyecto desde otro ubicado en un lugar distante y conectado mediante una red al primer computador.

## **SISTEMA OPERATIVO MACINTOSH**

---

Las versiones Mac OS 8.0 y 9.0 funcionan muy bien en proyectos de audio y música, y existe una gran cantidad

de aplicaciones en este campo. La actualización o *upgrade* a OS X (10.0), a menos que se compre un nuevo Mac en el cual ya esté instalado, requiere del respaldo del disco duro, la desinstalación de cualquier versión de Mac OS en la que se trabaje y la instalación de OS X.

OS 9.04 puede ser actualizada a OS 9.1, y OS 9.1 puede ser actualizada a OS X. Una de las recomendaciones de Apple es que el disco sea particionado en dos, de modo que una de las particiones contenga a OS 9.X y la otra a OS X. Los archivos de OS X pueden ser guardados en la partición 9.X si llegaran a ocurrir problemas con la partición OS X. Lamentablemente, para particionar un disco primero hay que borrar su contenido. El sistema operativo Mac OS X puede ser instalado en el PowerMac G4, PowerMac G3, cualquier PowerBook G3 posterior a mayo de 1998, iMac y iBook. Apple recomienda para todos los anteriores particionar el disco interno e instalar OS X en una de las particiones, para así reinstalar la versión original del Mac OS.

El nuevo Mac OS X se basa en el sistema operativo NeXT y en UNIX como su *kernel*. La última versión actualizada es Mac OS 10.4.

La interfase del usuario se conoce como Aqua. La presentación gráfica y las fuentes se basan en el Adobe Portable Document Format. (.pdf), por lo que la parte visual es realmente muy buena. El soporte para audio opera QuickTime 5, el cual está incluido como parte del OS. OS X, tiene soporte para muchos periféricos y reconoce sin problemas los dispositivos que se conectan a través de la interfase externa FireWire, simplemente conectándolos al computador.

En Mac OS X y posteriores, cuando una aplicación deja de responder no es necesario apagar y reiniciar el computador, ya que otras aplicaciones y el mismo sistema operativo continúan funcionando. Se selecciona ForceQuit desde el menú para cerrar la aplicación; sin embargo, se pueden perder partes importantes de un proyecto de audio dependiendo de cuándo fue la última vez que se guardaron los datos.

Al considerar las aplicaciones de SW para Apple G4 PowerMac, en el caso de producción musical, es preciso escoger las desarrolladas para ser compatibles con la arquitectura del chip Motorola AltiVec, comúnmente denominada en el círculo de usuarios de Apple como Velocity Engine. Este

chip de Motorola divide la información en *packets* de 16-bits a 32-bits para un procesamiento más rápido. Todos aquellos SW que son compatibles con este procesador tienen un rendimiento muy significativo.

## LINUX

GNU/Linux es un sistema operativo abierto basado en Unix, en el que su código fuente no tiene propietario y cualquiera puede ver cómo se escriben los programas y, aun más, refinarlos o agregar/quitar líneas de comando. Ha sido desarrollado bajo el proyecto original GNU, General Public License, de tal forma que los derechos y *copyright* del código fuente son públicos y no pertenecen a nadie. Literalmente, miles de programadores han contribuido a desarrollar el sistema operativo y variadas aplicaciones y utilitarios. Es similar al sistema operativo UNIX, ya que está construido alrededor de un *kernel*. Por eso, su eficiencia radica en que no es un sistema operativo fijo. En lugar de eso se puede adaptar para optimizarlo o personalizar su rendimiento para una tarea específica.

El sistema operativo Linux es similar a Windows y Mac OS, en el sentido de que pueden realizar multitareas,

compartir librerías, crear memorias virtuales (*swap*), administrar memoria y proporcionar soporte para TCP/IP. Sin embargo, el sistema Linux no ha tenido mucho éxito en capturar mercados de sistemas operativos de escritorio contra MS Windows o Mac OS. Dos versiones de Linux para escritorio, Mandrake y SuSE, están orientadas para analistas y no para el mercado de consumo. Recientemente se halla disponible, a pedido, para su instalación en los nuevos computadores personales vendidos por IBM y Dell. Existen varios procesadores de texto, editores de texto, editores gráficos, aplicaciones de audio y mp3 que tienen soporte para Linux. Las aplicaciones MS Windows no funcionan en el sistema operativo Linux.

No hay ningún programa de audio digital ni programa secuenciador de MIDI profesionales desarrollados por las grandes compañías de *software* de música para operar en Linux. Al instalar Linux es necesario informarse sobre la compatibilidad de HW. Algunos de los distribuidores de Linux y fabricantes de componentes periféricos mantienen guías en sus respectivos *web sites*, indicando la compatibilidad con Linux y la disponibilidad de aplicaciones para sus HW.

