

83
27/10/94



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SISTEMA EDUCATIVO DE TEORIA DE DECISIONES
BASADO EN MULTIMEDIA,
DECIS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN COMPUTACION
P R E S E N T A
JOEL SILVA GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS: M. en I. MARCIA GONZALEZ OSUNA



CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F.

1994

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Sistema educativo
de teoría de
decisiones basado
en multimedia,
DECIS

Uno se embarca hacia tierras lejanas,
ansía el conocimiento de los hombres,
después se descubre que el fantasma
que se perseguía era uno mismo.

Ernesto Sábato

A la memoria de mi madre, a mi padre, hermanos
y sobrino.

A Elida.

Reconocimientos:

Al Señor que cuida la puerta del cielo (y todo lo demás) por el don de la vida.

A mis padres por su apoyo incondicional.

A Elida por no quejarse de la desatención sufrida durante la realización de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, particularmente a la Facultad de Ingeniería y al Laboratorio de Inteligencia Artificial y Multimedia del Instituto de Ingeniería.

A la M. en I. Marcia González Osuna por aceptar la dirección de este trabajo, por su interés y confianza en mí y por todo su apoyo.

Al Dr. Felipe Lara Rosano y al Ing. Pedro Guerrero Briseño por apoyar la realización de este trabajo en el Lab. de Multimedia del I.I. y por sus recomendaciones y asesoría.

Al Dr. Servio Tulio Guillen por su asesoría en el tema de teoría de decisiones y por su revisión exhaustiva de dicho capítulo de este trabajo.

Al M. en I. Nicolás Kemper por aportar el programa para resolver problemas de toma de decisiones, que enriquece al sistema Decis.

A mi hermano, M. en I. de O. Moisés Silva González por el tiempo invertido en la revisión de este trabajo.

Y a todos los *inútiles* del laboratorio cuyas ideas, observaciones y comentarios sirvieron para enriquecer este trabajo.

CONTENIDO

Página

Introducción	i
1. La Tecnología Multimedia	1
Introducción	2
1.1 La PC y Multimedia	5
1.2 Audio en Multimedia	10
1.3 Video en Multimedia	16
1.4 Animaciones en Multimedia	19
1.5 Imagen fija y gráficos en Multimedia	20
1.6 Arquitectura de las aplicaciones multimedia	23
1.7 Interfaz de usuario	27
1.8 Tipos de aplicaciones multimedia	29
2. Multimedia y Educación	31
2.1 La tecnología multimedia y la educación	32
2.2 Las aplicaciones multimedia orientadas a la educación	33
3. Teoría de Decisiones	35
Introducción	36
3.1. El Problema de Toma de Decisiones	40
3.2. Toma de Decisiones sin Experimentación	46
3.3. Toma de Decisiones con Experimentación	52
3.4. Arboles de Decisiones	64
4. Diseño y construcción del sistema Decis	75
4.1. Hardware y software necesario para poder hacer uso del sistema Decis	76
4.2. Metodología de diseño y desarrollo de aplicaciones multimedia orientadas a la educación	77
4.3 Funcionamiento del sistema Decis	82
5. Conclusiones	85
Apéndices	
A. Hardware para multimedia	88
B. Software para multimedia	93
C. Authorware Professional	105
D. Multimedia en el ambiente Windows	116
E. Conceptos clave en multimedia	120
Bibliografía	123

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.

La competencia que actualmente se vive en el mercado de trabajo y la cada vez más palpable aplicación de la computación a todas las actividades de la sociedad, hacen necesario que el estudiante de ingeniería, particularmente de computación, se familiarice con las tendencias que sigue el mundo del cómputo. Una de estas tendencias es la tecnología multimedia, cuyas posibilidades de aplicación parecen ilimitadas en todas las áreas en donde se hace uso de computadoras.

El presente trabajo introduce al lector al mundo de la tecnología multimedia, haciendo énfasis en su aplicación como herramienta educativa. Para tal fin, se desarrolla en detalle una aplicación multimedia orientada a la educación, un sistema educativo de teoría de decisiones basado en multimedia, denominado "DECIS".

El sistema Decis está dirigido a estudiantes de ingeniería, matemáticas, actuaría, estadística ó carreras afines que tengan conocimientos de cálculo diferencial e integral, probabilidad, estadística, álgebra lineal e investigación de operaciones.

Al terminar el curso con el sistema Decis, el estudiante será capaz de aplicar los métodos básicos, determinísticos y estocásticos, de teoría de decisiones a problemas elementales de toma de decisiones.

El sistema Decis se desarrolló persiguiendo los siguientes objetivos:

- Proporcionar al alumno un medio de aprendizaje autodidacta, interactivo y ameno sobre teoría de decisiones basado en tecnología de avanzada.
- Proporcionar al profesor de asignatura un auxiliar en la enseñanza de teoría de decisiones así como en la evaluación del aprendizaje alcanzado por el alumno.
- Poner al alumno en contacto con tecnología de punta al interactuar con hardware y software orientado a multimedia.
- Permitir que sus usuarios lo puedan usar en cualquier computadora PC compatible que soporte el ambiente gráfico Windows.
- Explotar y aprovechar los recursos que brinda la tecnología multimedia para el diseño y construcción de aplicaciones interactivas orientadas a la educación.
- Hacer uso de nuevas formas de interacción hombre-computadora.
- Aprovechar la gran cantidad de computadoras PC con procesador 80286 y superiores que existen en la actualidad, y por lo tanto la gran difusión de la interfaz gráfica de usuario Windows.
- Integrar el uso de sistemas y herramientas multimedia a los programas de estudio de las diversas carreras que se imparten en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El presente trabajo se divide en cinco capítulos y cinco apéndices:

1. La Tecnología Multimedia.
2. Multimedia y Educación.
3. Teoría de Decisiones.
4. Desarrollo del sistema Decis.
5. Conclusiones.

Apéndices:

- a. Hardware para multimedia.
- b. Software para multimedia.
- c. Authorware Professional.
- d. Multimedia en el ambiente Windows.
- e. Conceptos de multimedia.

En el capítulo 1 se exponen en forma resumida los conceptos generales de multimedia, así como las capacidades de esta tecnología en el mundo de las computadoras IBM PC's y compatibles, y en el 2 las ventajas que ofrece la tecnología multimedia como herramienta aplicada a la educación. El capítulo 3 se dedica al marco teórico del análisis de decisiones y a las bases del sistema Decis. El material educativo de este capítulo está contenido en el sistema. El capítulo 4 trata del proceso y la metodología de diseño seguida para el desarrollo del sistema Decis. Finalmente, el capítulo 5 presenta las conclusiones del trabajo.

Los apéndices a y b contienen ejemplos de la tecnología de hardware y software actual para multimedia sobre la plataforma IBM PC y compatibles, y el apéndice c una descripción elemental de las características y filosofía de Authorware Professional, que es la herramienta de autoraje empleada en el desarrollo del sistema Decis. En el apéndice d se describen las características y herramientas proporcionadas por el ambiente Windows 3,1 para el desarrollo y uso de aplicaciones multimedia, y por último, el apéndice e define algunos conceptos de uso frecuente en multimedia.

1

LA TECNOLOGÍA MULTIMEDIA

1. LA TECNOLOGÍA MULTIMEDIA.

INTRODUCCIÓN

Medio: Factor a través del cuál actúa una fuerza o se produce un efecto.

Multimedia: Uso de varios medios de comunicación a la vez a fin de presentar información.

Considerando que el ser humano se comunica de muy diversas maneras y haciendo uso de los más diversos medios (comunicación oral persona a persona, vía telefónica, letra impresa, fotografía, cine, televisión, etc.) se puede decir que la vida es una experiencia multimedia.

Definición de multimedia.

La palabra *multimedia* ha sido utilizada para definir muchos conceptos. En el mundo del cómputo, multimedia se define como "la integración, en una aplicación, de cuando menos tres de cinco tipos de datos susceptibles de ser procesados en una computadora" (definición avalada por la Asociación Mexicana de Multimedia y Nuevas Tecnologías, y por el Laboratorio de Inteligencia Artificial y Multimedia del Instituto de Ingeniería de la UNAM). Estos tipos de datos son:

- audio,
- video,
- animación,
- imagen fija, y
- texto.

El concepto de multimedia implica el uso de hardware adicional al estándar de cómputo (principalmente en IBM PC's) como: tarjetas digitalizadoras y reproductoras de audio, CD-ROM y bocinas, así como el software necesario para hacer uso de estos dispositivos, principalmente. Sin embargo, la creación de aplicaciones denominadas *multimedia* no es producto de la adquisición de este hardware y software, sino de la integración de diversas disciplinas apoyadas en la manipulación de las herramientas de cómputo en diferentes niveles. Un sistema multimedia debe ser capaz de combinar el manejo de información de la televisión y la computadora.

A partir de los ochentas, la tecnología multimedia se ha venido desarrollando a tal grado que promete revolucionar el manejo de la información de forma aún más impactante que la ocasionada por el surgimiento mismo de la PC.

Plataformas para multimedia

Los sistemas multimedia se pueden desarrollar prácticamente sobre cualquier plataforma de cómputo. La computadora a utilizar depende del tipo de aplicaciones que se deseen crear. Las PC's, a pesar de las capacidades que se les pueden agregar por medio de tarjetas de audio y de procesamiento de video, son los equipos más limitados, mientras que las Macintosh son una plataforma ideal para hacer multimedia. La gran ventaja de las PC's es que representan la mayor capacidad instalada en cuanto a equipo de cómputo se refiere (aunque en años recientes el mercado de Macintosh y de estaciones de trabajo se ha incrementado). Esta razón motivó que el sistema Decis fuera desarrollado para la plataforma PC en ambiente Windows 3.1 el que, de acuerdo con un artículo publicado en el PC Semanal del 16 de mayo de 1994, se encuentra instalado en aproximadamente 50 millones de computadoras en todo el mundo. Las plataformas para multimedia se pueden clasificar como:

- IBM PC's y compatibles
- Apple Macintosh
- Commodore Amiga
- Estaciones de trabajo (entre las que se incluye Silicon Graphics)
- Mainframes

Clasificación de equipo PC para multimedia.

Una computadora está diseñada para trabajar con valores discretos en formato *digital*, lo que facilita el procesamiento y almacenamiento masivo de información.

Una PC con capacidades multimedia puede integrar, en una aplicación, datos que le son naturales al ser humano, tales como imágenes, animaciones, voces, video, sonidos y música provenientes de diferentes medios: CD-ROM, compact disc (de música), videocasetes, cámaras de video, laser disc (discos de video), imágenes y/o fotografías digitalizadas por medio de *scanners*, así como de la misma computadora.

El equipo de cómputo PC para multimedia se clasifica como:

- equipo para desarrolladores de aplicaciones
- equipo para usuarios de aplicaciones

El equipo mínimo para desarrolladores de aplicaciones multimedia consta actualmente de:

- CPU 80486 DX2/66 MHz EISA (Extended Industry Standard Architecture)
- 20 Mb RAM
- Resolución SVGA 1024x768 a 256 colores (cuando menos) local bus, con 1 Mb RAM en tarjeta de video
- Disco duro de 1 Gb
- Tarjeta de audio de 16 bits con soporte para MIDI
- Unidad de CD-ROM
- Tarjeta de captura de video
- Tarjeta para exportar video
- Videocassetera y/o Laser Disc indexados, es decir, que pueden ser controlados por la computadora
- Cámara de video
- Scanner de cama a colores
- Unidad de respaldo masivo (por ejemplo, cintas)
- Quemador de CD-ROM (para el caso de distribución de aplicaciones en disco compacto)

El equipo mínimo para usuarios de aplicaciones multimedia consta actualmente de:

- CPU 80386 SX o superior
- 4 Mb de RAM
- resolución VGA a 256 colores (o mejor)
- Disco duro de 200 Mb
- Tarjeta de audio de 8 bits con soporte para MIDI
- Unidad de CD-ROM

La configuración para usuarios de aplicaciones presenta limitaciones, sobre todo en la resolución de video, ya que 640x480 no será suficiente para desplegar aplicaciones hechas con resolución superior.

Interactividad

Un elemento esencial de la tecnología multimedia, y tal vez el más importante, es la *interactividad*, lo cual significa que el usuario tiene el control, lo que ve y escucha es el resultado de sus acciones y decisiones. Una experiencia interactiva muy familiar es la de conducir un automóvil; en esta actividad el conductor tiene el control sobre el vehículo. La clave está en que la interactividad requiere control. Las personas siempre se sienten más a gusto cuando tienen el control, y un ambiente de esta naturaleza las hace más receptivas a nueva información y a nuevas situaciones. El impacto potencial de multimedia es mayor que el de la televisión y de las publicaciones juntas, debido a que la tecnología multimedia no sólo integra el poder audiovisual de la televisión con el de las publicaciones (texto, gráficos e imágenes fijas), sino que además agrega la capacidad de la interacción.

Creación de aplicaciones multimedia

Las aplicaciones multimedia son creadas utilizando diversas metodologías, por grupos multidisciplinarios de expertos o por una sola persona dependiendo de la envergadura del proyecto. La realización de una aplicación multimedia generalmente requiere las siguientes actividades:

- escritura de guiones
- diseño artístico
- programación de computadoras
- producción y post-producción de video
- producción y post-producción de audio
- procesamiento (digitalización y edición) de imágenes
- diseño de interfaces de usuario
- diseño de arquitectura multimedia

Las capacidades de la tecnología multimedia pueden ser aprovechadas en muchas áreas del quehacer humano, por ejemplo, para proveer soporte visual a las conferencias ante audiencias de cualquier tamaño. La facilidad que ofrece para crear presentaciones excitantes y la flexibilidad proporcionada por la interactividad, al momento de presentarlas, harán que las conferencias, ponencias y presentaciones de cualquier índole sean uno de sus mayores mercados.

En la actualidad, la mayoría de las conferencias se realizan con el apoyo de acetatos o diapositivas, y a pesar de que, en muchos casos, la computadora se emplea ampliamente en su diseño y creación, estos medios tienen varias desventajas si se les compara con multimedia, como se muestra en la figura 1.i.

Otro de los campos donde multimedia tiene un gran futuro, y que es de especial interés en este trabajo, es el de la educación. El principio básico de la educación o capacitación apoyada en multimedia es que el estudiante capta y comprende los conceptos presentados de forma más eficiente que cuando sólo lee o escucha acerca de ellos. El aprendizaje es aún más efectivo cuando el estudiante además interactúa con la información. En un ambiente multimedia aprende al ver, escuchar y hacer, trabajando por sí mismo y a su propia velocidad.

La capacitación interactiva por computadora no es nada nuevo ya que se ha utilizado ampliamente por más de una década bajo el nombre de *entrenamiento basado en computadora* (CBT Computer Based Training). De hecho, multimedia nació del CBT. Los primeros sistemas de entrenamiento por computadora que eran capaces de reproducir audio y/o video requerían un gran número de equipos analógicos conectados a la computadora digital. Los sistemas multimedia de la actualidad son más integrados, compactos y baratos debido a que ahora el audio y el video se reproducen utilizando dispositivos digitales, y toda la información es almacenada, procesada y controlada por una computadora.

	ACETATOS	DIAPPOSITIVAS	MULTIMEDIA
creación	Puede ser diseñado en computadora, requiere impresión en acetatos	Puede ser diseñada en computadora, requiere procesamiento fotográfico	Diseño en computadora
cambios	Requiere rediseño y reimpresión del acetato	Requiere rediseño y nuevo procesamiento fotográfico	Cambios directos en la computadora
tiempo necesario para crear un cambio	Horas	Días	Minutos
Estilo de la presentación	No profesional	Profesional pero con flexibilidad limitada	Profesional con alto grado de flexibilidad
audio	No	No	Sí
video	No	No	Sí

Figura 1.1

Una clase especial de capacitación en la que multimedia tiene importantes ventajas es la ayuda en línea o tutoriales, que se pueden encontrar en la mayoría de las aplicaciones de la actualidad. Estos sistemas están basados en texto casi en un 100%, no obstante, el uso del *hipertexto* se está haciendo cada vez más común. En un sistema de hipertexto, el usuario puede señalar una palabra o una frase y saltar inmediatamente a información más detallada acerca del tema seleccionado. Sin embargo, los sistemas de ayuda se vuelven más agradables y versátiles cuando se usa información en forma de audio, video y/o animaciones de la misma forma que se usa el hipertexto, esto recibe el nombre de hipermedia.

Aunque las bases de datos de los sistemas de ayuda en línea pueden contener toda la información que el usuario necesita, es difícil presentarla de forma amigable utilizando sólo texto, especialmente a usuarios que no están familiarizados con el uso de computadoras. Con multimedia, el texto puede ser reemplazado por voz (audio) en su mayor parte y, donde sea de utilidad, la presentación también puede incluir audio (distinto a la voz) y video o animaciones para explicar conceptos confusos. El resultado es que el usuario percibe que la aplicación entera es más amigable y más fácil de entender y de operar al reducirse la carga cognitiva (trabajo necesario para asimilar un tema). Por ejemplo, el Laboratorio de Multimedia del Instituto de Ingeniería de la UNAM en colaboración con el Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina de la UNAM desarrolló un sistema educativo multimedia sobre el ciclo cardiaco humano, los estudiantes que usaron este sistema requirieron entre 25% y 30% menos tiempo para aprender el tema que los estudiantes que utilizaron métodos tradicionales.

1.1 La PC y Multimedia

La tecnología multimedia demanda gran poder de cómputo. Esta demanda surge principalmente de las necesidades de presentación de video. Las aplicaciones multimedia exigen mucho trabajo al sistema de video de la computadora al desplegar rápidamente imágenes complejas. Esto significa que la computadora debe ser capaz de recuperar rápidamente

información de video del almacenamiento masivo, procesarla y pasarla al subsistema de video para su presentación. El video de alta calidad (alta resolución y mayor cantidad de colores) hace esta demanda aún mayor. Los archivos de video digital son tan grandes que son prácticamente imposibles de manejar sin usar técnicas de compresión. La compresión de video requiere procesamiento de la computadora para eliminar redundancias en las imágenes.

La resolución VGA (Video Graphics Array) estándar tiene 640x480 pixeles lo que da un total de 307,200 pixeles en una imagen que ocupe toda la pantalla. Para convertir este número en una cantidad de datos, es necesario tomar en cuenta el número de colores que pueden ser desplegados por cada pixel. En un sistema VGA de 16 colores se necesitan 4 bits por cada pixel o un byte por cada dos pixeles. Por lo tanto, una imagen que abarque toda la pantalla en 16 colores requiere 153,600 bytes de datos (640x480/2). La calidad de las imágenes que se pueden presentar con un sistema VGA de 16 colores no es suficiente para desplegar aplicaciones multimedia realizadas en resoluciones y cantidad de colores superiores.

Las imágenes de video requieren calidad fotográfica para lo cual es necesario manejar más de 16 colores. Existen sistemas que pueden desplegar hasta 16,777,216 colores usando 24 bits (3 bytes) de datos por cada pixel (640*480*3=921,600 bytes necesarios para guardar una imagen que ocupe toda la pantalla).

Para reproducir video usando imágenes de computadora, es necesario desplegar imágenes a una velocidad de cuando menos 15 cuadros por segundo. Para el sistema VGA de 16 colores, 15 imágenes por segundo significan 4.6 Mb de datos por segundo, para el sistema VGA de 16.7 millones de colores significan 13.824 Mb de datos por segundo. Estos números están fuera de la capacidad de las computadoras actuales. A fin de tener video en una PC es necesario usar varios trucos que han sido desarrollados para reducir los requerimientos de datos de video.

Como ya se ha dicho, existen numerosos tipos de computadoras en el mercado entre las que se encuentran las IBM PC's y compatibles, las Apple Macintosh, las estaciones de trabajo (SUN, HP, Silicon Graphics, NeXT, etc.) y mainframes. Todas estas computadoras pueden hacer multimedia si se les equipa adecuadamente. Sin embargo, el propósito del presente trabajo es presentar el estado actual de multimedia en PC's y sobre todo en Windows, ya que el sistema Decis fue desarrollado para esa plataforma.

HARDWARE

El microprocesador

La arquitectura de todas las PC's (hasta antes del Power PC y Pentium) está basada en microprocesadores de la familia Intel 80x86. El corazón del sistema es el microprocesador que está conectado a los buses del sistema, al que también se conectan todos los otros dispositivos que conforman la PC. Como el bus es en paralelo, cualquier dispositivo puede comunicarse con los demás siempre bajo el control del microprocesador. Normalmente el bus (líneas de conexión de todos los componentes de la computadora) se localiza físicamente en la tarjeta principal (mother board).

El microprocesador determina la velocidad y las capacidades de la PC. Además de la frecuencia a la que trabaja el microprocesador, existe otra forma de medir su velocidad que es en *millones de instrucciones por segundo* (MIPS). Una aplicación multimedia se beneficia con un microprocesador más rápido. Los microprocesadores 80386 y 80486 tienen dos variantes: "SX" y "DX". Las versiones "SX" manejan buses de 16 bits, mientras que las versiones "DX" manejan buses de 32 bits. El software multimedia trabaja bien en arquitecturas basadas en microprocesadores "SX" pero es preferible usar versiones "DX" para obtener mejores resultados, aunque este no es el único requisito para mejorar el desempeño de las aplicaciones multimedia.

Ram

Otra parte muy importante de la computadora es la RAM (Random Access Memory). Permite el almacenamiento temporal de los datos y programas que están siendo usados por el microprocesador. Mientras más memoria RAM tenga un sistema, funcionará mejor. La tecnología multimedia requiere cuando menos 16 Mb de RAM en computadoras usadas para autoraje de aplicaciones.

El sistema de video

El sistema de video en todas las PC's usa un mecanismo de *memoria mapeada* en el cual una región de memoria guarda los valores de todos los píxeles a ser desplegados en la pantalla. Para crear una imagen, el adaptador de video lee esta sección de memoria a una gran velocidad y convierte los valores de los píxeles en señales que controlan el dispositivo de video (generalmente un monitor). Este proceso requiere gran cantidad de actividad en memoria para leer los datos y refrescar la pantalla. La frecuencia típica a la que trabaja este mecanismo es de 60 ciclos por segundo.

Como consecuencia de lo anterior, un sistema VGA de 16 colores accesa 9.22 millones de bytes por segundo. El bus del sistema no podría transmitir a esta velocidad aún cuando fuese lo único que hiciera. Para resolver este problema, los adaptadores de video incluyen su propia memoria para almacenar los datos que se ven en pantalla. El bus del sistema es utilizado para actualizar la información contenida en esta memoria.

Para mejorar el desempeño de las aplicaciones multimedia es recomendable el uso de aceleradores gráficos.

El sistema de audio

La capacidad de una PC para producir sonido consiste de una pequeña bocina controlada por una salida de un bit de la computadora. Al enviar secuencias de 1's y 0's, variando la frecuencia, se logra una gran cantidad de sonidos. Sin embargo, estos sonidos son artificiales y no son aplicables a ningún sonido cercano a lo real y mucho menos a audio de calidad CD. La misma situación se presenta en lo referente al video.

Para mejorar la calidad del sonido que una PC puede reproducir, es necesario agregarle una tarjeta de audio.

Almacenamiento masivo

La velocidad de los dispositivos de almacenamiento masivo está determinada por el factor al cual pueden leer del medio de almacenamiento. Esta operación también requiere gran cantidad de trabajo por parte del microprocesador. Las aplicaciones multimedia requieren grandes cantidades de espacio en disco duro debido a la información de audio, video, animaciones e imágenes fijas que manejan. Multimedia requiere que los dispositivos de almacenamiento masivo, además de tener gran capacidad para contener información, sean lo más rápidos posible.

Cd-Rom

Los sistemas de memoria de sólo lectura basados en CD son importantes medios de almacenamiento y distribución de aplicaciones multimedia. La tecnología CD-ROM permite almacenar hasta 680 Mb (en el *PC Semanal* del 9 de abril de 1994 se publicó un artículo en el que se dice que en investigaciones recientes se ha logrado almacenar de 1.5 hasta 2 Gb de información y se espera llegar hasta los 5 Gb) de información en un sólo disco compacto de 12

cm. Esta tecnología está basada en la de los reproductores de discos de audio y por lo tanto no es costosa.

SOFTWARE

El software multimedia debe realizar las tareas de forma que presente imágenes aceptables, audio y video de calidad. El audio y el video deben ser reproducidos sin retardos ni distorsiones. El software debe responder de forma efectiva a la interacción con el usuario y debe ser lo suficientemente flexible para permitir la realización de las diferentes metáforas (simulación en la computadora de instrumentos reales) de presentación que se requieren para cubrir un amplio rango de aplicaciones. Algunas de las demandas de este tipo de software exceden las capacidades de la PC más poderosa, por lo que se hace necesario el uso de hardware extra que auxilie a la arquitectura básica de la PC. Esto se cumple especialmente en el caso de reproducción de audio y video. Además del sistema operativo, el software requerido para hacer multimedia se clasifica en:

- *Software para creación.* Dentro de esta categoría se encuentran todos aquellos programas cuyo objetivo es permitir al autor crear materiales para aplicaciones multimedia. Como ejemplo de estos se tienen los programas de diseño gráfico y dibujo como Corel Draw y Paint Brush; así como los que sirven para crear animaciones: 3D Studio y Animator Pro entre otros.
- *Software para edición.* Esta categoría incluye aquellos programas que permiten al autor editar y/o modificar los elementos creados previamente con otras herramientas. Como ejemplo de estos programas se tienen los editores de imágenes como Photo Finish que vienen con los dispositivos *scanner*. Después de capturar una imagen con el *scanner*, se utiliza el programa editor para retocarla. Otro ejemplo de este tipo de software es el que viene con las tarjetas de audio que además de permitir grabar sonidos en la computadora, permite editarlos y agregarles efectos tales como eco o filtros.
- *Software para integración.* Una vez que se han creado todos los elementos es necesario integrarlos en una aplicación. La integración se puede hacer utilizando lenguajes de programación de tercera generación como Pascal o C, o bien, lenguajes de cuarta generación o sistemas de autoraje (de los que se hablará más adelante).

Sistema Operativo

El sistema operativo es el software que administra el uso de los recursos de la computadora. Normalmente incluye un sistema de archivos y un sistema de entrada/salida. También incluye una interfaz para programación de aplicaciones (*application programming interface*, API), que permite a los programadores tener acceso a los recursos de la computadora desde sus programas. El API está estandarizado, de manera que permanece sin cambios sin importar el hardware sobre el que esté trabajando.

A fin de lograr independencia del hardware, los sistemas operativos normalmente se dividen en núcleo (*kernel*) y controladores (*drivers*). El núcleo provee todas las funciones básicas del API, mientras que los controladores permiten al núcleo administrar dispositivos específicos. Es por esta razón que para instalar un nuevo periférico a una computadora sólo se necesita agregar los controladores apropiados sin tener que modificar el núcleo del sistema operativo. Sin embargo, algunas veces, los nuevos periféricos agregan características que requieren cambios en el API. En estos casos, lo más común es proveer *extensiones* al sistema operativo. Una extensión es un módulo de software que modifica o amplía las capacidades del API. El caso típico de esta situación es cuando se agrega una unidad de CD-ROM a la computadora. Para poder hacer uso de esta unidad, es necesario agregar extensiones al sistema operativo que tengan acceso al nivel de los controladores.

En los sistemas operativos para un sólo usuario y una sola tarea, como MS-DOS, es común que todos los ciclos de bus se dediquen a atender las demandas del disco duro cuando se

realiza un proceso de lectura/escritura. Esto significa que al hacer una lectura o escritura al disco duro el sistema se detiene a esperar que este proceso termine. En multimedia esto no se puede permitir. Se han realizado diversas soluciones a este problema vía software, pero la solución real es la *multitarea* (capacidad de algunos sistemas operativos, tales como UNIX, de realizar varias tareas de forma concurrente). En los sistemas multitarea; los recursos de la computadora como CPU, Buses, dispositivos de almacenamiento, etc.; no son acaparados por una sola aplicación o por una sola tarea dentro de una aplicación.

Las aplicaciones multimedia exigen demasiado al sistema operativo debido a la gran cantidad de información que manejan y el tiempo en el que ésta debe ser presentada. Cuando el sistema de sonido necesita nuevos datos, el sistema operativo debe entregarlos de inmediato o el audio se interrumpirá. Multimedia requiere que el sistema operativo tenga una estrategia para suministrar datos y ciclos de reloj de forma concurrente a varias actividades paralelas.

A pesar de correr sobre MS-DOS, que es un sistema para un sólo usuario y para una sola tarea, Microsoft Windows 3.x brinda algunas de las características de los sistemas multitarea, incluyendo comunicación entre procesos.

Multimedia agrega sus propios recursos que deben ser administrados por el sistema operativo. Una prueba clara de esto es la extensión MSCDEX agregada a MS-DOS. Esta extensión permite al sistema operativo soportar dispositivos de CD-ROM.

Microsoft también ha introducido *Multimedia Extension* para Windows. Dentro de esta se encuentra MCI (*Media Control Interface*). MCI es una interfaz API generalizada que teóricamente permite a las aplicaciones multimedia incluir software y hardware de diferentes fabricantes. Es importante contar con una arquitectura que permita a cualquier aplicación trabajar con cualquier hardware debido a que hay muchas posibilidades para lo que multimedia puede hacer.

MCI provee un medio al sistema operativo de enviar comandos tipo texto a los dispositivos periféricos. Con MCI cada dispositivo multimedia responde a un conjunto de comandos de texto, usando un lenguaje de control. El sistema operativo sólo tiene capacidad para enviar comandos de tipo texto a los controladores de dispositivos. Cada dispositivo debe tener su propio programa controlador que lo conecte al MCI y por lo tanto, al sistema operativo. MCI también provee otra interfaz estandarizada para llamar funciones desde lenguajes de programación como "C". Esta interfaz provee mayor flexibilidad que la basada en texto. MCI también permite la comunicación entre procesos.

Sistemas de autoraje para multimedia

Las aplicaciones multimedia pueden ser creadas utilizando lenguajes de programación de propósito general como C, o pueden ser creadas con muy poca programación utilizando un sistema de autoraje.

Existen diversos sistemas de autoraje en el mercado. Algunos de estos trabajan con un lenguaje de programación *fácil-de-usar* adaptado a multimedia, mientras que otros se apoyan en una filosofía "point-and-click" en la cual el autor tiene que elegir objetos con el mouse para ir construyendo su aplicación.

Un buen sistema de autoraje es la herramienta principal para crear aplicaciones multimedia. Cuando una PC corre un programa, éste le dice qué hacer. El programa normalmente se encuentra en la forma de uno o más archivos. Los archivos de un programa contienen instrucciones que el microprocesador debe ejecutar para producir la aplicación. Por esa razón se les llama archivos ejecutables. El autor de la aplicación normalmente no verá estas instrucciones debido a que trabajan a muy diversos niveles. Un sistema de autoraje presenta la aplicación al autor a través de una interfaz que es más fácil de entender que las instrucciones de computadora.

El proceso de autoraje puede ser realizado en lenguajes como C, BASIC o Pascal. Estos lenguajes trabajan a niveles más fáciles de entender que el código de máquina. Cuando un programador termina de escribir su programa lo compila para convertirlo en instrucciones que puede entender el microprocesador. Sólo después de haberlo compilado, el programador puede probar su programa ejecutando el archivo generado con extensión EXE. Un sistema de autoraje hace posible que el autor mantenga un nivel alto de abstracción en sus aplicaciones sin necesidad de programar demasiado.

Lo primero y más importante es que un sistema de autoraje le da al autor una forma de describir qué información contendrá la aplicación y qué hará esta. Esto se puede lograr gracias a algún lenguaje de programación fácil de usar. Alternativamente, un sistema de autoraje puede usar una descripción gráfica de la aplicación que puede ser manipulada por el autor. Algunos sistemas de autoraje permiten ambas formas de trabajar. En cualquier caso, el sistema de autoraje se encarga de la tarea de convertir (compilar) la aplicación en un archivo ejecutable por la computadora. Este proceso puede ser invisible para el autor.

Algunos sistemas de autoraje usan un *intérprete* en vez de, o además de un compilador para crear las instrucciones ejecutables por la computadora para probar la aplicación. Un intérprete lee el programa de alto nivel y envía instrucciones directamente a la computadora en tiempo real. La ventaja de un intérprete es que el autor puede probar su aplicación en cualquier momento que lo desee sin necesidad de tener que esperar a que el compilador cree un archivo ejecutable. Una desventaja es que el intérprete puede ser más lento que una aplicación compilada.

Los sistemas de autoraje tienen herramientas asociadas particularmente con los diversos elementos necesarios para crear aplicaciones multimedia como audio, video y animaciones.

La mayoría de los sistemas tratan de minimizar la tarea de programación en el proceso de autoraje usando un lenguaje simplificado o una interfaz gráfica.

El sistema Decis fue desarrollado utilizando un sistema de autoraje con interfaz gráfica, este sistema de autoraje es Authorware Professional para Windows, ver. 2.0 y se describe en el apéndice C.

Aplicaciones Multimedia

Los programas de las aplicaciones multimedia pueden existir como simples archivos ejecutables, o bien pueden constar de un archivo de comandos junto con un módulo ejecutable. En la mayoría de los casos, los elementos (audio, video e imágenes) requeridos por la aplicación deben guardarse en archivos separados de los archivos de comandos y ejecutable. Sólo las aplicaciones multimedia más simples podrían caber por completo en un archivo de tamaño razonable.

1.2 Audio en Multimedia

La bocina con que cuentan todas las computadoras personales es simple y pequeña. La diferencia que existe entre estas bocinas y una tarjeta de audio es similar a la que hay entre dos vasos de plástico conectados a través de un hilo y el teléfono. La bocina de una PC sólo puede dar una ligera prueba de lo que es posible hacer con multimedia.