Por otra parte, Linux ha causado un gran efecto al capturar mercados en el área de los servidores gubernamentales, corporativos y académicos. Esta expansión ha sido más rápida que la de los servidores con sistemas operativos basados en Windows, mientras que aquellos basados en Unix están en declinación. A nivel de servidores, Linux les ha permitido a corporaciones y organizaciones reemplazar sus servidores, que ocupan SW costosos y cuyos *copyright* deben ser rigurosamente pagados por otros casi genéricos, con un trato de *commodity* basados en Intel y funcionando con Linux. De esta forma, Linux puede ser utilizado como un sistema operativo sobre el cual aplicaciones específicas pueden ser instaladas para *web sites* HTTP, *intranet*, bases de datos, correo electrónico, archivos y otros.

Como se puede apreciar, no hay mucho que se pueda realizar en el ámbito de la producción musical con este sistema operativo.

## LINDOWS OS

Lindows OS es una variante del sistema operativo Linux, diseñado para computadores de escritorio. El siste-

ma operativo puede dar soporte a algunas aplicaciones de MS Windows. Hasta hace poco tiempo la compañía había sostenido con éxito su posición frente a una corte, defendiendo sus derechos de usar el nombre Lindows como marca registrada contra Microsoft. También tuvo éxito al completar una transacción con la empresa Walmart Stores, Inc., que permite la instalación de Lindows en todos los computadores comercializados por Walmart a través de su sistema de comercio electrónico.

Lindows OS no se distribuye en forma gratuita como Linux. En lugar de eso, se debe comprar el CD de instalación o bajar una copia del sistema desde su sitio *web* (aproximadamente 400 MB) y quemar un disco para crear un CD de instalación. La suscripción para obtener este sistema operativo consiste, además, en una autorización por un año para bajar desde el sitio *web* actualizaciones del sistema operativo, utilitarios y aplicativos.

Lindows OS tiene en la actualidad unas pocas aplicaciones de audio, básicamente Jukebox y aplicaciones de reproducción; sin embargo, no hay SW de producción de audio diseñados para Lindows.

## UNIX

UNIX es fundamentalmente un sistema operativo que se utiliza para servidores y estaciones de trabajo. En un momento, UNIX tenía su código fuente abierto, pero ha sido revisado y desarrollado en varios formatos de propietarios diferentes como IBM, Sun Microsystems y Hewlett-Packard. Por muchos años, UNIX fue el sistema operativo dominante entre los servidores, pero MS Windows y Linux han tomado el control del mercado.

## BSD

BSD, Berkeley Software Distribution, en realidad es un grupo de sistemas operativos. Estos son similares a Unix en estructura, pero no se deben confundir. El código en sí mismo es muy confiable y tiene características que lo hacen muy seguro. Su código básico está a disposición de los usuarios en forma gratuita y puede ser utilizado en productos comerciales. Partes de BSD están incluidas en Windows y Linux. FreeBSD es compatible con los computadores basados en Intel 32-bits y tiene soporte para varios aplicativos diseñados originalmente para Linux. OpenBSD es un sistema

operativo extremadamente seguro y al ser configurado en forma correcta es casi imposible que sea afectado por algún *hacker*. NetBSD está orientado hacia redes. No existen aplicaciones profesionales de música para este sistema operativo.

Como se puede apreciar en la tabla resumen abajo, solamente los sistemas operativos Windows y Macintosh soportan los elementos necesarios para la producción profesional de audio.

### **PLUG-INS SELECCIONADOS**

---

Se define por *plug-ins* a los *bits* de código, los que una vez instalados, extienden, aumentan o expanden la funcionalidad del programa que los contiene.

La palabra *plug-in* es utilizada a menudo por los fabricantes de SW para describir una aplicación desarrollada por terceros, generalmente otras empresas fabricantes de SW, la que se utiliza en la aplicación principal con el fin de mejorar su funcionalidad.

Los *plug-ins* fueron seleccionados entre varios fabricantes y diversos modelos de los existentes en el mercado. La función de los *plug-ins* es modificar matemáticamente los parámetros de salida del audio. Esto se logra de dos maneras: la primera mediante procesamiento en tiempo real RTAS y la segunda mediante el recurso *Audio Suite*, que procesa los cambios grabando un nuevo archivo, el cual puede ser utilizado en la grabación original. Ninguna de estas dos opciones es destructiva, de manera que se puede recuperar la información original si así se desea.

Tabla resumen

	Windows	Mac OS	Linux	Lindows	Unix	BSD
mp3	X	X	X	X		
wav	X	X	X	X		
aiff	X	X				
plugins	X	X				
secuencias	X	X				
Audio pro	X	X				

---

## *True verb*

Este *plug-in* genera un espacio virtual mediante el uso de dos algoritmos. El primero es el denominado *Early Reflections*, el cual genera múltiples rebotes en los primeros 100 milisegundos. El segundo es el *Reverb*, con muchos rebotes, que crecen en densidad. Al combinar ambos, se puede crear una sala virtual. Algunos controles trabajan con ambos algoritmos, otros en forma separada.