Tipos de archivos de sonido

Archivos de sonido de forma de onda

Un archivo de sonido de forma de onda almacena los datos necesarios para reconstruir la forma de onda que produce un sonido dado. El sonido es grabado utilizando medios digitales mediante un proceso conocido como *sampling* (muestreo y conversión A/D) con el que se logra la representación digital de un sonido analógico. Debido al volumen de información almacenada, este tipo de archivos normalmente son muy grandes. Cuando se reproduce un archivo de este tipo se escuchan sonidos similares sin importar el equipo utilizado en la reproducción. La única diferencia es la calidad del sonido.

El controlador (de Windows) de la bocina de las PC's solamente puede trabajar con archivos de forma de onda con extensión WAV. Existen otros tipos de archivos de forma de onda

pero no pueden ser reproducidos con la bocina de la PC desde Windows a menos que sean convertidos a archivos WAV.

Desde el ambiente Windows es fácil reproducir archivos WAV. Una vez que los controladores han sido instalados cualquier aplicación que soporte archivos WAV puede reproducirlos automáticamente. Windows puede ser configurado fácilmente para producir un sonido (reproducir un archivo WAV) cada vez que ocurre un suceso. Windows tiene definidos sonidos del sistema que son reproducidos cada vez que determinados sucesos del sistema ocurren. Por ejemplo, el suceso más común del sistema es la exclamación; esta suena cada vez que el usuario trata de mover el cursor más allá de los márgenes de un documento en un procesador de texto. El sonido definido para este suceso está en el archivo chord.wav pero puede ser cambiado desde la caja de diálogo de sonidos que se encuentra en el Panel de Control y que se muestra en la figura 1.2.1.

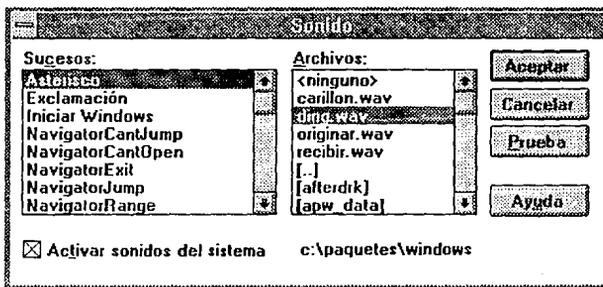


Figura 1.2.1 Caja de diálogos de sonidos del Panel de Control de Windows 3.1

En la parte izquierda de esta caja de diálogo está la lista de sucesos del sistema y en la parte derecha se encuentra la lista de archivos WAV. Cada archivo WAV puede ser asociado a un suceso en el sistema desde esta ventana. Cada sonido del sistema se genera bajo ciertas condiciones dependiendo de los programas en uso pero siguiendo un estándar:

- **Asterisco.** Este normalmente ocurre para alertar al usuario sobre algo; no tiene que ser un error.
- **Alto Crítico.** los programadores generalmente guardan este suceso para situaciones de problemas serios, como cuando un programa no puede continuar debido a un error serio.
- **Beep Default.** Este sonido se escucha cuando el programador genera una advertencia o cuando el sonido deseado no pudo ser encontrado.
- **Exclamación.** Cuando un programa necesita presentar información que no requiere elecciones.
- **Pregunta.** Este evento es generado, normalmente, junto con una caja de diálogo.
- **Iniciar Windows.** El sonido es reproducido cada vez que se inicia Windows.
- **Terminar Windows.** El sonido es reproducido al salir de Windows.

Archivos de sonido MIDI

Los archivos de sonido MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) no son de forma de onda, guardan las instrucciones, como notas y su duración, necesarias para reconstruir el sonido. Sólo pueden ser usados para guardar música o efectos de sonido. Dependiendo del equipo usado para reproducir el sonido, este puede sonar diferente. Debido a que los archivos MIDI contienen instrucciones en vez de los datos reales del sonido, la bocina de la PC no puede reproducirlos. La extensión de los archivos MIDI es MID. Para poder generar sonidos a partir de un archivo MIDI se necesita un sintetizador (ya sea una tarjeta de sonido que soporte MIDI o bien una tarjeta que

comunique con un sintetizador externo). El formato MIDI puede ser usado para crear música original para las aplicaciones multimedia.

MIDI permite comunicar a las computadoras con instrumentos musicales electrónicos y viceversa. Debido a que los archivos MIDI no contienen información acerca de sonidos sino de notas, es necesario contar con algún dispositivo que genere sonidos a partir de notas. La mayoría de las tarjetas de sonido soportan MIDI. Por ejemplo, las dos tarjetas de sonido más populares (Pro Audio Spectrum Y Sound Blaster) cuentan con sintetizadores integrados. Estos sintetizadores reciben información MIDI y reproducen los sonidos apropiados. Existen tarjetas con sintetizadores más sofisticados como la Roland SCC-1 o la Turtle Beach's MultiSound.

Ya se mencionó que una tarjeta de sonido (como la Sound Blaster) genera sonidos MIDI por medio de un sintetizador. Existen diversos tipos de sintetizadores cada uno de los cuales genera los sonidos de distinta manera. Los primeros sintetizadores podían generar sólo sonidos simples y sólo uno a la vez. Para generar dos sonidos a la vez era necesario utilizar dos sintetizadores.

Como los sintetizadores son dispositivos electrónicos se diseñaron nuevos modelos en los que un sintetizador controlaba el funcionamiento de otros. MIDI es el método por medio del cual se realiza la comunicación en estos nuevos sintetizadores.

En un instrumento musical MIDI no existen cuerdas que rasgar, superficie que golpear o cámaras de resonancia como en los instrumentos tradicionales. Cuando se presiona una tecla de un instrumento MIDI se genera un voltaje proporcional a la nota que se desea tocar. El sintetizador, entonces, genera un sonido correspondiente a este voltaje. Algunos sintetizadores tienen almacenados internamente los sonidos y sólo los reproducen de acuerdo al voltaje detectado; otros, generan una forma de onda lo más parecida al sonido correspondiente a la nota que deben reproducir.

Sonido Digital

En el pasado, la tecnología necesaria para grabar o crear sonidos digitales se encontraba solamente en los grandes estudios de grabación. Actualmente, es posible grabar sonidos digitales con una PC, una tarjeta de sonido, y un micrófono. Esto hace más fácil integrar sonido digital a las aplicaciones multimedia.

El sonido digital se logra *muestreando* el sonido analógico. El sonido analógico es, desde el punto de vista matemático, una forma de onda aleatoria compuesta por valles y picos de energía. El oído convierte esta energía en el increíble rango de sonidos que el ser humano es capaz de escuchar. La forma de onda de sonido más simple es la senoidal que se muestra en la figura 1.2.2.

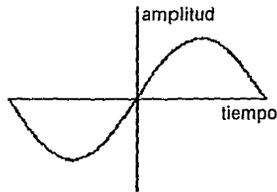


Figura 1.2.2 Forma de onda de un sonido puro

Los picos y los valles de esta forma de onda son simétricos, la distancia entre picos es siempre la misma. La forma de onda típica de un sonido se muestra en la figura 1.2.3.

Un sonido, en general, es más complejo que una onda senoidal debido a que los sonidos generalmente son una mezcla de gran cantidad de otros sonidos muy diferentes. Por ejemplo, cuando se rasga la cuerda de una guitarra no se obtiene sólo un sonido sino varios. La cuerda no vibra solamente a lo largo de toda su longitud sino en pequeñas secciones también. Estos sonidos

adicionales reciben el nombre de armónicas. Cada instrumento tiene un patrón de armónicas característico. Además de las armónicas, las características del sonido varían con el tiempo.

La forma de onda de un sonido contiene toda la información acerca del mismo. Por ejemplo, mientras más grandes son los picos (amplitud) más fuerte es el sonido. Mientras mayor es la distancia entre los picos (período) más bajo es el sonido.

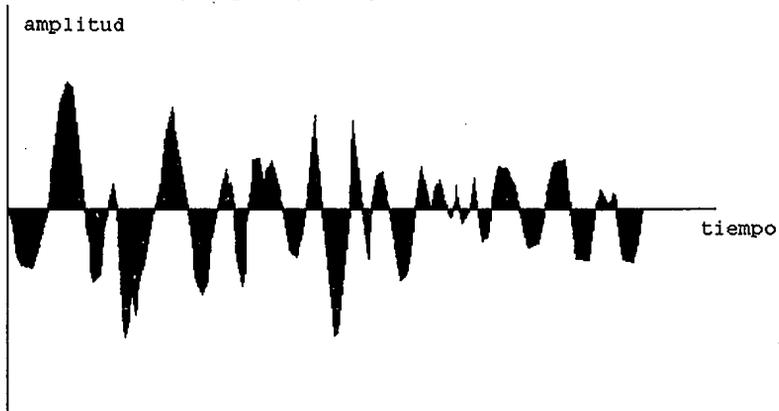


Figura 1.2.3 Forma de onda típica de un sonido

Grabación de sonido digital

Antes de que aparecieran las técnicas de grabación digital, el sonido era grabado mediante un proceso llamado *grabación analógica*. Este proceso trataba de imitar la forma de onda de los sonidos. En la figura 1.2.4 se muestra la forma de onda de un sonido analógico. En vez de tratar de imitar la forma de onda del sonido, un grabador digital muestrea (sampling) el sonido a intervalos determinados.

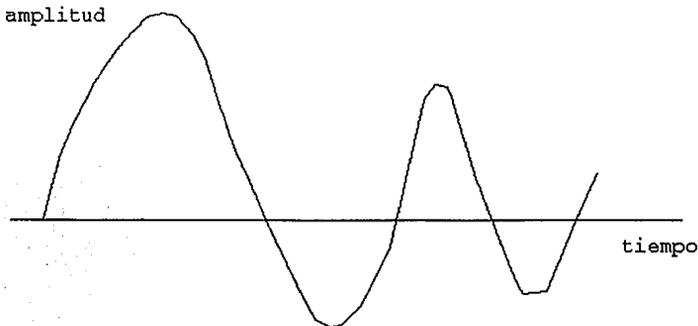


Figura 1.2.4 Forma de onda de un sonido analógico

Si se aplica a la onda de la figura 1.2.4 el proceso de muestreo descrito, se obtendrá una señal digitalizada como la que se muestra en la figura 1.2.5.

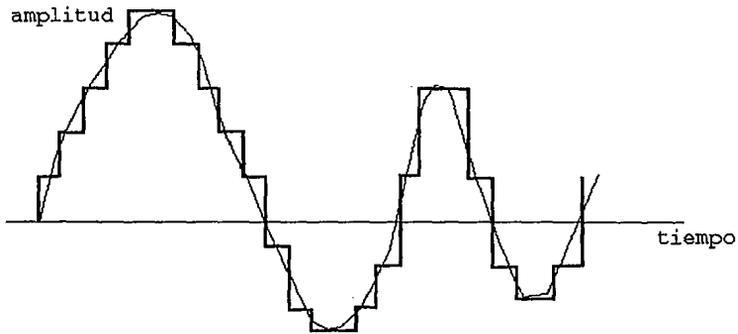


Figura 1.2.5 Representación digital de una señal de sonido

La dirección horizontal mide el tiempo y la dirección vertical mide la amplitud. El muestreo digital no captura todos los detalles de la forma de onda sino que se limita al valor de cada punto de muestreo. Sólo estos puntos de la forma de onda son guardados digitalmente. El valor del tiempo es determinado por el factor de muestreo y el valor de la amplitud es determinado por la altura de la señal analógica.

Este proceso genera una gran cantidad de datos. Si se graba a una frecuencia de 11 KHz, usando una tarjeta de audio de 8 bits, el muestreo necesita de 11,000 bytes por segundo de grabación. Obviamente mientras menor sea el factor de muestreo mayor será la cantidad de muestras y por lo tanto la calidad del sonido digital grabado, con la desventaja de que también se necesitará mucho más espacio para guardar el sonido grabado.

Reproducción de sonido digital

Cuando el sonido analógico se graba digitalmente, la forma de onda se convierte en una serie de muestras (figura 1.2.5), cada una representando un punto de la onda original. Para poder reproducir el sonido es necesario reconstruir la forma de onda del sonido analógico a partir de las muestras digitales. Para hacer esto, el dispositivo (tarjeta de audio) empleado genera una forma de onda que va conectando los puntos de las muestras digitales.

Debido a que la información digital es solamente una aproximación de la información analógica (lo analógico es continuo por naturaleza, lo digital es discreto por naturaleza), la forma de onda reconstruida no es una copia exacta de la original como se muestra en la figura 1.2.6.

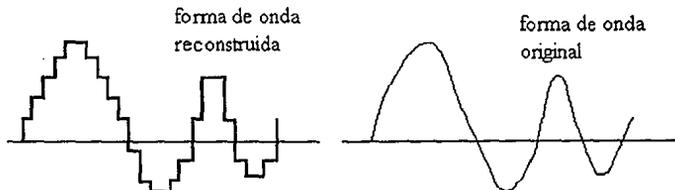


Figura 1.2.6 Señal reconstruida a partir de muestras digitales vs. señal analógica original

Para aumentar la precisión de la forma de onda reconstruida digitalmente es necesario aumentar, al momento de realizar la grabación, el número de muestras por unidad de tiempo (factor de muestreo) o bien, incrementar el número de bits usados para almacenar la información (resolución de la grabación -con 8 bits por palabra se pueden tener hasta 256 valores distintos, si la palabra es de 16 bits el número de valores distintos es de 65,536). Algunos factores de muestreo típicos son: 11, 22, y 44.1 KHz.

Hay una regla fundamental para digitalizar una señal analógica: el factor de muestreo tiene que ser del doble de la frecuencia más alta a ser grabada. La frecuencia más alta que se puede grabar a un factor de muestreo dado se llama *frecuencia de Nyquist*. Esto se debe a que, sin importar el factor de muestreo usado, se presentan distorsiones y formas de onda incorrecta si hay frecuencias por arriba del límite de Nyquist. La solución a este problema es eliminar las frecuencias mayores a una y media veces la frecuencia de muestreo antes de grabar el sonido. Esto se logra utilizando filtros paso-bajas.

El oído humano puede captar frecuencias que van desde los 20 Hz hasta los 20 KHz, por lo que para poder grabar digitalmente toda la gama de frecuencias que el oído puede captar es necesario usar una frecuencia de muestreo de cuando menos 40 KHz. El factor de muestreo "estándar" más cercano es de 44.1 KHz que se usa en todos los compact disc.

Las tarjetas de sonido comerciales (como la Sound Blaster) crean el sonido por medio de un método llamado *síntesis FM (Frecuencia Modulada)*. Esta es la misma técnica usada por las estaciones de radio de la banda FM. La tarjeta de sonido modula (varía) las frecuencias para emular los sonidos de los diversos instrumentos. Este no es un método de alta fidelidad. Otras tarjetas de sonido como la Roland SCC-1 o la Turtle Beach's Multisound tienen, almacenadas en memoria interna, grabaciones de sonidos de instrumentos reales. Este tipo de tarjetas reproducen los sonidos con mayor precisión, pero son más costosas.

Además de esta diferencia entre las tarjetas de sonido existe otra. Hay tarjetas para multimedia de 8 y de 16 bits. Usando 8 bits se pueden tener hasta 256 (2⁸) combinaciones distintas. Usando 16 bits, se pueden tener hasta 65,536 (2¹⁶) combinaciones distintas. Con una tarjeta de 8 bits una señal analógica se puede digitalizar en muestras cada una de las cuales puede tomar uno de 256 valores distintos. Con una tarjeta de 16 bits las mismas muestras de la señal analógica pueden tomar uno de 65,536 valores distintos. Esto trae como consecuencia que una tarjeta de 16 bits tenga mayor fidelidad que una de 8 bits para algunos propósitos tales como grabación digital de voz.

Conforme el factor de muestreo se incrementa, la cantidad total de información también se incrementa. Por ejemplo, a 11 KHz, un factor de muestreo usado comúnmente en las tarjetas de 8 bits, hay 11,000 bytes de datos cada segundo. A 44.1 KHz, un factor de muestreo común en las tarjetas de 16 bits, hay 88,200 bytes cada segundo (cada muestra usa 2 bytes = 16 bits). Con ese factor de muestreo, un minuto de grabación contiene 5,292,000 bytes de datos, es decir, más de 5 Mb por minuto. Si la grabación se hace en estéreo, la cantidad de información se duplica. Un compact disc puede almacenar, en promedio, 680 Mb de datos, lo que representa más de una hora de tiempo de grabación en estéreo.

El espacio requerido no es la única limitante para realizar grabaciones digitales en una computadora, dependiendo de la velocidad de la misma y del disco duro hay algunas frecuencias de grabación que no todas las PC's soportan como se muestra en la figura 1.2.7.

CPU	Modo de grabación	Máxima frecuencia de grabación
286	mono	44 KHz
286	estéreo	22 KHz
386 SX	mono	44 KHz
386 SX	estéreo	32 KHz
386	mono	44 KHz
386	estéreo	44 KHz
486	mono	44 KHz
486	estéreo	44 KHz

Figura 1.2.7 Máximas frecuencias de grabación para los CPU's actuales

Los números de la figura 1.2.7 son sólo estimados y pueden variar dependiendo de la velocidad del disco duro utilizado. En la figura 1.2.8 se muestra la cantidad de datos que deben ser grabados al disco duro por minuto a diferentes factores de muestreo.