Esta unidad de reverberación proporciona al menos tres efectos básicos:

- **En vivo:** se logra mediante la suma de sonidos causados por el rebote en los muros de una sala, lo que hace que el sonido sea más real.
- **Espacio:** para incrementar la espacialidad del sonido se agregan efectos espaciales que logran que incluso un sonido mono llene el espacio entre dos monitores estéreo.
- **Distancia:** para colocar el sonido en un espacio acústico a una cierta distancia del oyente o auditor, se utilizan técnicas de realidad virtual para colocar los sonidos en forma convincente dentro del espacio de

una sala virtual con buena acústica. Se pueden ajustar muchas características de esta sala, tales como su tamaño y tiempo de reverberación para cualquier requerimiento musical o dramático.

El efecto final de *TrueVerb* se logra mediante una combinación muy precisa de tres de los componentes del sonido.

- **Direct:** referido al sonido original que llega directamente al oyente sin ningún rebote en alguna pared. Ya que este sonido llega en forma directa desde su fuente, lo hace antes que cualquier otro. Este sonido directo establece el posicionamiento direccional básico del sonido dentro de la imagen estéreo. En *TrueVerb* no hay *delay* en el sonido directo.
- **Early Reflections:** estos sonidos llegan hasta el oyente después de haber rebotado tal vez una o dos veces en algunas partes de la sala, como techo, paredes o suelo. Llegan al oído después que el sonido directo, a menudo en un rango que va de 5 a 100 milisegundos. *Early Reflections* le entrega al cerebro la información sobre el tamaño de una

sala y el sentido de distancia de los sonidos dentro de esta, además de cumplir un rol muy importante para determinar el carácter general y el sonido de la sala.

- *Reverb*: Después de los primeros rebotes (*Early Reflections*), el sonido aún rebota muchas veces más en las diferentes partes de la sala. Cuando se combinan muchos de ellos, forman un sonido continuo llamado reverberación, el cual decae de manera lenta. Esta reverberación es subjetivamente diferente a los primeros rebotes, y añade vivacidad al sonido, así como también llena las brechas existentes entre los sonidos en una forma agradable. El tiempo que se demora la reverberación en desaparecer se llama *DecayTime*, y en *TrueVerb* señala el tiempo en el cual el nivel de reverberación alcanza los 60 dB. El tiempo de *Decay* fluctúa entre 0,2 segundos, para una sala doméstica llena de alfombras y muebles, y 6 segundos para una gran catedral.

### *L1 Ultramaximizer*

El L1 es una herramienta de procesamiento de audio que combina un

limitador, un maximizador de nivel y un recuantizador. Este *plug-in* permite el procesamiento a 48-bits, característica que ofrece ventajas para todas las resoluciones y la oportunidad de añadir *dither* a las salidas de 24-bits. También ofrece la posibilidad de recuantizar cualquier *bits depth*, como 24-bit, 20-bit, 16-bit, 12-bit y 8-bit. Por su parte, el limitador permite incrementar la resolución del archivo de sonido y los niveles del *master*.

La sección del limitador del L1 ofrece una respuesta muy rápida y no permite ir más allá de los límites; una vez que los bordes han sido establecidos, se puede definir el nivel que la señal procesada alcanzará. Para propósitos de masterización, el nivel máximo de la señal ya procesada normalmente se ajusta a 0 dB.

Debido a que un archivo de audio digital típico contiene una gran cantidad de niveles máximos o *peaks* de corta duración y alta intensidad, una normalización simple puede dar como resultado un nivel promedio de señal muy bajo; el *plug-in* L1 permite incrementar este nivel sin introducir ningún efecto secundario audible. En el caso de que sea necesario un sonido con una limitación deliberada, existe un rango

adecuado de parámetros de limitador para recrear efectos como el *level pumping* o rangos dinámicos limitados severamente.

El UltraMaximizer está específicamente diseñado para la masterización, la edición digital, multimedia y cualquier aplicación que requiera limitar o recuantizar la señal digital. Para poder asegurar la máxima resolución posible de la señal procesada, se recomienda utilizar L1 en la última etapa de la cadena de procesamiento

### *Maxxbass*

Este *plug-in* crea armónicos posibles de agregar a la señal. Estos armónicos pueden engañar al oído haciéndolo percibir frecuencias demasiado graves que tal vez no se encuentran en las salidas. Esta ilusión psicoacústica puede ser utilizada en la mezcla y masterización para destacar la respuesta de graves en la reproducción de cualquier sistema.

Aun cuando se puede escuchar un bajo eléctrico en un parlante pequeño, no se escucha la nota principal o frecuencia fundamental. Esto simplemente se debe a que el parlante no puede

de manera física reproducir un sonido tan grave. Sin embargo, los armónicos del bajo eléctrico, de hecho aparecen por cualquier parlante y el oído interpreta estos armónicos creando la fundamental "perdida". Este fenómeno es controlado por MaxxBass en su grado máximo. Usando este principio, se puede extender la respuesta de la frecuencia percibida desde un parlante de alrededor de dos octavas más abajo de su limitación física.

La señal de entrada se divide en dos partes, donde la frecuencia *crossover* determina el punto de división. Las altas frecuencias sencillamente pasan en forma directa a la salida. La señal del bajo es analizada por el procesador de MaxxBass, el cual crea una serie específica de armónicos de estas frecuencias bajas. Debido a que la dinámica y los graves del bajo son duplicados en estos armónicos, el resultado es un sonido natural y más destacado del bajo.

Los armónicos de MaxxBass y el sonido original se pueden mezclar en cualquier proporción. Para proporcionar el máximo control sobre los armónicos creados se puede habilitar un filtro agudo y sumarlo a un compresor. Esto es muy útil cuando se mezcla para un

sistema específico de parlantes. El control del *decay* también puede enfocar un efecto a este tipo específico de parlantes.

Al contrario de los ecualizadores y compresiones de multibandas, con este *plug-in* se puede percibir mejor el bajo, agregando armónicos que son menos susceptibles a la sensibilidad del oído. Ya que los oídos son más sensibles a las frecuencias agudas, la codificación de las frecuencias graves en armónicos agudos permiten que los bajos se escuchen mejor en todos los sistemas.

### *PAZ analyzer*

PAZ es un analizador gráfico de frecuencias. El análisis propiamente tal se efectúa en bandas, similar al de los oídos. La configuración por defecto del control de resolución LF es 40 Hz, el cual proporciona 52 bandas y aproxima con mayor exactitud la constante 'Q', una banda de frecuencia crítica del oído. El resultado es una buena correlación entre lo que se escucha y lo que se observa en el analizador de frecuencias.

La resolución LF bajo los 250 Hz puede ser configurada a 20 ó 10 Hz,

proporcionando más de 68 bandas; las opciones son 40, 20 y 10 Hz. Sobre los 250 Hz, la "ingeniería Q" (o ancho) de las bandas se aproxima a 10, el cual es, como fue mencionado, similar a la resolución de nuestra audición. Los 40 Hz LF, por defecto, también combinan de manera muy exacta las características del oído, sumando un mejor tiempo de respuesta para efectos de medición.

Existen dos controladores: Peak/RMS y Response, los cuales permiten elegir el tiempo de respuesta y el tipo de análisis. En el modo Peak, los niveles máximos de cada banda de frecuencia se grafican y Response simplemente controla el tiempo de salida. Bajo el modo RMS la energía se promedia sobre el time, y el valor de Response controla la duración de este tiempo.

El análisis de frecuencias en tiempo real puede ser utilizado para energía mono, canal doble, o estéreo total, utilizando el botón de comando LR, el cual alterna entre energía de canales dobles (canales independientes L/R) y energía total estéreo (L+R), que no es sencillamente la suma de las señales izquierda y derecha, sino de sus energías. Esto permite construir un modelo más próximo a la respuesta a

la calidad del ruido de las frecuencias de los oídos.

Se puede configurar el dispositivo para cualquiera de los tres tipos de curvas de suspensión (dBA, dBB, o dBC) o sin suspensión, en cuyo caso se muestra en pantalla el valor absoluto de la energía eléctrica. Las curvas de suspensión pueden ser utilizadas para aplicaciones de medición de ruido o de calidad del ruido que así lo requieran. Definiciones precisas de niveles de monitoreo no serán hechas aquí, pero en resumen, las bajas frecuencias ofrecen una pequeña contribución a la calidad de ruido de toda la muestra cuando se monitorea a niveles de sonido bajo; en otras palabras, los seres humanos son menos sensibles a ellos. De este modo, una suspensión 'A' se utiliza para reducir la contribución de estas frecuencias graves en la lectura de medición. 'B' es para los niveles intermedios y 'C' es casi plana, para el monitoreo de medición de la calidad del ruido a alto nivel.

### *C1 Compressor*

Consiste en tres módulos de procesamiento independiente estéreo que pueden ser utilizados en conjunto de diversas maneras:

### *Módulo de compresión/expansión*

Es capaz de operar como compresor de alto nivel, expansor de alto nivel, o como un compresor de nivel intermedio, que puede ser ajustado a un determinado nivel de señal. Este módulo también tiene un modo de cancelación dinámica que permite justamente cancelar los niveles de sonido demasiado altos. Este módulo utilizado a su máximo valor de compresión llega a cumplir la función de un limitador. El procesador dinámico tiene dos aspectos singulares: primero, para tasas de compresión moderadas, la curva dinámica real comprime en un rango de 20 ó 30 dB sobre el límite (*threshold*), en lugar de extender el rango indefinidamente; segundo, un rango de control extendido permite controlar la expansión de los niveles altos utilizando proporciones entre 0:5:1 y 1:1, además de permitir que el modo de cancelación de los niveles altos, aparezca gráficamente como una tasa de compresión negativa.

### *Módulo de compuerta/expansor*

Puede operar separadamente, ya sea como compuerta o como expansor. Se utiliza para tomar las señales de

bajo nivel y aumentarlas. El control de extensión de piso permite no solamente un grado de control de la reducción de la ganancia bajo el límite, sino también un incremento en la ganancia para las señales de bajo nivel, las cuales pueden crear un efecto de compresión cuando sea necesario. A esto se le denomina modo de compresión de niveles bajos. Además, un valor de piso negativo pertenece al modo de compuerta de cancelación.