Frecuencia de grabación	Resolución	Modo	Cantidad de datos a ser escritos por minuto
11 KHz	8 bits	mono	661 Kb
11 KHz	8 bits	estéreo	1.3 Mb
11 KHz	16 bits	mono	1.3 Mb
11 KHz	16 bits	estéreo	2.6 Mb
22 KHz	8 bits	mono	1.3 Mb
22 KHz	8 bits	estéreo	2.6 Mb
22 KHz	16 bits	mono	2.6 Mb
22 KHz	16 bits	estéreo	5.3 Mb
44.1 KHz	8 bits	mono	2.6 Mb
44.1 KHz	8 bits	estéreo	5.3 Mb
44.1 KHz	16 bits	mono	5.3 Mb
44.1 KHz	16 bits	estéreo	10.5 Mb

Figura 1.2.8 Factores de grabación digital

Quando se graban archivos de audio en el disco duro y se desea compactarlos, es necesario asegurarse de usar un buen algoritmo de compactación para audio por varias razones. Los programas de compresión hacen que el tiempo de acceso del disco se incremente, por lo tanto, se requerirá más tiempo para leer un archivo de audio y la reproducción se escuchará entrecortada. Al comprimir y descomprimir un archivo de audio, dependiendo del algoritmo de compresión usado, se puede perder parte de la información que éste contenía antes de ser comprimido, por lo tanto, el sonido grabado perderá calidad, y en algunas ocasiones, se perderá completamente. Algunos programas de compresión funcionan sólo para los datos repetitivos, si se encuentra un patrón dentro de un archivo, es salvado sólo una vez con lo que el espacio que se requiere se reduce. El audio digital es complejo y presenta pocos patrones repetitivos -los datos son esencialmente aleatorios en la mayoría de los casos. Dependiendo del método de compresión usado al comprimir un archivo de audio digital se puede dar el caso de que se incremente su tamaño en vez de reducirse.

1.3 Video en multimedia

Video NTSC

El video NTSC (*National Television Systems Committee*) es el estándar de las señales que produce una cámara de video o una reproductora de cassettes de video en los Estados Unidos y Japón. También es el tipo de señal que se capta y se ve en televisión. Este formato de video es distinto al que usan las computadoras. El video NTSC significa señales tipo TV; el video de la computadora significa gráficos y texto. Enviar gráficos de computadora a una televisión o a una grabadora de video es, quizás, la razón más común para combinar video NTSC y video de computadora.

El estándar de video NTSC maneja un formato de televisión a color de 525 líneas de resolución y una velocidad de 30 cuadros por segundo.

Para obtener buenos resultados al combinar video NTSC y video de computadora es necesario contar con una tarjeta de captura de video de buena calidad.

AVI Audio Video Interleaved. Video para Windows

AVI (Audio y Video Intercalado para Windows) tiene el potencial para revolucionar multimedia. AVI es un formato de almacenamiento de datos diseñado para guardar y leer audio y video en una gran variedad de medios. La clave de esta capacidad está justo en el nombre: *intercalado*. AVI guarda un cuadro de video, un cuadro de audio, otro cuadro de video, y así sucesivamente. Guardar audio y video en un mismo archivo hace posible recuperar archivos AVI de medios relativamente lentos como CD-ROM.

En vez de usar compresión por hardware para captura de video en tiempo real, AVI se apoya en la compresión por software. Para reproducir archivos AVI no es necesario contar con software especial, basta con instalar el controlador AVI en el panel de control de Windows.

La característica más importante de los datos de video es su tamaño. Un sólo minuto de video puede ocupar fácilmente más de 20 Mb de espacio en disco. Capturar video, convertirlo a datos digitales, y después escribirlo a disco toma mucho tiempo. La parte más lenta de este proceso involucra al disco.

El mismo problema ocurre a la inversa cuando se está reproduciendo un archivo de video. Para crear archivos AVI es necesario contar con un procesador 80486 o superior. Sin embargo, no es necesario un hardware tan poderoso para reproducirlo.

Si el disco duro es el cuello de botella al momento de grabar video, el CD-ROM lo es al momento de reproducirlo. El factor de transferencia promedio para un CD-ROM es de 150 Kb por segundo. Además de un factor de transferencia bajo, el CD-ROM tiene otro problema, el tiempo que le toma saltar de una pista a otra.

Si una unidad de CD-ROM tiene que leer datos de video de una pista y datos de audio de otra, y si estas pistas están muy lejos una de la otra, la velocidad de lectura de un archivo de video en un CD es muy baja. A diferencia de un disco duro, que tiene cabezas de lectura/escritura pequeñas, una unidad de CD-ROM tiene que mover un dispositivo de *lasser/espejo* comparativamente más grande, como resultado de esto, un CD-ROM es 25 veces más lento que un disco duro. Los discos duros tienen tiempos de acceso de 8 a 19 milisegundos; una unidad de CD-ROM rápida tiene un tiempo de acceso de 280 milisegundos en promedio.

El formato AVI trata de resolver el problema del tiempo de acceso del CD-ROM haciendo el trabajo lo más fácil posible. El formato de los archivos AVI guarda un sólo cuadro de video seguido de una cantidad de datos de audio del mismo tamaño que el cuadro de video, después otro cuadro de video seguido de audio y así sucesivamente. La fuerza de los CD-ROM se encuentra en lo que se conoce como *flujo* de datos. Mientras pueda seguir leyendo datos de la misma pista, podrá transferir datos al factor de transferencia máximo. El formato AVI hace esto posible.

Aún cuando un disco duro es más rápido que una unidad de CD-ROM, es demasiado lento para ser un medio de grabación ideal. Como resultado, el formato AVI también ofrece ventajas cuando se trabaja con disco duro. El formato AVI es más que sólo intercalado. El intercalado no cambia la cantidad de datos, sólo la ordena para hacer el acceso más eficiente. Debido a que a 150 Kb por segundo, un CD-ROM no puede transmitir más de 9 Mb por minuto, no es suficiente para reproducir video; ya que este requiere, al menos, 20 Mb por minuto.

La única forma de almacenar todos los datos de audio y de video en un CD-ROM es comprimiéndolos. Este no es el único factor que interviene en la reproducción de video en la computadora. Un CD-ROM no puede operar al máximo factor de transferencia todo el tiempo. Como resultado, no es posible reproducir un archivo de video AVI en la pantalla completa. En las máquinas más rápidas, se puede usar media pantalla (320x240), y en la mayoría de las computadoras sólo la cuarta parte de la pantalla (160x120).

Otro factor que se debe tomar en consideración es el número de cuadros por segundo. Capturar o reproducir 30 cuadros por segundo (el estándar para video NTSC) es imposible con el hardware que existe en la actualidad, aún usando AVI. El estándar para reproducción es de 15 cuadros por segundo.

Para poder capturar video AVI es necesario contar con los siguientes elementos:

- AVI de Microsoft.
- Una tarjeta de captura de video como Video Blaster, Super VideoWindows, Bravado o Targa.
- Una fuente de video como una cámara de video, una reproductora de cassettes de video o reproductor de discos lasser o incluso una televisión.
- Una tarjeta de audio con líneas de entrada para micrófono para capturar el audio correspondiente al video.

DVA (Digital Video Architecture)

DVA resuelve el problema de cómo combinar gráficas digitales de computadora y señales analógicas de televisión o video en la misma pantalla de alta resolución. VideoLogic, propietario de esta tecnología, integra información de audio y video analógico de fuentes tales como la televisión, cámaras de video, reproductores de discos y cassettes de video con sonido, texto, animaciones y gráficas digitales en la computadora. Esta tecnología es compatible con los estándares NTSC y PAL.

La tecnología DVA está disponible tanto para PC's y compatibles como para Macintosh, e incluso para computadoras IBM de micro canal.

DVA incorpora dos planos de memoria, uno para video y otro para gráficos. La tecnología de plano dual permite que el video sea integrado a los gráficos haciendo desvanecidos y mezclas necesarios para producir aplicaciones multimedia de calidad profesional.

Tecnología DVI (Digital Video Interleaved)

La tecnología DVI es la única que permite integrar audio digital estéreo de alta calidad, video digital en pantalla completa e imágenes fijas de alta calidad por medio de una sola tarjeta. Las tarjetas DVI contienen un coprocesador de video con su propia RAM separada, de manera que la descompresión y reproducción de video puede operar completamente en paralelo con el CPU del sistema. El video DVI es capaz de manejar una resolución de 24 bits por pixel, y está integrado con el video VGA normal de la PC de manera que permite que ambos (video DVI y VGA) sean desplegados al mismo tiempo, con el video VGA empalmado al video DVI en el mismo monitor. A esto se le llama *método de dos planos* y es una técnica extremadamente flexible que permite al usuario ver, simultáneamente, el resultado de dos procesos concurrentes -uno desplegando el plano DVI y otro desplegando el plano VGA (o XGA). Esencialmente se tienen dos adaptadores de video, cada uno con su propia memoria, pero las dos salidas están conectadas al mismo monitor por medio de una lógica especial. La señal del adaptador VGA o XGA es desplegada directamente al monitor de forma permanente. Este es el plano VGA. El plano DVI está "detrás" del plano VGA y será desplegado y visto cada vez que los pixeles del plano VGA se vuelvan negros. Esto es, para desplegar una imagen DVI, ésta es colocada en la memoria del adaptador DVI, y después es visualizada en el monitor haciendo un cuadro negro en la misma localización relativa en el plano VGA.

Las imágenes fijas DVI pueden ser desplegadas a dos resoluciones de pantalla: 512x480 y 256x240 pixeles. Estas resoluciones son respecto al total de pixeles del plano DVI. A pesar que estas resoluciones son distintas a las manejadas por VGA, esto no es importante ya que la combinación de hardware de los dos planos no depende de la cuenta de pixeles. La resolución de 512x480 pixeles entrega una imagen con calidad equivalente a calidad de televisión. Por medio de software se puede cambiar la resolución de la imagen.

El video DVI se despliega normalmente a 256x240 pixeles y a 30 cuadros por segundo, pero puede ser configurado a pantalla completa o a una cuarta parte de la misma. En cualquier caso, el video puede ser combinado dinámicamente con imágenes fijas en la misma pantalla o

ventana. El video también puede ser desplegado en una ventana pequeña y, bajo el control del usuario, se pueden hacer pausas, reproducción a diferentes velocidades o por cuadros.

Algunas tarjetas DVI como la Action Media II tienen un modo opcional que permite la posibilidad de capturar audio y video. Esto permite introducir audio y/o video a la computadora en tiempo real, comprimirlo, y almacenar los datos resultantes. Esto simplifica significativamente el proceso de creación de los elementos necesarios, audio y video, para construir aplicaciones multimedia.

Con el módulo de captura de la tarjeta ActionMedia II se puede capturar audio, imágenes fijas y video; comprimir estos datos al instante y salvarlos al disco duro en tiempo real. Un coprocesador de audio independiente, con salidas digitales de 16 bits permite reproducir audio digital en forma concurrente.

Por medio de software se pueden elegir algoritmos de compresión. Esta elección de algoritmos incluye todos los estándares de la industria.

DVI es la tecnología multimedia más completa, flexible y expansible disponible en la actualidad.

1.4 Animaciones en multimedia

La animación se basa en una peculiaridad de la visión humana. Si una persona ve una secuencia de imágenes que representan los pasos de un proceso, lo que ve es movimiento en vez de imágenes individuales. Las imágenes deben pasar una tras de otra lo suficientemente rápido para mantener la ilusión. Un promedio de 15 a 18 cuadros por segundo es el requisito típico para lograr una buena animación. Esta técnica es una característica importante de multimedia debido a su flexibilidad para crear efectos dinámicos e inusuales.

En casi todas las animaciones, existe un fondo fijo sobre el cual se mueve un objeto. La razón es que si sólo cambia una pequeña parte de la imagen, los cambios necesarios de un cuadro a otro son menores.

Para hacer una caricatura animada a mano es necesario dibujar toda una secuencia de cuadros con ligeras variaciones de uno a otro. En computadora, por otra parte, algunos paquetes son capaces de generar los cuadros intermedios de una animación, por lo que el autor sólo necesita crear los cuadros inicial y final e indicar a la computadora los parámetros para la animación deseada; la computadora se encarga del resto.

Técnicas de animación

Animación por cuadros

La técnica más simple para hacer animaciones es preparar una serie de imágenes, normalmente como un arreglo, con ligeras variaciones entre un cuadro y el que le sigue. Estas imágenes, a las que se da el nombre de cuadros, representan fotografías que capturan la secuencia de un movimiento continuo. Si los cuadros son presentados uno detrás de otro en la misma posición, se crea la ilusión de movimiento. Cuando el arreglo de cuadros es desplegado repetidamente se da la impresión de que el movimiento es continuo. Las imágenes pueden ser fotografías reales (tomadas de un video por ejemplo), o imágenes creadas en algún programa de dibujo en la computadora.

El mayor requisito para obtener un movimiento que dé la impresión de ser real es que los cuadros sean presentados a suficiente velocidad -entre 10 y 15 cuadros por segundo cuando menos. Cuando se presenta un número menor de cuadros la animación parece dar "saltos". Debido a este requerimiento de velocidad, todos los cuadros deben estar cargados en memoria antes de iniciar una animación.

Animación "cel"

En la animación por cuadros, todos los cuadros deben estar en memoria antes de poder iniciar la animación y no se pueden construir cuadros durante ésta. Una técnica para resolver este problema es llamada *cel animation*, llamada así por la técnica usada para crear caricaturas a mano para el cine. En la animación cel para cine, se usa un fondo y uno o más dibujos transparentes son superpuestos a este fondo y fotografiados para ir creando la animación. Los dibujos transparentes son llamados celuloides o cels, de aquí el nombre.

Algo parecido se puede hacer con la computadora. Una imagen es usada como fondo y copiada a todos los demás cuadros como primer paso en la creación de la animación. Después, la imagen de un objeto animado es copiada sobre el fondo en el primer cuadro. Esta imagen debe estar en un rectángulo transparente, esto hará que la imagen parezca estar enfrente del fondo. Se puede tener una gran cantidad de imágenes en el mismo cuadro. Cuando todos los objetos deseados son copiados al cuadro, este se despliega y se inicia la presentación del siguiente cuadro. Para hacer que una imagen se mueva en la pantalla, es copiada en otra posición en el cuadro siguiente y así sucesivamente.

Animación con gráficas

Otra técnica para hacer animaciones es dibujar un objeto repetidamente mientras se cambian sus coordenadas o alguna otra propiedad para simular que se mueve. Esta técnica se puede usar de varias maneras. Por ejemplo, se puede hacer crecer a un objeto dibujándolo cada vez más y más grande. Como cada nueva imagen va cubriendo a las anteriores, esta técnica funciona. Sin embargo, no es útil para encoger un objeto.

La animación es una forma artificial de crear el efecto de movimiento. La animación por cuadros se usa cuando se desea una animación que puede ser producida por un número pequeño de cuadros preparados previamente. La animación cel se usa cuando los cuadros tienen que ser contruidos dinámicamente durante el proceso de despliegue de la animación. La animación gráfica es útil cuando un objeto puede ser dibujado repetidamente para lograr el efecto de animación.

1.5 Imagen fija y gráficos en multimedia

Las imágenes digitales se han convertido en una parte importante de multimedia como resultado de la aparición de hardware y software barato relacionado con el manejo de imágenes. Este es el caso de las tarjetas controladoras de video de alta resolución que al mismo tiempo pueden manejar una gran cantidad de colores (hasta 16.7 millones aunque no en máxima resolución). Las tarjetas de video se clasifican como de 8 y de 24 bits (existen algunas de 12 bits pero no son muy populares) dependiendo del número de colores que pueden manejar. Las tarjetas de video de 8 bits (1 byte) pueden manejar hasta 256 colores (un byte puede tomar 256 valores distintos) mientras que las de 24 bits (3 bytes) pueden manejar hasta 16.7 millones de colores. Las tarjetas de 24 bits más baratas soportan 16.7 millones de colores, por lo general, sólo en resolución VGA (640x480).

Hay varios pasos que se deben seguir para poder usar imágenes en la computadora:

1. Obtener la imagen
2. Editar la imagen
3. Incorporar la imagen a una aplicación

Obtención de imágenes

Las imágenes, y en general los elementos necesarios para hacer multimedia, se dividen en dos categorías:

- *elementos externos.* Digitalizados mediante algún dispositivo externo a la computadora. Por ejemplo, scanner en el caso de las imágenes, tarjeta de sonido en el caso del audio y tarjeta de captura de video en el caso de video analógico.
- *elementos internos.* Creados con los medios proporcionados por la computadora. Por ejemplo, las gráficas y dibujos creados con programas como Corel Draw o Harvard Graphics, las animaciones creadas con programas como 3D Studio o Animator y los textos creados con Word.

La forma más común de digitalizar una imagen es por medio de un scanner. Este tipo de imágenes siempre se basan en píxeles y están disponibles en diversos formatos tales como: TIF, PCX, BMP, GIF, TGA, entre otros. La calidad de las imágenes depende del hardware y software utilizado, así como el número de colores que se utilicen al momento de realizar la digitalización.