### *Módulo de filtro/ecualización*

Tiene una variedad de filtros para diferentes tipos de procesamiento, desde procesamientos dinámicos de cadenas laterales convencionales hasta el modo ecualización dinámica de división de banda. Esta configuración de división permite comprimir, expandir o señalar una compuerta a cualquier banda de frecuencia. Cuando se utiliza para dividir una señal de audio, estos filtros son restringidos a un 'Q' de 0,6 o menos, para evitar la coloración audible asociado con valores altos de 'Q'.

'Q' es una forma de expresar el ancho de la frecuencia de un filtro, en relación a la frecuencia central de la banda del filtro, y puede representarse

matemáticamente mediante la fórmula:  $F_c/F_w$  (frecuencia central dividida por ancho de frecuencia en el "punto -3dB", ambos valores expresados en Hz). Por ejemplo, un valor 'Q' de 2 a 1.000 Hz, da un ancho de banda de 500 Hz.

Cada módulo puede ser configurado para diferentes modos de operación, así como se pueden utilizar muchas combinaciones para la eficiente utilización del poder de procesamiento. Por ejemplo, el módulo de compresión puede efectuar el procesamiento dinámico del ancho de banda, mientras el módulo de compuerta cierra el paso solamente a las frecuencias altas. Otro ejemplo posible a destacar, es la utilización del módulo de compresión para la compresión de bajos, mientras que el módulo de compuerta corta los ruidos sordos y prolongados.

### *S1 Stereo Imager*

Con esta aplicación se logra reajustar el nivel y el balance del estéreo en una mezcla, así como aumentar el ancho de una imagen estéreo sin introducir efectos laterales. En otras palabras, y utilizando un ejemplo, una mezcla asimétrica puede ser ajustada

de forma que al alterar el balance en sus componentes izquierdo y derecho, no afecten la posición del centro de la imagen o, alternativamente, el centro de la imagen pueda ser movido a la izquierda o derecha sin afectar el balance de los componentes estéreo de la mezcla.

Una de las características de S1 es que evita los efectos de fase y retiene la compatibilidad mono: los sonidos mono permanecen descoloridos; S1 no cambia el carácter básico tonal del sonido original sino que simplemente ajusta o expande la imagen estéreo. Un truco clásico de compensación de fase es proporcionado para realzar las características del espacio y para mejorar la calidad de la imagen de la parte final del espectro de audio.

Los controles de ganancia se miden en dB y no afectan el estéreo cuando se modifica su valor. El ancho o extensión de la señal de entrada se modifica de manera que al tomar valores menores a 1, el sonido se va estrechando y transformando en sonido mono al alcanzar el valor 0. Para una extensión mayor a 1, el sonido se va abriendo hasta ir más allá de los límites de los parlantes. El estéreo no se modifica cuando el valor es 1.

## *Renaissance Equalizer*

En general, los ecualizadores pueden hacer que algunas bandas o áreas de frecuencia sean más audibles que otras, manipulando la respuesta de la frecuencia. En un ecualizador de seis bandas diseñado para la producción musical profesional, se puede elegir el número de bandas a operar entre 6, 4 ó 2, para el uso óptimo del poder de procesamiento. A diferencia de otros ecualizadores digitales, REQ es un procesador de 48-bits, el cual incrementa la resolución del ecualizador. Esto significa que todos los cálculos se llevan a un valor de 48-bits dentro del ecualizador (en un chip DSP de punto fijo); para procesamientos nativos, estos se desarrollan con valores de punto flotante de 64-bits. Trabajando a este nivel de precisión, los detalles más exactos se mantienen en su totalidad en el procesador. Solamente en la salida, estos datos de doble precisión se reducen. Esta reducción se realiza al agregar *dither* a los datos internos de 48-bits, encaminándolos hacia las salidas seleccionadas.

Debido a que cada ecualizador, ya sea analógico o digital, puede ser definido esencialmente como una función

matemática (de hecho, los valores de los componentes analógicos se derivan en forma directa de cálculos precisos), entonces es posible simplificar los mismos cálculos en un procesador digital. Así, los efectos más curiosos de un aparato analógico, como la respuesta de frecuencia extendida, saturación inducida, características de transformación y otras, pueden lograrse digitalmente.

### *De Esser*

Generalmente se escucha el sonido áspero de 's', 'sh' o 'ch', que los oradores o cantantes pueden producir durante una intervención con fuerza y demasiado cerca del micrófono. Casi todas las grabaciones vocales contienen sonidos de este tipo, ya sea por una interpretación fuerte, una mala grabación, problemas del habla o simplemente muchas 'eses' en una misma frase. En el caso orquestal, los instrumentos de viento crean ruidos agudos muy penetrantes que también necesitan ser atenuados.

Este dispositivo cumple la función de atenuar los sonidos de 'S', 'SH' y 'CH' que puedan saturar los agudos de la mezcla. Mediante el control de

la frecuencia *side chain*, se selecciona el rango o las características del emisor para luego suavizarla mediante el control de límite, el cual aplica una reducción instantánea de ganancia medido en dB.