Otra forma de obtener imágenes es comprándolas, existen en el mercado gran cantidad de bases de datos de imágenes, la mayoría de estos vienen en CD-ROM. En la mayoría de los casos no hay restricciones en el uso que se puede dar a estas imágenes.

El otro medio para obtener imágenes es crearlas utilizando software de dibujo o de diseño gráfico como es el caso de las gráficas de barras. Existen muchos paquetes de edición disponibles en el mercado para crear imágenes originales. Este tipo de paquetes también puede ser usado para editar y modificar imágenes obtenidas por otros medios.

Existen muchos formatos para guardar imágenes y gráficas. Los formatos más comunes incluyen los siguientes:

- **PCX.** Este es uno de los formatos más antiguos para guardar imágenes y está siendo reemplazado por formatos más modernos. Este formato es soportado por casi todos los programas de dibujo y diseño gráfico. Este formato soporta hasta 256 colores pero ofrece la posibilidad de configurar la paleta.
- **TIFF** (Tagged Image File Format). El formato de archivo de imagen etiquetado es común en el mundo del desktop publishing, y casi todos los paquetes lo soportan. Las versiones más recientes del formato TIFF permiten la compresión de imágenes. Este formato es conveniente cuando se tienen que mover grandes archivos de imágenes de una computadora a otra.
- **BMP** (Bitmap). El formato de mapa de bits se empezó a usar con el lanzamiento de Windows 3.0. Es un formato no comprimido por lo que los archivos pueden llegar a ser muy grandes y, en consecuencia, rara vez es usado para grabar imágenes muy grandes o de alta calidad. No obstante, es el formato con mayor soporte en Windows.
- **DIB** (Device Independent Bitmap). Este es otro formato popularizado por Windows. Los archivos salvados con este formato pueden ser desplegados en una gran cantidad de dispositivos. El formato del archivo es similar a BMP.
- **GIF** (Graphics Interchange Format). Este formato comprimido fue creado para usarse en CompuServe. El soporte para este formato se está incrementando rápidamente en los paquetes comerciales.
- **EPS** (Encapsulated PostScript File). Este formato tuvo sus orígenes en el mundo del desktop publishing pero su uso se ha hecho común para ciertos tipos de imágenes. Este formato guarda una imagen en código PostScript. Debido a que la mayoría de los programas no pueden abrir archivos con este formato (ya que fue ideado para enviar imágenes a impresoras que soportan PostScript), los archivos EPS también contienen una imagen TIFF de baja resolución para propósitos de visualización.
- **WMF** (Windows Metafile Format). Este formato no es de uso común. El soporte para este formato fuera de Windows es limitado. Es un formato vector pero puede combinar imágenes vector y raster.

- **TGA (Targa)**. Este fue el primer formato popular para imágenes de alta resolución (24 bits). El nombre viene de la tarjeta Targa. La mayoría de las tarjetas de captura de video soportan este formato.
- **CGM (Computer Graphics Metafile)**. Este formato de archivo fue diseñado como "estándar". Este formato puede combinar imágenes raster con imágenes vector.
- **HPGL (Hewlett Packard Graphics Language)**. Este formato se usa para enviar información a plotters, y algunos otros dispositivos lo soportan como emulación. En ciertos campos como CAD se usa frecuentemente.
- **JPEG (Joint Photographic Experts Group)**. Es un formato reciente diseñado para compresión máxima de imágenes. JPEG utiliza compresión *lossy* (ver *compresión de imágenes* más adelante).

Existen dos clases de imágenes que se usan en una computadora: imágenes tipo vector e imágenes tipo raster. Las imágenes raster, usadas en los programas de dibujo, están compuestas por píxeles y a cada píxel se asocian cualidades como color y brillo. Mientras más grande es una imagen contiene mayor número de píxeles y el archivo generado es mayor. Las imágenes vector no están compuestas por píxeles. Los archivos de este tipo de imágenes incluyen instrucciones usadas para reconstruir los objetos que componen a la imagen completa. Por ejemplo, un círculo puede ser descrito en términos de su centro, radio y el ancho de la línea usado para dibujarlo. Cada clase de archivo tiene sus usos. La diferencia principal entre ellos tiene que ver con los píxeles. Si se trata de alargar una imagen hecha a base de píxeles (raster) lo único que se logra es convertir los píxeles en cuadros más grandes lo cual afecta seriamente la calidad de la imagen. Una imagen tipo vector puede ser alargada a cualquier tamaño sin perder su calidad.

El formato raster es mejor para imágenes de tipo fotográfico, mientras que el formato tipo vector trabaja mejor en dibujos (siempre y cuando estos no sean generados con paquetes de dibujo basados en píxeles).

En el formato vector, se utilizan vectores para describir la geometría del dibujo. Para dibujar un rectángulo se necesitan cuatro vectores, uno para cada lado.

Conforme evoluciona la tecnología, se hace menos importante tener que decidir que formato usar, ya que cada vez más programas soportan más formatos tanto de tipo raster como de vector.

Compresión de imágenes

Las imágenes de alta resolución requieren gran cantidad de memoria y de espacio en disco lo que hace necesaria alguna forma de compresión para manejarlas. Existen varios métodos de compresión. Uno de ellos busca patrones repetitivos en el archivo fuente y, en vez de almacenar todos los datos, guarda cada patrón que se repite sólo una vez junto con las instrucciones necesarias para reconstruir la imagen original. Usando esta técnica la imagen restaurada es idéntica a la original.

Otro método se llama compresión *lossy*. Como su nombre lo indica (*lose* significa perder en inglés), algunos de los datos del archivo original se pierden al momento de hacer la compresión. En vez de buscar patrones repetitivos, este método realiza un análisis matemático sofisticado sobre los datos originales. La idea de este método es que el ojo humano no es capaz de detectar la información perdida en la imagen reconstruida. Existen muchas maneras de almacenar los datos de una imagen. El más común en las PC's es el RGB (guarda las proporciones de rojo, verde y azul que contiene la imagen). Las imágenes guardadas así son más foto-realistas, sobre todo en alta resolución. Por lo tanto, mientras mejor sea la imagen, mayor será la cantidad de datos requerida. Es normal tener archivos de 24 Mb conteniendo imágenes en colores de 24 bits (16.7 millones de colores). Para archivos tan grandes, manejar la información de la imagen en intensidades de rojo, verde y azul no es eficiente. Otra forma de manejar la información de una imagen es a través de modelos matemáticos para el color. Las técnicas de compresión *lossy* ofrecen alguna forma de controlar la cantidad de datos perdidos. Se puede especificar un factor que controle la severidad con la que la compresión afecta la calidad de la imagen. La técnica de compresión *lossy* tiene grandes ventajas cuando se le compara con los

métodos de compresión tradicionales logrando, en ocasiones, compresiones de 10:1 o 20:1 sin distorsionar seriamente la imagen. La compresión lossy presenta algunos problemas, por ejemplo, al comprimir nuevamente un archivo restaurado, se pierden más datos que la primera vez lo cual ocasiona mayor degradación en la imagen, además de que algunas aplicaciones no soportan ninguna degradación de las imágenes.

Dos estándares de compresión relativamente recientes se están abriendo camino en el mundo del cómputo. Estos estándares combinan el uso de hardware y software para lograr la compresión, y fueron desarrollados por el *Joint Photographic Experts Group* (JPEG) y el *Joint Motion Picture Experts Group* (MPEG) trabajando bajo el auspicio de la *International Standards Organization* (ISO). El primer grupo propuso un estándar universal para la compresión y descompresión de imágenes fijas en sistemas de cómputo, mientras que el segundo hizo lo propio para video y audio.

Además de convertir las imágenes a formato RGB para hacer más fácil el proceso de compresión, JPEG ordena los colores en la imagen para determinar cuales son los más comúnmente usados. Esto permite controlar, en cierta medida, el grado de degradación de la imagen durante el proceso de compresión.

JPEG divide la imagen en pequeños bloques y comprime cada uno de estos antes de pasar al siguiente. Esto permite la compresión instantánea pero introduce algunos problemas. Los límites de los bloques pueden ser remarcados, distorsionando la imagen cuando se manejan altos factores de compresión. JPEG tiene problemas al manejar colores que involucran altas frecuencias como el azul. Esto significa que los colores azulados tienen pocas variantes. Este hecho no es muy importante, ya que el ojo humano tiene el mismo problema para distinguir variaciones mínimas en tonos de azul.

El estándar JPEG puede ser implementado por medio de software en la mayoría de las computadoras personales. La mayoría de los principales fabricantes de computadoras están dando soporte a este estándar en sus sistemas. Apple Macintosh soporta JPEG en su software QuickTime y Microsoft lo soporta en Windows. JPEG especifica un *método* de compresión, y no un formato para los archivos. Esto dificulta pasar imágenes comprimidas bajo este método de una Macintosh a una PC.

Muchas de las técnicas JPEG fueron aplicadas a MPEG. La primera etapa de trabajo del MPEG se centró en indicar métodos para codificar video a fin de grabarlo y leerlo de CD-ROM, y desplegarlo en el monitor de la computadora manteniendo la calidad de las imágenes similar a la de la televisión.

Las tecnologías como DVI junto con los estándares JPEG y MPEG y tarjetas con coprocesadores dedicados implementando estos estándares, auxiliarán en la compresión y descompresión de datos en las Macintosh y PC's. Esto permitirá a los autores crear aplicaciones multimedia interactivas completamente digitales que integren video, y distribuir las en CD.

La única forma de que el video comprimido sea descomprimido para multimedia, es a través de microprocesadores especiales (que se encuentran en las tarjetas de compresión) optimizados para una técnica de compresión/descompresión particular. Por lo tanto, la necesidad de compresión y descompresión de imágenes, video y audio ha provocado un fuerte impulso de tecnologías y estándares como DVI, JPEG y MPEG.

1.6 Arquitectura de las aplicaciones multimedia

Las aplicaciones multimedia se construyen combinando actividades de presentación y de control (interactividad). Las estructuras típicas de las aplicaciones multimedia son:

- presentación lineal
- motor controlado por datos
- menú jerárquico
- recuperación de información
- hipermedia
- simulación

Presentación Lineal

Una presentación lineal es aquella que no hace otra cosa que presentar una secuencia de imágenes o un video. Sin embargo, una presentación útil necesita tener algún control. Las estructuras más comunes de este tipo alternan actividades de presentación y de control como se muestra en la figura 1.6.1 (a). La razón de las actividades de control es establecer las pausas necesarias en el flujo de la aplicación pero el usuario no tiene forma de elegir hacia donde ir. La forma de continuar la aplicación en cada actividad de control podría ser presionando una tecla, un botón en pantalla o mediante un límite de tiempo.

Una aplicación lineal más elaborada puede ofrecer algunas elecciones al usuario en cada punto de control: la capacidad de ir hacia adelante o regresar, o bien, salir de la presentación. Esta estructura se muestra en la figura 1.6.1 (b).

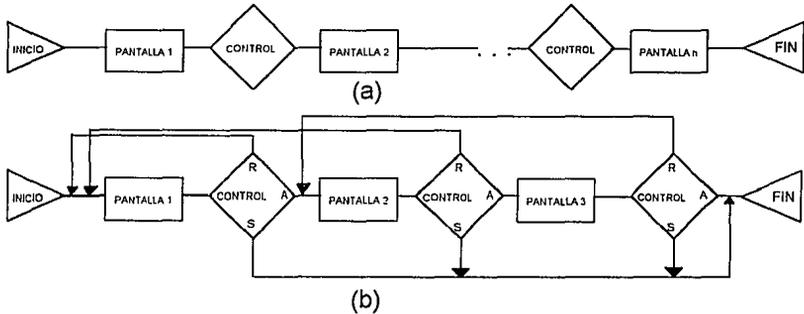


Figura 1.6.1. Estructuras de las presentaciones lineales: (a) alternando actividades de presentación y de control sin posibilidad de elección. (b) Igual que (a), pero cada punto de control ofrece la opción de regresar a la pantalla anterior o salir de la presentación.

Motor controlado por datos

Una forma de simplificar las presentaciones lineales es el motor controlado por datos. Esta idea es hacer un programa, llamado *motor*, que lee instrucciones de un archivo de texto que especifica lo que debe suceder en cada punto de la presentación. El archivo de texto tiene una lista de los objetos a presentar en la secuencia deseada. Por lo tanto, se necesita una sola actividad de presentación para mostrar todo lo que se especifica en el archivo de texto; y una sola actividad de control que espera los comandos del usuario para dar el siguiente paso. Por ejemplo, cuando se está mostrando una serie de imágenes en la presentación, la lista de secuencia sería exactamente una lista ordenada de los nombres de las imágenes a presentar.

Normalmente, el archivo de texto es creado de manera tal que presente un evento por línea. Si el usuario elige ir hacia adelante, simplemente avanza hacia la siguiente línea en el archivo de texto y repite la actividad de presentación; si desea regresar, regresa a la línea anterior en el archivo de texto y repite la actividad de presentación; si elige salir simplemente termina la aplicación. La figura 1.6.2 muestra la estructura de una presentación lineal usando un motor controlado por datos.

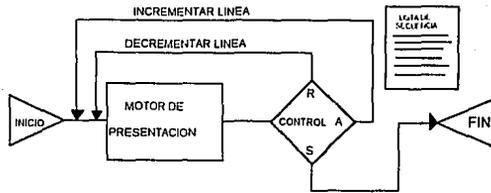


Figura 1.6.2 Estructura de una presentación lineal usando un motor controlado por datos.

La estructura de un motor controlado por datos es la misma sin importar la cantidad de objetos que sean presentados. Para cambiar el orden de una presentación, basta con modificar el archivo de texto de la misma.

La presentación utilizando esta estructura puede ser mucho más compleja que solo una secuencia de imágenes. Agregando instrucciones en la línea de texto de cada objeto a ser presentado se puede obtener control sobre la forma en que los objetos son presentados o el tipo de transición a usar entre un objeto y otro. De esta forma se pueden crear aplicaciones muy sofisticadas con sólo modificar un archivo de texto. El archivo de texto se convierte, así, en un lenguaje de muy alto nivel para crear presentaciones.

Algunos sistemas de autoraje tienen motores controlados por datos integrados en sus módulos runtime. La creación de un archivo de datos apropiado es soportado dentro de la interfaz del programa. Esto hace que las presentaciones sean extremadamente fáciles, pero limita sólo a los estilos de presentación integrados.

Menús Jerárquicos

Un menú se construye usando una actividad de presentación para desplegar el menú, y después una actividad de control para recibir la selección del usuario como se muestra en la figura 1.6.3. El resultado de la selección podría ir directamente a otra actividad de presentación o a otro menú de menor o mayor jerarquía. Una estructura de menús como esta puede volverse complicada rápidamente, especialmente si alguna de las actividades posibles aparece en más de un menú. Como en el caso de las presentaciones lineales, esta estructura puede ser simplificada usando motores controlados por datos. Una forma de hacer esto es asociando un archivo de texto a cada menú describiendo los objetos del menú y los nombres de las presentaciones que deben ser desplegadas por este. Se puede escribir un programa de motor controlado por datos para desplegar el menú y después pasar el nombre del objeto seleccionado a un simple programa de presentación también basado en motor -menú y presentación; y la compleja estructura de la aplicación es realmente guardada en un conjunto de archivos de texto.

Recuperación de Información

Una aplicación de recuperación de información trabaja con una base de datos multimedia, que puede ser de texto con extensiones para audio, video o imágenes relacionadas a los objetos de texto. Por ejemplo, una enciclopedia multimedia tiene una base de datos de texto común para cada artículo, pero también incluye fotografías, sonidos e incluso segmentos de video.

Se proporcionan al usuario varias formas de entrar en la base de datos. Normalmente una de estas formas es búsqueda de palabras clave para temas en particular.

Hipermedia

En una aplicación de recuperación de información, puede ser deseable permitir al usuario hacer selecciones directamente en los datos que han sido recuperados. Por ejemplo, si se ha recuperado una fotografía de la base de datos, el usuario sería capaz de marcar (hacer "click" con el mouse) sobre la fotografía y obtendría automáticamente más información referente al tema. A esto se le llama hipermedia.

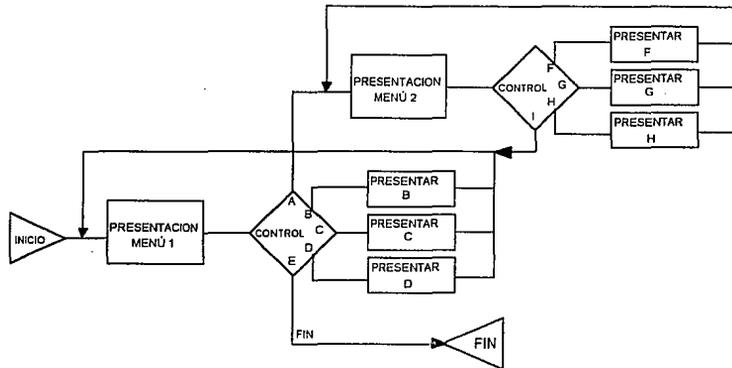


Figura 1.6.3. Estructura para una aplicación de menú jerárquico.

La construcción de este ejemplo implica que en algún lugar en la base de datos hay información que puede ser usada para trasladar la posición marcada por el usuario en nombres o direcciones de información asociada. La clave está en configurar la base de datos multimedia de manera que todas las ligas posibles estén definidas. Esta es una tarea muy compleja y rara vez es realizada en detalle. Normalmente, solamente se definen las ligas más importantes y cuando un objeto es presentado, las posiciones de la pantalla que representan ligas activas (llamadas *áreas calientes*) son resaltadas de alguna manera. El usuario sabe que las áreas resaltadas le pueden llevar a más información y hace uso de ellas.

Un sistema hipermedia como este requiere una estructura de motor tanto para desplegar como para buscar. Esta es una clase importante de aplicaciones multimedia, y existen sistemas de autoraje especializados en hipermedia.

Simulación

Este tipo de aplicaciones simula un sistema real, como la cabina de un camión o de un avión. Estas aplicaciones, por lo general, son muy específicas por lo que no hay estructura genérica que se les aplique. La simulación de un panel de control eléctrico requerirá programación muy específica para permitir que las pantallas y los medidores respondan correctamente cuando el usuario mueve interruptores. Obviamente cada programa de simulación debe tener su propia estructura.

Muchas aplicaciones realmente serán mezclas de todos los tipos descritos. Por ejemplo, una aplicación puede empezar con una estructura de tipo menú, pero dependiendo de la opción elegida, puede seguir con presentaciones, recuperación de información, hipermedia, simulación o incluso todas ellas. Es importante que un sistema de autoraje sea lo suficientemente flexible para soportar esta mezcla de estructuras.

El motor controlado por datos es la forma más efectiva de crear aplicaciones complejas con programación mínima.

1.7 Interfaz de usuario

Las interfaces de usuario, buenas o malas, nos rodean. La interacción con cualquier producto como toca cintas, videocasetas, grabadoras, estufas, hornos de microondas, etc., se realiza por medio de la interfaz de usuario que dicho producto presenta. La utilidad de un producto depende de la facilidad con que los usuarios puedan hacer uso de él. Si un usuario no puede operar un producto, la interfaz de usuario automáticamente es un fracaso.

A un nivel más complejo, todas las personas invierten gran cantidad de tiempo en aprender a usar otra interfaz de usuario: la del automóvil.

Conforme nos movemos hacia niveles más complejos, especialmente con dispositivos electrónicos, las interfaces de usuario se vuelven cada vez más complicadas. Se espera que las cosas sean intuitivas, y cuando no lo son, las personas pueden perder el interés. En la cima de esta clasificación se encuentran las computadoras.

Debido a la gran diversidad de software que se puede utilizar en una computadora, las interfaces de usuario cambian drásticamente de un momento al siguiente. Algunos fabricantes de computadoras han tratado de resolver este problema estableciendo estándares para sus interfaces de usuario. La compañía que más éxito ha tenido en este sentido es Apple Macintosh. La interfaz de usuario de Apple, desarrollada por Xerox, fue definida cuando se estaban desarrollando las primeras máquinas Macintosh. Apple Macintosh implantó sus estándares antes de que cualquier software fuera desarrollado para sus computadoras y pidió a los creadores de software que se apegaran a ellos. Apple agregó funcionalidad a su sistema operativo para soportar la interfaz de usuario diseñada, lo que hizo más fácil a los creadores de software hacer uso de esta interfaz en vez de desarrollar las suyas propias. El resultado es que la de Macintosh está reconocida como la interfaz de usuario más consistente de cualquier computadora.

En el caso de las PC's y compatibles, no había ninguna interfaz de usuario diseñada cuando surgió la primera de ellas. Los estándares fueron escritos después, cuando se inició la transición hacia las interfaces gráficas de Windows y OS/2. Estos dos productos poseen la funcionalidad de la interfaz de usuario integrada en ellos, y proveen documentación de cómo usarla.

Tipos de interfaz de usuario para multimedia

La interfaz de usuario de una aplicación multimedia es aquella parte del programa que presenta las elecciones y solicita entradas, recibe estas entradas y responde realimentando al usuario. Para propósito de la interfaz de usuario, las aplicaciones multimedia pueden ser divididas en dos categorías: Las que tienen apariencia de computadora y las que no la tienen. Esta división depende básicamente del tipo de usuario final al que la aplicación esté dirigido. Si el tipo de usuario es el público en general, el sistema multimedia no debe lucir como aplicación de computadora. El otro tipo de usuarios es el que tiene que ver con computadoras, a este tipo de público no le intimida que el sistema parezca una aplicación de computadora.

Gran cantidad del público en general no se siente cómodo al tener que interactuar con una computadora, en realidad, el público en general está más acostumbrado a la televisión. Si se desea desarrollar una aplicación multimedia para este público, lo mejor es utilizar una metáfora de pantalla completa mostrando sólo una cosa a la vez como en televisión sin hacer uso de controles como los que se tienen en una computadora (menús, botones, etc).

En una aplicación para público en general no se puede suponer que el usuario tenga experiencia en interfaces de usuario para computadora, es por esto que toda la información de qué hacer en el siguiente paso debe estar siempre disponible, ya sea en forma de texto o de audio.

En el caso de las aplicaciones orientadas a usuarios que tienen contacto con computadoras, ellos están familiarizados con los estándares de las interfaces de usuario y saben

como trabajar con un ambiente gráfico. Pero debido a la gran flexibilidad de multimedia es necesario poner mucho cuidado en el diseño de la interfaz de usuario ya que ésta puede salirse de los estándares fácilmente.

La clave del diseño de una buena interfaz de usuario es tener comprensión completa de las necesidades del público para el que se está trabajando. Esto incluye una apreciación completa de lo que el usuario hará con la interfaz y con la aplicación. ¿Cómo trabajará con la aplicación? ¿Qué pasos seguirá para obtener los resultados que espera de la aplicación?

Una buena manera de contestar a estas preguntas es estudiando al usuario en acción. Tomar el punto de vista del usuario. A este proceso se le llama *análisis de las tareas del usuario*. Conforme más compleja es la aplicación a desarrollar, más importante se vuelve este análisis.

La interfaz de usuario de una aplicación multimedia es tan importante como el contenido de la aplicación. Sin una buena interfaz, el usuario puede no ser capaz de interactuar con la aplicación.

La interfaz de usuario de una aplicación multimedia debe cumplir con los siguientes principios de diseño:

- Hacer fácil la interacción del usuario con ella.
- Debe ser consistente.
- Debe ser lo más simple posible.
- Debe hacer uso de metáforas siempre que esto ayude a simplificar la interfaz.
- Debe dar el control de la aplicación al usuario.
- Debe responder con realimentación inmediata al usuario.

Consistencia

Una consideración importante al desarrollar la interfaz de usuario es la *consistencia*. La interfaz de usuario debe verse y operar exactamente igual para cada parte de la aplicación. Una vez que el usuario ha descubierto cómo funciona la interfaz en una sección, espera que funcione de la misma forma en toda la aplicación.

Simplicidad

Un principio de todos los tipos de diseño es que mientras más simple es mejor. Esto también es válido para las aplicaciones multimedia y sus interfaces de usuario. Si se tiene un concepto simple de la aplicación, entonces la interfaz también será simple y, en consecuencia, más fácil para el usuario.

Con una aplicación y una interfaz simples, el usuario no tiene que preocuparse de lo que hace la aplicación a fin de dar su siguiente paso. El comportamiento debe ser natural, y la siguiente acción a realizar debe ser obvia para el usuario basado en lo que ve y escucha.

Metáforas

Un recurso importante en el diseño de interfaces es el uso de aproximaciones que sean similares a algo que es familiar al usuario. Por ejemplo, si se está desarrollando un reproductor de video interactivo como parte de una aplicación, sería natural usar simulaciones de los botones de control que tiene una videocasetera para reproducir, adelantar, regresar, hacer pausa o detener la cinta ya que ésta es una interfaz de usuario familiar a casi todas las personas. En esta metáfora, la mayoría de los usuarios reconocerían instantáneamente las funciones de cada botón y sabrían cómo hacer uso de ellos sin necesidad de instrucciones.

Interactividad

El usuario estará más cómodo con una aplicación cuando siente que tiene el control. La aplicación debe permitirle controlarla -iniciar cuando él quiera, detenerse cuando el usuario lo desee, retroceder cuando el usuario así lo indique, y lo más importante: nunca hacer algo que el usuario no espera. Este es uno de los aspectos más importantes de una aplicación ya que representa la interactividad de la aplicación con el usuario.

Realimentación

Con frecuencia, la selección hecha por el usuario dentro de una aplicación multimedia será una actividad que requerirá cierto tiempo para que la computadora pueda realizarla. Debido a este retardo, es muy importante que el usuario reciba realimentación inmediata que le indique que su selección fue aceptada, pero que el resultado puede tomar cierto tiempo a fin de que no crea que la aplicación se ha bloqueado.

Una buena interfaz de usuario representa el 50% de una buena aplicación.

1.8 Tipos de aplicaciones multimedia

Actualmente las aplicaciones multimedia se consideran como uno de los métodos de manejo de información más eficientes. Pueden clasificarse de acuerdo a sus objetivos y niveles de interactividad (navegación, interfaz de usuario y operación del sistema).

Con base a sus objetivos, las aplicaciones multimedia pueden clasificarse como:

- *Aplicaciones corporativas.* Como puede ser el manejo de datos corporativos, procesos de diseño, automatización de oficinas, etc.
- *Aplicaciones educativas.* Estas aplicaciones están relacionadas con la instrucción, capacitación y adiestramiento. Las aplicaciones de este tipo tienen que ver con el proceso enseñanza-aprendizaje en cualquier tópico y nivel académico.
- *Aplicaciones de entretenimiento.* Juegos electrónicos, tours culturales digitales, sistemas de esparcimiento, sistemas digitales musicales, etc.
- *Aplicaciones para servicios de información.* Básicamente este tipo de aplicaciones se concreta a la transmisión de datos y la difusión de información. Los servicios de información pueden estar relacionados con cualquiera de los objetivos anteriores.

Las aplicaciones multimedia, cualquiera que sea su objetivo, también pueden clasificarse con base en su grado de interactividad como:

- Historias electrónicas,
- publicaciones interactivas, y
- kioscos multimedia.

Historias Electrónicas (HE).

Son aplicaciones que tienen como fin mostrar una "historia" (secuencia cronológica), para reforzar la presentación de un proyecto, exposición de productos, resultados de operación de una

empresa, resultados de ventas de un departamento, etc. Este tipo de aplicaciones son consideradas como una herramienta de apoyo didáctico en los procesos de comunicación y transmisión de información. Las HE tienen bajos niveles de interactividad haciendo posible asociar pantallas de información (texto o gráficos) con archivos de audio y animaciones sencillas. El audio asociado a las pantallas puede ejecutarse en forma secuencial o concurrente.

Publicaciones Interactivas (PI).

Al igual que las HE, las PI son aplicaciones que, por lo general, se almacenan en algún dispositivo transportable, ya sean diskettes o CD-ROM. El dispositivo en el cual se almacenan las PI depende del uso, formatos de información y objetivo de las mismas. El nivel de interactividad de las PI permite al usuario seguir diferentes direcciones en el flujo de la información que éstas contienen. La interactividad de las PI se basa en el uso de estructuras de árbol. Estas estructuras contienen diferentes niveles de navegación (nodos) que se integran haciendo uso de cinco atributos de programación:

1. La estructura IF...THEN...ELSE que representa las actividades controladas que permiten al usuario elegir entre diferentes opciones o secuencias de información dentro de la aplicación.
2. Funciones que operan sobre las instrucciones contenidas en los nodos. Estas funciones pueden ser activadas mediante el uso del mouse, teclas específicas, etc.
3. Los nodos que integran la PI, mismos que se relacionan con las funciones. Los nodos contienen la información, en sus distintos formatos, y las instrucciones que dan cuerpo a la aplicación.
4. Instrucciones post-lógicas dentro de las cuales se realizan todas las operaciones posteriores a la presentación de los nodos de información. Estas instrucciones pueden ser operaciones de ruptura como abortar la presentación o de actualización de variables de la PI.
5. Ligas entre todos los nodos de la PI. Las rutas que un usuario puede seguir en la PI se definen a partir de estas ligas.

Kioscos multimedia (KIM).

Los KIM son desarrollados bajo los mismos principios y con los mismos atributos de programación que las PI. A diferencia de las PI, los KIM tienen como característica primordial, permanecer en una computadora, ya sea por la cantidad de información que contengan (más de 680 MB que es la capacidad de almacenamiento de un CD-ROM) o por los objetivos intrínsecos del kiosco.

Con base en sus objetivos y su operación, los KIM pueden ser divididos en dos grupos:

- *Espacios públicos.* Los espacios públicos tienen la finalidad de transmitir conocimiento o información de carácter general. Las aplicaciones de este tipo manejan, en la mayoría de los casos, grandes volúmenes de información.
- *Estaciones de conocimiento.* Uno de los objetivos principales de las estaciones de conocimiento es instruir o capacitar al usuario en un tópico específico. Se pueden tener sistemas de capacitación industrial, sistemas de capacitación académica, sistemas de entrenamiento en el uso y manejo de equipos, etc.

Con base en la clasificación de las aplicaciones multimedia descrita arriba, el sistema DECIS puede ser clasificado, dependiendo del uso que se le de, como una publicación interactiva si se distribuye una copia en diskettes a cada usuario para su uso particular, o como una estación de conocimiento si se le instala en una computadora que pueda ser usada por varios estudiantes.

2

MULTIMEDIA Y EDUCACIÓN

2. MULTIMEDIA Y EDUCACIÓN.

2.1 La tecnología multimedia y la educación

El uso de tecnología de vanguardia en el proceso educativo brinda beneficios significativos a estudiantes y maestros. Uno de los elementos más importantes dentro de este nuevo esquema educativo es la computadora. Algunas de las ventajas del uso de la computadora como apoyo a la educación son la capacidad de interacción (acción -> reacción -> interacción) que ésta ofrece a los educandos. La computadora es una poderosa herramienta para la enseñanza por su versatilidad, misma que se ve incrementada al integrarse a ésta la tecnología multimedia.

La forma en la que aprende el ser humano está basada en los sentidos por ello es importante presentar información y desarrollar conceptos utilizando técnicas que permitan el aprendizaje visual, auditivo y táctico. Por otro lado, es importante resaltar el hecho de que, para que un estudiante comprenda una idea nueva, debe primero relacionarla con sus propias experiencias. La compañía IBM ha realizado estudios a fin de determinar la cantidad de información que puede retener el ser humano a través de sus sentidos (Información Científica y Tecnológica, Tecnología y educación, octubre de 1993). Dichos estudios muestran los siguientes resultados: se retiene a corto plazo alrededor del 10% de lo que se ve, 20% de lo que se escucha, 40% de lo que se ve y se escucha, y 75% de lo que se ve, se escucha y se lleva a la práctica.

Por otro lado, se ha desarrollado una serie de investigaciones (misma fuente) a fin de cuantificar la efectividad de la tecnología multimedia en el ámbito educativo obteniendo el siguiente resultado: Los estudiantes aprenden en 50 por ciento menos tiempo y retienen 25 por ciento más información.

De lo anterior se puede concluir que el proceso de aprendizaje se beneficia si la información que se desea consultar se presenta en forma tal que impacte los sentidos y exista a su vez posibilidad de interactuar con ella. Basta recordar que ver, escuchar y realizar es justamente lo relevante de la tecnología multimedia.

Las aplicaciones desarrolladas con esta tecnología muestran al usuario una interfaz de usuario más amigable, así como un manejo más fácil y llamativo de la información, estos factores hacen de multimedia un punto de referencia para el mundo de la enseñanza, ya que los diferentes elementos empleados en el desarrollo de cursos y presentaciones multimedia atrapan la atención del estudiante involucrando sus sentidos.

Desde el punto de vista educativo, las ventajas ofrecidas por la tecnología multimedia se pueden englobar en los siguientes puntos:

- Multimedia permite a los estudiantes *navegar* entre imágenes que ilustren una idea clave, escuchar y nombrar los conceptos relacionados con dicha idea. Esta dinámica da a las lecciones otra dimensión ya que promueve una amplia participación del estudiante, beneficiando su proceso de aprendizaje.
- Con multimedia el estudiante está listo para ejecutar algo, interactuando con la computadora al contestar cuestionarios y navegando en la información, creando su propio patrón de conocimientos. Una vez que los estudiantes han experimentado una lección multimedia, pasan a la fase del cuestionamiento en donde hacen preguntas relacionadas con los conceptos que vieron, desarrollando así su pensamiento crítico y pasando de la comprensión y aplicación de un tema a su análisis.
- Una clase en donde se usan aplicaciones multimedia es activa y estimulante por naturaleza; los estudiantes y los profesores no pueden adquirir un papel pasivo, ya que están interactuando entre ellos todo el tiempo.
- Cada persona tiene su propia forma de aprender; hay personas cuya capacidad de aprendizaje está orientada a material escrito. A otras les puede ser más fácil aprender

utilizando medios visuales o auditivos. Algunas personas aprenden más rápido que otras. La tecnología multimedia soporta estas diferentes necesidades de aprendizaje, pudiendo así elevar la capacidad de aprendizaje de los alumnos al individualizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Gracias a esta tecnología los estudiantes tienen la oportunidad de aprender haciendo. Por otro lado, el que los alumnos experimenten multimedia no sólo como usuarios sino que experimenten su poder como autores y desarrolladores de aplicaciones, les abrirá nuevos horizontes, los cuales les permitirán desarrollar su capacidad creativa, ya que al digitalizar imágenes, producir un video, escribir un texto y diseñar la integración de todos los elementos, se convierten en escritores, desarrolladores de artículos, diseñadores gráficos, guionistas, editores, correctores de estilo, productores y lo más importante: gente creativa capaz de investigar y de abstraer lo más importante de la información que consulten.