## PROYECTO DE PRODUCCIÓN MUSICAL

---

Para hacer una evaluación completa y entregar las conclusiones correctas en términos cualitativos y cuantitativos, este análisis finaliza con la realización de una producción musical utilizando el sistema Pro Tools en las diferentes plataformas y los *plug-ins* seleccionados.

El sistema Pro Tools es una aplicación especializada orientada a la producción musical profesional. Este programa encuentra soporte solamente en los sistemas operativos Windows y Macintosh, por lo que en el desarrollo de la parte final de este estudio se utilizó ambos.

El programa en sí permite la utilización de todos los *plug-ins* seleccionados anteriormente aunque, como se podrá apreciar a continuación, el resultado final es óptimo con máquinas Apple y sistema operativo Mac OS.

Con Pro Tools se puede grabar, secuenciar, editar y mezclar cualquier tipo de proyecto musical, por lo que su elección se justifica plenamente.

Para esta producción se contrataron los músicos de la Orquesta Sinfónica de Chile juntamente con los músicos del Grupo Barroco Andino. El proyecto integró las tecnologías digitales a partir del sistema DA, pasando por todas las versiones de Pro Tools desde 5.1 hasta 6.1. La grabación se realizó en diferentes estudios en Santiago de Chile, según las diversas secciones de la orquesta. De esta manera, se grabó la sección de cuerdas en el Estudio Akustik; las maderas, percusión y el grupo Barroco Andino en el Estudio Procor; y las secciones de base y bronces en el Estudio del Sur. Las composiciones, arreglos musicales y dirección de la orquesta, así como la producción musical estuvieron a cargo del autor de este artículo.

Para el paso de la información, con el objeto de crear las secuencias, fue utilizado un piano electrónico Yamaha, modelo Clavinova CLP 152S como controlador, conectado vía MIDI a un computador Compaq Presario CDS 724, con sistema operativo Windows 95. La interfase utilizada para este

proceso fue la tarjeta MQX-32M, que se instaló dentro del computador. La dirección establecida desde fábrica para esta tarjeta es 330 y fue asignado el IRQ 2/9 para su compatibilidad con el computador. La configuración MIDI se completó utilizando el SW Cakewalk Home Studio 6.0 como programa de secuenciador, y un módulo generador de sonidos Roland SJV 1080.

El flujo de datos comenzó con la información que nacía en el controlador Yamaha, pasando a través del MIDI IN de la interfase MQX-32M al programa Cakewalk, desde donde se procedió a seleccionar los diferentes instrumentos y sonidos del módulo Roland, vía MIDI OUT de la tarjeta y MIDI IN del módulo. Una vez elegidos los sonidos, esta información se grabó en el módulo a través de su Sistema Exclusivo (SysEx). En total, fueron utilizados 30 tracks MIDI en el programa Cakewalk y 16 canales de transmisión MIDI entre el computador y el módulo. Cuando la información fue guardada en el programa Cakewalk, se procedió a modificar y configurar la velocidad de ataque de la nota, el volumen, el *sustain* y el *decay* de algunos *tracks*.

Una de las herramientas más utilizadas en esta etapa fue la cuantización

de los ritmos de cada *track*. Generalmente, se escogió el valor de la semi-corchea, o 1/16 veces el valor entero correspondiente a la figura conocida en el área musical como "redonda". El tiempo o pulso de la música también se pudo editar en la ventana "*tempo*" de este programa, al mismo tiempo que se aumentaba el tiempo del metrónomo al doble para marcar bien los "*rallentando*" y los "*ritardando*".

Todo el proceso realizado en esta configuración se realizó sin inconvenientes, ya que la aplicación Cakewalk cuenta con la opción de controlar el dispositivo generador externo de sonidos; de este modo, todo el control, cambio o alteración de parámetros del módulo se manejó desde el computador. De los 11 controladores variables de *Change Control* del sistema MIDI se utilizaron seis:

Control Change	Instruction Data
0	Selector de bancos
1	Rueda de modulación
4	Controlador de pedal
6	Entrada de datos
7	Volumen de canal
10	Pan

Para realizar el vaciado de secuencias a Pro Tools, este se conectó al computador, a fin de que una máquina Tascam DA-80 sirviera de controlador de sincronismo. En una cinta digital correspondiente a este formato se grabó en un *track* la señal SMPTE para que sirviera de referencia. A través de la tarjeta MQX-32M, el programa Cakewalk quedó como esclavo del dispositivo DA, de modo que cada vez que el dispositivo alcanzara un código de tiempo predeterminado, el computador debía comenzar a enviar la información. El formato utilizado fue *30-frame non-drop*, configurado en el programa y en la máquina DA. El dispositivo DA enviaba el *time code* para que el secuenciador de Cakewalk, a través de MIDI OUT y SysEx, enviara los datos a Pro Tools en forma de sonido por las seis salidas del módulo. Así, el punto de partida de cada uno de los *tracks* en Pro Tools correspondió con el de los *tracks* grabados en Cakewalk.