2.2 Las aplicaciones multimedia orientadas a la educación

Algunos de los puntos que debe cubrir una aplicación multimedia orientada a la educación son:

- Lograr la atención del estudiante,
- presentar el tema,
- realizar una sesión de preguntas y respuestas,
- evaluar lo aprendido por el usuario, y
- registrar los resultados del estudiante.

Logrando la atención del estudiante.

En el ambiente del salón de clases, algo se debe hacer para lograr la atención del estudiante. Esto es aún más importante cuando se utiliza multimedia. Para lograr la atención del estudiante, se puede iniciar la aplicación con una presentación atractiva, animación o video.

Además de lograr la atención del estudiante es necesario hacerlo receptivo a nueva información. Esto normalmente se logra exponiendo un poco del nuevo material, de preferencia una parte de las más interesantes, para tratar de despertar el espíritu inquisitivo del estudiante y hacerlo desear aprender más.

Presentando el tema.

Los métodos tradicionales de enseñanza en el salón de clases involucran ya sea la presentación donde el profesor expone el tema o bien, el libro de texto de donde el estudiante lee la información. La mayoría de los cursos usan una combinación de ambos métodos. Sus equivalentes en multimedia son las presentaciones no interactivas (para las exposiciones en clase) y las presentaciones interactivas (para la lectura de libros de texto). Debido a que la interactividad de multimedia es mucho mejor que la de un libro de texto, este es el método preferido.

Un buen método para presentar el tema de estudio es mostrar al estudiante algo que inicie el camino hacia la información, y dejarle explorar el resto de ese camino por sí mismo. Permitirle al usuario estudiar por medio de dibujos, imágenes o video es mejor que usando sólo texto, y es aún mejor cuando el tema de estudio puede ser simulado por la computadora y el estudiante puede trabajar directamente con él. El propósito de esta sección en cualquier aplicación educativa multimedia es exponer el tema al estudiante de una forma que le permita entender su estructura y detalles.

Sesión de preguntas y respuestas.

En el salón de clases, normalmente, el profesor conduce una sesión libre de preguntas y respuestas o de discusión. En el ambiente multimedia, una discusión libre es imposible, por lo que la computadora necesita tener algún otro método de saber que el estudiante tiene una pregunta. Parte de la solución a este problema puede ser una sesión de ejercicios en la que el estudiante repase lo más importante de cada módulo estudiado. El estudiante es libre de repetir esta sección cuantas veces quiera. Normalmente, una aplicación educativa debe ofrecer explicaciones alternativas para cada concepto, que puedan ser accesibles por el estudiante cuando tenga un problema.

Evaluación.

Los métodos de evaluación del aprendizaje logrado por el estudiante han sido desarrollados desde que surgió el entrenamiento basado en computadora (CBT). La evaluación típica del entrenamiento basado en computadora es del tipo de elección múltiple, debido a que es muy difícil interpretar respuestas en forma de texto libre. Excepto por el hecho de poder presentar imágenes, animaciones, audio y/o video para plantear preguntas, multimedia no agrega nada nuevo o especial al problema de la evaluación basada en computadora.

Registro de los resultados del estudiante.

La computadora debe llevar un registro de avance de cada estudiante en cualquier aplicación multimedia educativa. Algunos sistemas de autoraje tienen módulos especiales para realizar estos registros.

3

TEORÍA DE DECISIONES

3. TEORÍA DE DECISIONES

INTRODUCCIÓN

Todos los seres humanos enfrentan ininidad de veces a lo largo de su vida situaciones en las que tienen que elegir una de varias alternativas posibles; por ejemplo, la profesión a estudiar, un compañero para formar un hogar, la empresa en donde se ha de trabajar, el lugar en donde se desea vivir; etc. Decidir implica elegir *una* de varias alternativas posibles para una situación dada (*una decisión surge cuando se tiene que elegir entre dos o más cursos de acción*). Al proceso de decidir se le llama *proceso de toma de decisiones*.

La toma de decisiones está presente no sólo a nivel personal, sino en todos los ámbitos de la sociedad humana; se deben tomar decisiones dentro de las instituciones públicas y privadas y a niveles gubernamentales. Algunas decisiones son de vital importancia y difíciles de tomar (como las que debe tomar un gobierno); es precisamente esta complejidad lo que ha llevado a analizar el proceso de toma de decisiones.

La persona que es capaz de tomar decisiones *racionales* aún en momentos de confusión o falta de claridad de la situación es una persona envidiable. Hasta hace muy poco tiempo, las decisiones se tomaban con base en la *intuición* que es un proceso de razonamiento deductivo. Sin embargo, la confianza en las decisiones tomadas con base en la intuición se empezó a perder en la II Guerra Mundial al hacerse extensivo el uso de las aproximaciones formales (bajo el nombre de *Investigación de Operaciones*) para tomar decisiones. Este fue el origen de la investigación de operaciones tal como la conocemos hoy. Para lograr los mejores resultados posibles en la guerra, era necesario repartir los escasos recursos de una manera efectiva entre las diversas operaciones militares. Primero los británicos y después los estadounidenses comisionaron a gran número de científicos para aplicar las aproximaciones científicas a los muchos problemas tácticos y estratégicos. Estos equipos de científicos incluían físicos, biólogos, estadísticos, matemáticos y psicólogos. Ellos formaron los primeros equipos de investigación de operaciones.

Algunas de las investigaciones realizadas por los británicos consistieron en determinar el tamaño óptimo de los convoyes para minimizar las pérdidas debidas a los ataques de submarinos, el color correcto de los aviones para reducir el número de detecciones realizadas por los alemanes, la ubicación correcta de las cargas de profundidad y la mejor manera de colocar las unidades de radar para maximizar la cobertura potencial contra posibles ataques enemigos. Algunos estudios realizados por los estadounidenses incluyeron la resolución de problemas logísticos, la invención de nuevos patrones de vuelo y la utilización efectiva del equipo electrónico. La esencia de muchos de estos estudios iniciales se basaba en simples investigaciones estadísticas.

Después de la guerra, el éxito aparente de los equipos militares atrajo la atención de la industria que se encontraba buscando soluciones a los problemas causados por el incremento en la complejidad y especialización en las organizaciones.

Es posible identificar al menos otros dos factores que contribuyeron grandemente al rápido crecimiento de la investigación de operaciones durante este periodo. Uno fue el substancial progreso realizado en el desarrollo de las técnicas disponibles para la investigación de operaciones. Un ejemplo de esto es el *Método Simplex* usado para resolver problemas de programación lineal. Muchas de las herramientas "estándar" de la investigación de operaciones tales como la programación lineal, programación dinámica, teoría de inventarios y teoría de colas estaban ya relativamente bien desarrolladas antes del final de la década de los 50's.

El segundo factor que intervino en el impresionante desarrollo de la investigación de operaciones fue el desarrollo paralelo de la computadora digital. Esto brindó, a quienes tenían que tomar decisiones, grandes capacidades en velocidad de cómputo y en almacenamiento y recuperación de información. De no haber sido por la computadora, la investigación de operaciones, con sus problemas de cálculos a gran escala, no hubiera podido crecer hasta su estado actual.

Hasta 1960, la mayoría de las aplicaciones de la teoría de decisiones en la industria se referían a problemas repetitivos tales como control de producción y administración de recursos.

Desde la década de los 60's sin embargo, se ha ido incrementando la aplicación de la teoría de decisiones a problemas menos estructurados. Parcialmente, como resultado de esto, ha emergido una técnica más general por imposición de una lógica en el razonamiento que está detrás de *cualquier* decisión específica. Esta técnica, basada en los conceptos de teoría de decisiones, ha sido llamada *análisis de decisiones*. Mientras que la teoría de decisiones parece haber sido originada por Bernoulli, su aplicación a problemas de decisión fue desarrollada mucho después.

Se puede definir a la investigación de operaciones como un método científico aplicado a la solución de problemas y toma de decisiones para la administración. La investigación de operaciones involucra:

1. Construir un modelo simbólico, comúnmente matemático, que extrae los elementos esenciales de un problema de toma de decisiones de la vida real.
2. Examinar y analizar las relaciones que determinan las consecuencias de las alternativas que se pueden tomar y comparar el mérito relativo de éstas contra los objetivos de quien va a tomar la decisión.
3. Elegir una técnica de solución para seleccionar la mejor alternativa.

La investigación de operaciones se aplica a problemas tácticos (problemas repetitivos por naturaleza y que no requieren entradas subjetivas) y problemas estratégicos de la organización.

Los problemas tácticos tienen que ver con las actividades diarias o futuras de la organización. Ejemplos de problemas tácticos incluyen calendarización de la producción y control de inventarios, planes de inspección para control de calidad y auditoría. Los problemas estratégicos tienen una planeación y una orientación más global, es decir, se relacionan con las operaciones diarias de una organización solo de manera indirecta. Ejemplos de este tipo de problemas incluyen el desarrollo de programas de expansión de la organización a largo plazo, selección de lugares para los nuevos asentamientos, entre otros.

Quizás la mejor manera de captar la naturaleza única de la investigación de operaciones es examinando sus características y cualidades:

Foco. El foco principal de un estudio de investigación de operaciones se encuentra en la toma de decisiones. Esto es, los resultados principales del análisis deben, directamente y sin ambigüedad, tener implicaciones en la acción directa.

Áreas de aplicación. La investigación de operaciones se aplica a problemas que tienen que ver con la dirección y coordinación de las operaciones y actividades dentro de una organización. La naturaleza de dicha organización es irrelevante.

Aproximaciones metodológicas. La investigación de operaciones utiliza el método científico. Específicamente, el proceso comienza con la observación cuidadosa y la formulación de un problema. El siguiente paso es construir un modelo científico, generalmente matemático o de simulación, que intenta abstraer la esencia del problema real. De este modelo, se obtienen soluciones o conclusiones que también son aplicables al problema real.

Objetivo. La investigación de operaciones intenta encontrar la solución óptima, o la mejor posible, al problema en cuestión. Para realizar esto, es necesario definir una medida de efectividad que considere los objetivos de la organización. Esta medida es usada para comparar acciones alternativas.

Equipo de trabajo interdisciplinario. Un sólo individuo no puede tener el conocimiento completo de todos los aspectos de la investigación de operaciones o de los problemas en estudio. Esto requiere un grupo de individuos de diversas especialidades. El equipo debe ser interdisciplinario, incluyendo individuos con conocimientos de matemáticas, estadística, economía, administración, computación, ingeniería y psicología.

Computadora Digital. La mayoría de los estudios en investigación de operaciones requieren el uso de una computadora. Esto se debe a la complejidad del modelo matemático, el volumen de los datos a manipular, o los cálculos que es necesario realizar.

Estructura del modelo matemático

Un modelo matemático incluye, principalmente, tres conjuntos básicos de elementos:

1. *Variables de decisión y parámetros.* Las variables de decisión tienen valores desconocidos los cuales son determinados al resolver el modelo. Los parámetros son los valores conocidos que relacionan las variables de decisión con las constantes y la función objetivo. Los parámetros del modelo pueden ser determinísticos o probabilísticos.
2. *Restricciones.* Para tomar en cuenta las limitaciones tecnológicas, económicas y de otros tipos del sistema, el modelo debe incluir restricciones (implícitas o explícitas) que restrinjan las variables de decisión a un rango de valores factibles.
3. *Función objetivo.* La función objetivo define la medida de efectividad del modelo como una función matemática de las variables de decisión. Se obtiene una solución óptima al modelo cuando los valores de las variables de decisión obtienen el mejor valor de la función objetivo, sujeta a las restricciones.

El Proceso de la Investigación de Operaciones

El proceso de la investigación de operaciones incluye cinco pasos principales, a saber:

1. *Formulación y definición del problema.* Esta fase del proceso requiere una descripción precisa de las metas u objetivos de estudio.
2. *Construcción del modelo.* Consiste en identificar las variables controlables o de decisión y las variables del sistema que están fuera del control de quien va a tomar la decisión.
3. *Solución del modelo.* Dado el modelo, junto con sus parámetros, el investigador de operaciones calcula o deriva una solución matemática.
4. *Validación del modelo.* Validar un modelo significa determinar si éste puede predecir con confiabilidad el comportamiento real del sistema.
5. *Implementación de los resultados.*

El Análisis de Decisiones

En la sociedad actual, en la que gracias a los adelantos tecnológicos la información se maneja a una velocidad impresionante, la necesidad de toma de decisiones racionales en los negocios, la industria y el gobierno es vívida y algunas veces inquietante. Considérese, por ejemplo, el área de diseño y desarrollo de nuevos productos y equipos: comúnmente, el desarrollo de nuevos productos, desde la invención hasta la comercialización, es costoso y lleno de *incertidumbre* tanto en aspectos técnicos como económicos. Los problemas de desarrollo de productos relacionados con la investigación y desarrollo, producción, finanzas y actividades del mercado, de carácter táctico y estratégico abundan. Cada uno de estos problemas de decisiones es, en general, complejo. Es casi imposible para alguien que debe tomar decisiones, estimar

intuitiva y simultáneamente, todos los factores involucrados en una decisión. Por tanto, sería muy útil encontrar alguna forma de descomponer los problemas de decisión de manera que permitiera al responsable de tomar decisiones estudiar las implicaciones de un conjunto de factores a la vez de una forma racional.

El análisis de decisiones provee un rico conjunto de conceptos y técnicas que ayudan al responsable de tomar decisiones a enfrentar problemas complejos. La formulación del análisis de decisiones considera, explícitamente, las estructuras de preferencia del responsable de tomar decisiones y las incertidumbres que intervienen en la situación.

El análisis de decisiones tiene que ver con la toma de decisiones racionales y consistentes aún bajo condiciones de incertidumbre. Esto es, ayuda al responsable de tomar decisiones a contestar preguntas como, "¿Cuál es la mejor alternativa que se puede seleccionar con base en la información (la cual comúnmente es incompleta e incierta) que se tiene en este momento?". El análisis de decisiones habilita a quien toma decisiones para analizar una situación compleja con muchas *alternativas, estados y consecuencias*. El objetivo principal es elegir un curso de acción que sea consistente con los valores básicos y el conocimiento de quien toma la decisión.

A pesar de que existen diversas opiniones acerca de la aplicación y límites de la teoría de decisiones, los autores generalmente coinciden en el concepto básico de la situación de toma de decisiones: *quien debe tomar una decisión debe elegir entre varias alternativas*. A éstas se les llama *acciones o estrategias*. La elección de cualquiera de esas acciones lleva a una consecuencia.

Algunos teóricos sostienen que en la toma de decisiones con múltiples alternativas, los individuos hacen elecciones de un conjunto de alternativas asignando una valor de utilidad a cada una de ellas.

El análisis de decisiones ha sido aplicado a problemas de control de huracanes, contaminación del agua, campañas de publicidad, exploración de recursos, medicina, leyes, seguridad nuclear, exploración espacial, lanzamiento de nuevos productos, investigación y desarrollo, y en muchos otros campos.

3.1. EL PROBLEMA DE TOMA DE DECISIONES

3.1.1. Objetivo de la Teoría de Decisiones

Tal vez la forma más fácil de comprender el objetivo de la teoría de decisiones sea a través de un ejemplo.

Ejemplo 3.1.1:

Suponga que por la mañana se asoma a la ventana y observa que el día está nublado. Esto indica que es posible que llueva en el transcurso del día y por tener que salir a la calle debe decidir si lleva o no paraguas.

El ejemplo anterior representa un tipo de problemas que la teoría de decisiones se propone resolver.

Para este problema existen dos alternativas:

1. llevar paraguas
2. no llevar paraguas

También existen dos eventos fuera de control:

- 1: lloverá el día de hoy
- 2: no lloverá el día de hoy

El problema principal que enfrenta quien debe tomar una decisión es que en la mayoría de los casos es imposible asegurar al 100% cuál de los eventos posibles ocurrirá. El planteamiento del ejemplo 3.1.1 se puede resumir en el cuadro de la figura 3.1.1.