Este proceso se repitió en la fase final de la producción, con la finalidad de agregar sonidos y efectos electrónicos. El metrónomo que los músicos escucharon se envió por el canal MIDI 10 y correspondió a la nota C#3. En este punto se logró uno de los objetivos, que era la integración de dos

plataformas y sistemas operativos diferentes en un mismo proyecto: Windows y Macintosh. El proceso de grabación se realizó a partir del sistema Macintosh OS 9.2 en un computador G3 Blue & White. En esta etapa no se presentó absolutamente ningún problema, grabando en forma simultánea 32 canales a 24-bits y 48 kHz en un disco IDE de 40GB.

Al intentar el mismo proceso en su equivalente Windows, el sistema falló en repetidas ocasiones. El error más frecuente era que la grabación se detenía sola y el sistema del computador no respondía, por lo que era necesario reiniciarlo con la consiguiente pérdida de tiempo. Al grabar no se utilizó ningún *plug-in*, sino que la grabación fue directamente de los preamplificadores al *drive* del computador.

La interfase utilizada fue Digidesign 888/24. Se emplearon tres unidades para un total de 24 canales y siete preamplificadores Focusrite Red. Cada uno de estos preamplificadores tiene dos canales, por lo que se utilizaron 14 micrófonos de condensador Neumann modelo KM84. La segunda configuración, correspondiente a un Power Mac G4, se usó para grabar la sección de cuerdas (violines I,

violines II, violas, cellos, contrabajos y arpa). Tampoco hubo problemas en la grabación, que en esta oportunidad se realizó en el modo *Quick Punch*, lo que implica que se repitieron varias tomas. Hubo doblajes y *overdubs*, además de la grabación y reproducción simultánea de las tomas anteriores.

Nuevamente, al efectuar el mismo procedimiento con la configuración equivalente del sistema Windows, se presentaron problemas. Esta vez referentes al proceso de doblaje; aunque era posible grabar sin inconvenientes, estos aparecían a la hora de grabar y reproducir simultáneamente. Considerando que se podía grabar sólo con la referencia secuencial, se siguió adelante; sin embargo, en el proceso de mezcla se detectaron ruidos digitales en varias partes de la grabación.

Para la sección maderas (flauta travesera, oboe, clarinete y fagot) se utilizó un Power Mac G4 AGP. Con esta misma configuración se grabó al grupo Barroco Andino (charango, quena, zampoña, tiple, guitarra, bombo) y la sección percusión (timbales, platillos, caja, pandero, triángulo, semillas). El proceso de grabación se llevó a cabo sin ningún problema, de forma limpia

y rápida. La configuración equivalente Windows tampoco presentó problemas.

Finalmente, en los Estudios del Sur, se utilizó el sistema OS X en un G4 dual con Pro ToolsHD para la grabación de base (batería, guitarra eléctrica, guitarra acústica, bajo y piano) y los bronce (trompetas, trombones y cornos). En esta etapa, y a manera de prueba, se agregaron *plug-ins* a la grabación hasta equiparar el Davec test de la configuración Windows, de modo que todo el proceso de grabación transcurrió sin problemas. Se debe destacar que al utilizar la configuración Windows equivalente no se produjeron problemas, sólo se presentó un grado mayor de latencia, pero que no comprometió el proceso.

A pesar de la equivalencia de los dos sistemas en la etapa de grabación, las diferencias comenzaron a hacerse notorias en el proceso de edición y mezcla. Sin excepción, los *plug-ins* utilizados en los sistemas Macintosh funcionaron mejor que en los sistemas Windows.

La mezcla en Pro Tools de esta producción involucró todos los aspectos de edición y arreglos. La edición más

compleja fue la realizada en la sección de cuerdas, debido al uso de dos micrófonos ambientales. Esta situación derivó en un volumen desproporcionado dentro de la sala. Los instrumentos situados más cerca de estos ambientales quedaron registrados con más ganancia que los que se encontraban más lejos. Por lo tanto, en la mezcla hubo que nivelar los volúmenes de cada instrumento y reubicarlos en una sala virtual. Los *plug-ins* S1 Stereo Imager y Reinassance Equalizer permitieron controlar las diferentes bandas de sonido, destacando aquellas que quedaron más atrás, para luego agruparlas en bloques dentro de la mezcla final.

Las demás secciones de la orquesta fueron mezcladas principalmente cuidando los niveles de *gain* y *panning*. El ecualizador fue fundamental para definir en forma clara los timbres y colores audibles de cada uno de los instrumentos tanto de bronce como de madera. Se debe destacar que el comportamiento de los *plug-ins* seleccionados respondieron perfectamente a las expectativas, y la calidad que agregaron al proyecto es nítidamente cuantificable.

La mezcla final, donde se encajaron todas las secciones e instrumentos

utilizados en la grabación, fue analizada con el *plug-in* PAZ, mediante el cual se apreciaban con claridad las frecuencias que debían ser atenuadas (generalmente, alrededor de 1 kHz y 10 kHz) y aquellas que debían ser destacadas. Mediante su parte gráfica se podía apreciar si había algún instrumento induciendo un desfase y de esta forma corregirlo. Por otro lado, con MaxxBass se le dio a la mezcla un mayor peso, debido al aumento de armónicos de las frecuencias graves, lo que también se podía ver graficado en PAZ. La compresión se realizó por secciones, excepto en el caso de la batería que necesitó ser comprimida en forma individual con el Reinassance Compressor.

La reverberación fue aplicada en el *Master fader*. El parámetro elegido fue una "sala de concierto", con una dimensión de 3,5 y un tamaño de sala de 15.000 metros cúbicos a una distancia de la fuente de 10,02 metros. El balance entre *Reverb* y *Direct/EarlyRef* fue configurado a un valor igual a 4,0. El *decay time* a 3.0 segundos y el *predelay* a 134,1 milisegundos.

Finalmente, con L1 UltraMaximizer se preparó el *master* del proyecto. En primer lugar, la cuantización fue definida

a 16-bits y la tasa de muestreo a 44,1 kHz, por ser este el patrón de los CD's comerciales. La conversión se realiza solamente al momento de salir la señal de audio, ya que antes y durante todo el proceso se trabaja a una resolución interna de 24-bits. El *dither* agregado fue del *type 1*, que produce una baja distorsión con un *noise-shapping Ultra*, lo que llevó la energía del ruido a altas frecuencias, más allá de los 15 kHz y con una reducción de ganancia de 4 a 6 dB.

## CONCLUSIÓN

---

En términos cualitativos se obtuvo un producto de la mejor calidad en un plazo significativamente menor y sólo utilizando redes domésticas en todo el proceso. En términos cuantitativos, los costos y plazos tuvieron una dramática reducción, representada en la siguientes tablas y, por consiguiente, el lucro creció en una proporción similar.

### Detalle de plazos de una producción musical

	Horas grabación	Horas edición y arreglos	Horas mezclas	Horas mastering
Proceso producción convencional	50	160	240	20
Proceso producción digital	50	60	60	10

### Detalle de costos de una producción musical

	Grabación	Edición y arreglos	Mezcla	Mastering	Insumos	Módulos o plug-ins
Proceso producción convencional	us\$ 2.500	us\$ 8.000	us\$ 12.000	us\$ 1.000	us\$ 570	us\$ 9.286
Proceso producción digital	us\$ 2.500	us\$ 3.000	us\$ 3.000	us\$ 500	us\$ 70	us\$ 1.000

### Duración y costo final de una producción musical

	Total horas	Total costo
Proceso producción convencional	470	us\$ 33.360
Proceso producción digital	180	us\$ 10.070

Los verificadores de los criterios de éxito para este proyecto fueron:

- Alcanzar un rendimiento del 70%. Se consiguió un rendimiento de 100%.
- Disminuir los costos en un 40%. Se logró disminuir los costos en un 69,8%.
- Disminuir los plazos en un 20%. Se disminuyeron los plazos en un 61,7%.

Además de alcanzar y superar estos parámetros, los objetivos del análisis fueron cumplidos cabalmente:

- Se pudo integrar diferentes HW/SW en una misma producción.

- Se logró integrar, mediante la tecnología informática, las tres áreas de estudio.
- Se mejoraron los plazos de producción.
- Se redujeron los costos para obtener mayor margen de utilidad.
- Se dieron a conocer las nuevas tecnologías en el área de la producción musical.
- Se entregó un análisis económico para poder elegir la mejor opción.
- Se presentaron los resultados del estudio en el presente informe.

## BIBLIOGRAFÍA

---

AVID Technology, Inc. "Pro Tools, Reference Guide". Digidesign, a Division of AVID. Palo Alto, CA. USA, 2002.

BARRIÈRE, JOHN. "A Digital Signal Multiprocessor and its Musical Application". 15th International Computer Music Conference. San Francisco, CA. USA, 1990.

CHOWNING, JACK. "The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation". *Journal of the Audio Engineering Society* 21 (1973): 526-534.

DARTER, THOMAS. *The Art of Electronic Music*. Los Angeles, CA.: Armbruster Editors, 1984.

DURHAM ANTON. "Very High Linearity Tunable OTA in 5 V CMOS". *IEE Proceedings G (Circuits, Devices and Systems)* (Jun. 1993): 207-210.

FLETCHER, N.H. *Nonlinear Dynamics and chaos in Musical Instruments, Complex Systems: from Biology to Computation*. Amsterdam: Green & Bossomaier Editors, 1993.

FREED, ARTHUR. *Synthesis and Control of Hundreds of Sinusoidal Partials on a Desktop Computer without Custom Hardware*. Boston, MA: DSP Associates, 1993.

HAUSNER, ARTHUR. *Analog and Analog/Hybrid Computer Programming*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1971.

MICHIE, CHRIS. "Edición digital en música clásica". *Mix-Audio Profesional-Sonido y Producción Musical* (Jul.-Ago. 2002): 18-20.

PRICE, SIMON. "Digidesign Pro Tools Explained". *Tools of Trade* (Mar.-Abr. 2001): 7-34.

SERWAY, RAYMOND. "Física para Ciencias e Ingeniería". México D.F.: Mc-Graw Hill/Interamericana Editores, 2001.