ALTERNATIVAS	EVENTOS	CONSECUENCIAS
Si no lleva paraguas y	llueve	se mojará
Si no lleva paraguas y	no llueve	no se mojará ni tendrá que cargar el paraguas todo el día
Si lleva paraguas y	llueve	no se mojará
Si lleva paraguas y	no llueve	no se mojará pero tendrá que cargar el paraguas todo el día

Figura 3.1.1

Generalmente, cuando alguien debe tomar una decisión, debe hacerlo para cumplir ciertas metas u objetivos preestablecidos. Lo anterior nos permite definir el siguiente

Objetivo de la Teoría de Decisiones

La teoría de decisiones tiene como finalidad permitir evaluar la eficacia de una decisión al medir el grado en el que sus resultados satisfacen el objetivo u objetivos especificados por el individuo o grupo de individuos que tomarán la decisión.

En el ejemplo 3.1.1 el objetivo principal es no mojarse, y de ser posible, no tener que

cargar el paraguas todo el día. A partir del objetivo planteado se puede concluir que la decisión a tomar depende tanto del objetivo como del conocimiento y actitud hacia el riesgo de quien toma la decisión; es decir, para este problema se puede preguntar *¿qué es preferible: arriesgarse a mojarse por no llevar el paraguas o bien llevar el paraguas para no correr el riesgo de mojarse?* Con este planteamiento, la solución depende solamente de su respuesta a la pregunta anterior. En las secciones siguientes se estudiarán algunos métodos formales para resolver problemas de toma de decisiones.

Al repasar el planteamiento del ejemplo 3.1.1 se observa que existen varios elementos que deben ser considerados. Dichos elementos forman la estructura de cualquier problema de toma de decisiones.

3.1.2. Elementos de los Problemas de Toma de Decisiones

Si bien cada situación de toma de decisiones tiene rasgos que le son propios, la mayoría de los problemas de decisiones poseen ciertos elementos en común. Estos elementos son:

- un decisor o tomador de decisiones,
- un conjunto de alternativas de acción,
- un conjunto de estados de la naturaleza, y
- un conjunto de consecuencias.

Decisor (o tomador de decisiones).

Siempre hay un individuo o grupo de individuos: un comité, un departamento dentro de una empresa, una empresa completa, un gobierno, etc., que es el responsable de tomar la decisión. Generalmente las decisiones a nivel individual sólo dependen de los objetivos y criterios del individuo que las toma y las consecuencias producidas por la decisión tomada afectan básicamente al individuo. A niveles más elevados; organizaciones o gobiernos, las decisiones dependen de las metas u objetivos de las organizaciones que las toman y mucha gente se ve afectada por las consecuencias de esas decisiones, como es el caso de las decisiones gubernamentales.

Las tareas básicas que debe realizar el decisor para poder tomar sus decisiones son:

- Identificar el conjunto completo de alternativas de acción que están a su alcance.
- Identificar el conjunto completo de los estados posibles de la naturaleza.
- Cuantificar los resultados (consecuencias) que corresponden a todas las posibles combinaciones de cada alternativa de acción con cada estado de la naturaleza.
- Elegir la alternativa de acción que sea más conveniente.

Alternativas de Acción

En todo problema de toma de decisiones una de las tareas más importantes que debe realizar el decisor es identificar el conjunto de alternativas de acción para el problema en cuestión. El conjunto de alternativas de acción contiene todas las posibles alternativas que puede llevar a cabo el decisor.

Una vez que se han especificado claramente todas las alternativas de acción posibles, *la decisión involucra la elección de una de esas alternativas.*

Las alternativas de acción deben ser *mutuamente exclusivas*; esto significa que la elección de cualquiera de ellas excluye automáticamente a todas las restantes. También deben ser

colectivamente exhaustivas lo cual quiere decir que el conjunto de alternativas de acción cubre completamente todas las posibilidades de acción para el problema, en otras palabras, no debe existir ninguna alternativa de acción posible para el problema que no esté contenida dentro del conjunto de alternativas de acción considerado. Las alternativas de acción se denotan como:

$$a_1, a_2, \dots, a_j$$

Estados de la naturaleza

Los estados de la naturaleza son las situaciones que no están bajo el control del decisor pero que en combinación con las alternativas de acción afectan el resultado de la decisión; estos estados de la naturaleza pueden ser sucesos cuya posibilidad de ocurrencia es desconocida, pudiendo ser, sucesos futuros. Debido a que los estados de la naturaleza están fuera del control del decisor, éste se encuentra sujeto a la ocurrencia de cualquiera de ellos lo cual influirá en las consecuencias de su decisión.

Los estados de la naturaleza, al igual que las alternativas de acción, son *mutuamente exclusivos* (ocurrirá *uno y sólo uno* de ellos eliminando automáticamente a los restantes) y *colectivamente exhaustivos* (el conjunto de estados cubre completamente la ocurrencia de cualquier suceso, es decir, no puede ocurrir ningún estado de la naturaleza que no pertenezca al conjunto).

A los estados de la naturaleza también se les conoce como "eventos", "estados del mundo" o simplemente como "estados". Los estados de la naturaleza se denotan como:

$$e_1, e_2, \dots, e_k$$

Consecuencias

Las consecuencias resultan de la combinación de las alternativas de acción y la ocurrencia de los estados de la naturaleza. *El valor de las consecuencias debe ser estimado por el decisor con base en la información disponible y transformado a utilidades (apoyándose en los valores e intereses del decisor). Este valor es una medida del beneficio (no necesariamente una ganancia monetaria) o pérdida neta que se obtendrá de cada par alternativa de acción-estado de la naturaleza.*

Las consecuencias de cualquier alternativa de acción dependen también de cuál de los estados de la naturaleza ocurra y pueden ser mejores o peores para una misma alternativa según el estado de la naturaleza que ocurra. Las consecuencias se denotan como:

$$c(a_i, e_l) \text{ donde } 1 \leq i \leq j, 1 \leq l \leq k$$

Además de los elementos descritos, un problema de toma de decisiones también puede involucrar:

- Una función de utilidad que permite valorar las consecuencias.
- Un criterio de decisión que determina la alternativa de acción a seguir (este criterio de decisión puede ser alguno de los que se verán en las secciones siguientes).

A continuación se expondrá un ejemplo en el cual se reconocerán los elementos que se acaban de describir.

Ejemplo 3.1.2

Suponga que es viernes por la tarde y usted está haciendo planes para pasar el fin de semana (quede claro que *usted* es el decisor). Debido a las circunstancias tiene que elegir entre

realizar una de las siguientes actividades posibles:

- alternativa de acción 1.* Ir al cine
- alternativa de acción 2.* Ir a un día de campo
- alternativa de acción 3.* Ir a navegar en bote

Las tres actividades indicadas arriba forman el conjunto de alternativas de acción para este ejemplo. Suponga que llevar a cabo una de estas actividades le costaría lo mismo que realizar cualquiera de las otras dos y que consumiría todo su dinero. Esto implica que podrá realizar *una y sólo una* de ellas (lo cual significa que, como ya se había mencionado, las alternativas de acción son mutuamente exclusivas y colectivamente exhaustivas porque usted ha incluido todas las actividades que le interesan). En un problema de toma de decisiones el decisor debe conocer *perfectamente el conjunto de todas las alternativas posibles para el problema en cuestión* y debe elegir sólo una de ellas.

Usted no puede saber el clima que predominará durante el fin de semana y sin embargo debe tomar su decisión en este momento para tener tiempo de preparar lo necesario para la actividad elegida. Obviamente el clima está fuera de su control y puede ser:

- malo (se presentará lluvia)
- soleado sin viento
- soleado con viento

Las tres opciones descritas conforman el conjunto de estados, excluyentes y exhaustivos, de la naturaleza.

La diversión que obtenga durante el fin de semana dependerá tanto de la actividad que elija realizar como del clima que impere (se supondrá que el clima predominante será el mismo todo el día). Si llueve, no se divertirá si eligió ir a navegar en bote o ir al día de campo. Si el día es soleado pero no hace viento, puede divertirse si decidió ir de día de campo, pero no si va a navegar en bote. Si el día es soleado y también hace viento lo que más diversión puede brindarle es ir a navegar en bote. Si decidió ir al cine la diversión que obtendrá será la misma sin importar el clima que se presente.

La diversión será medida con base en el número de horas que puede durar cada actividad. Los máximos para cada actividad dado cada posible estado del clima son:

- | | |
|---|---------|
| - ir al cine sin importar el clima | 2 horas |
| - ir al día de campo si el día es soleado y no hay viento | 4 horas |
| - ir al día de campo si el día es soleado y hay viento | 2 horas |
| - ir al día de campo si llueve | 0 horas |
| - ir a navegar en bote si el día es soleado y no hay viento | 4 horas |
| - ir a navegar en bote si el día es soleado y hay viento | 9 horas |
| - ir a navegar en bote si llueve | 0 horas |

Si elige ir a navegar tendrá que invertir ahora mismo 2 horas en limpiar el bote, por lo que el tiempo neto de diversión que puede obtener realizando esta actividad será de 2 (4 - 2) horas si no hay viento, de 7 (9 - 2) horas si hay viento, y de -2 (0 - 2) horas si llueve. Todas las posibles combinaciones de alternativas de acción y estados de la naturaleza que se acaban de describir forman el conjunto de consecuencias para este ejemplo. En este momento no se cuenta con ninguna herramienta formal para dar solución a este problema. En las secciones siguientes se verán algunos de los métodos formales que pueden ser usados para resolver problemas de toma de decisiones.

El planteamiento del ejemplo 3.1.2 se puede resumir en la matriz de la figura 3.1.2.

alternativas de acción \ estados de la naturaleza	estados de la naturaleza		
	clima malo (lluvia)	soleado sin viento	soleado con viento
Ir al cine	2 h	2 h	2 h
Ir al día de campo	0 h	4 h	2 h
Ir a navegar en bote	-2 h	2 h	7 h

figura 3.1.2

El construir esta matriz facilita la solución de los problemas de toma de decisiones lo cual requiere asignar un valor numérico que represente la "utilidad" correspondiente a cada par *alternativa de acción-estado de la naturaleza*. A esta matriz se le da el nombre de *matriz de pagos* o *matriz de decisiones*.

3.1.3. La matriz de Pagos

La matriz de pagos o de decisiones agrupa los elementos esenciales para formular un problema de toma de decisiones. En la matriz de pagos cada alternativa de acción corresponde a un renglón y cada estado de la naturaleza corresponde a una columna (las alternativas de acción encabezan los renglones y los estados de la naturaleza encabezan las columnas). En la intersección de un renglón con una columna se lista la consecuencia que corresponde a la alternativa de ese renglón y al estado de esa columna. La forma general de la matriz de pagos para cualquier problema de toma de decisiones se muestra en la figura 3.1.3.

Obsérvese que a cada par *alternativa de acción-estado de la naturaleza* le corresponde una consecuencia específica. Por ejemplo, si la alternativa de acción elegida al tomar una decisión es a_2 y el estado de la naturaleza que se presenta es Θ_j la consecuencia producida por la decisión tomada es c_{2j} .

Representar los problemas de toma de decisiones en una matriz de pagos tiene la ventaja de que simplifica el manejo de la información y al mismo tiempo permite aplicar métodos matemáticos que ayuden a lograr las decisiones óptimas.

alternativas de acción \ estados de la naturaleza	estados de la naturaleza			
	Θ_1	Θ_2	...	Θ_j
a_1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1j}
a_2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2j}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a_i	c_{i1}	c_{i2}	...	c_{ij}

Consecuencias

figura 3.1.3

3.1.4. Los Modelos de Decisión

Los problemas de toma de decisiones pueden clasificarse según el grado de certidumbre como:

- problemas de toma de decisión bajo certeza
- problemas de toma de decisión bajo riesgo
- problemas de toma de decisión bajo incertidumbre

Toma de decisiones bajo certeza.

Se habla de un problema de decisión bajo certeza (o *determinístico*) cuando el tomador de decisiones conoce perfectamente qué estado de la naturaleza ocurrirá y, por lo tanto, es capaz de seleccionar aquella alternativa de acción que le permita lograr los mejores resultados de acuerdo con sus objetivos y metas preestablecidos.

Para cada alternativa de acción en un problema bajo certidumbre, hay un pago o consecuencia único. En otras palabras, se considera sólo un estado de la naturaleza Θ_k (el estado para el cual se sabe que la probabilidad de ocurrencia es igual a 1) y un pago correspondiente a él.

En la figura 3.1.4 se muestra la matriz de decisión para el caso de toma de decisiones bajo certeza:

acción	estado de la naturaleza (Θ_k) con probabilidad de ocurrencia igual a 1 (bajo certeza)	
a_1	C_{1k}	(pagos o consecuencias)
a_2	C_{2k}	
\vdots	\vdots	
\vdots	\vdots	
a_j	C_{jk}	

figura 3.1.4

Toma de decisiones bajo riesgo

En este caso no se conoce con certeza cuál de los estados será adoptado por la naturaleza, pero se conoce una distribución de probabilidad que indica la probabilidad de ocurrencia de todos y cada uno de los estados de la naturaleza definidos para el problema.

En la figura 3.1.5 se muestra la matriz de decisión para el caso de toma de decisiones bajo riesgo:

acción	Distribución de probabilidad			
	(Θ_1)	(Θ_2)	\dots	(Θ_k)
a_1	C_{11}	C_{12}	\dots	C_{1k}
a_2	C_{21}	C_{22}	\dots	C_{2k}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
a_j	C_{j1}	C_{j2}	\dots	C_{jk}

$P(\Theta_1) = \alpha$
 $P(\Theta_2) = \beta$
 $P(\Theta_3) = \chi$
 \vdots
 $P(\Theta_k) = \delta$
 donde:
 $\alpha + \beta + \chi + \dots + \delta = 1$

figura 3.1.5

Toma de decisiones bajo incertidumbre

Un problema de toma de decisiones bajo incertidumbre es aquel en el que no se conoce con certeza que estado ocurrirá, y tampoco se conoce una distribución de probabilidad que defina la probabilidad de ocurrencia de los estados de la naturaleza.

En la figura 3.1.6 se muestra la matriz de decisión para el caso de toma de decisiones bajo incertidumbre:

acción	(Θ_1)	(Θ_2)	...	(Θ_k)
a_1	C_{11}	C_{12}	...	C_{1k}
a_2	C_{21}	C_{22}	...	C_{2k}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
a_j	C_{j1}	C_{j2}	...	C_{jk}

Figura 3.1.6

En términos de probabilidad, se puede decir que si el decisor sabe que la probabilidad de que se presente un estado Θ específico es igual a 1 entonces el problema de toma de decisiones es bajo certeza. Si, por datos históricos, experiencia o intuición del decisor se puede estimar una distribución de probabilidad que defina la probabilidad de ocurrencia de todos los estados de la naturaleza para el problema, se tiene un problema bajo condiciones de riesgo; si esto no es posible, se tiene un problema de decisión bajo incertidumbre.

3.2. TOMA DE DECISIONES SIN EXPERIMENTACIÓN

Considérese el siguiente problema:

Ejemplo 3.2.1. El Sr. Chong es el dueño de una fábrica de reproductoras de cassettes de video "videocassetteras". Recientemente diseñó un nuevo modelo con características muy superiores a las que actualmente produce pero a un precio mayor. Su precio de venta es de \$3,500.00 mientras que el del modelo actual es de \$1,100.00.

El Sr. Chong se enfrenta al dilema de tener que decidir si seguir produciendo sólo el modelo actual como hasta ahora, o bien producir el modelo actual y además cierto número de unidades del modelo nuevo. Se supondrá que su fábrica tiene la capacidad para producir ambos modelos.

Hoy en día el modelo actual genera una ganancia mensual de \$200,000.00 pues se producen al mes 500 unidades de este modelo a un costo de producción de \$700.00 por unidad:

$$500 \times (1,100.00 - 700.00) = \$200,000.00$$

Para el nuevo modelo, el costo de producción es de:

\$2,800.00, por unidad para una producción de 100 unidades al mes

\$2,400.00, por unidad para una producción de 250 unidades al mes
 \$1,900.00, por unidad para una producción de 500 unidades al mes

En la figura 3.2.1 se muestran las alternativas de acción y sus ganancias correspondientes:

	demanda de 500 unidades del modelo nuevo	demanda de 250 unidades del modelo nuevo	demanda de 100 unidades del modelo nuevo	demanda de 0 unidades del modelo nuevo
producir el modelo actual y 500 unidades del modelo nuevo	1,000,000.00	125,000.00	-400,000.00	-750,000.00
producir el modelo actual y 250 unidades del modelo nuevo	475,000.00	475,000.00	-50,000.00	-400,000.00
producir el modelo actual y 100 unidades del modelo nuevo	270,000.00	270,000.00	270,000.00	-80,000.00
producir sólo el modelo actual	200,000.00	200,000.00	200,000.00	200,000.00

Figura 3.2.1. Ganancias posibles para el problema del Sr. Chong

Por lo tanto, si se producen 500 unidades del modelo nuevo, los costos serán de \$950,000.00. En este caso, si la demanda del mercado es de 500 unidades entonces la ganancia por concepto del nuevo modelo será de \$800,000.00; si la demanda es de sólo 250 unidades se perderán \$75,000.00; si la demanda es de sólo 100 unidades, se perderán \$600,000.00; y si el modelo no tiene aceptación en el mercado, es decir, su demanda es de cero unidades (o bien el número de unidades vendidas no llega a cien, en cuyo caso se considerará que no hay demanda) se perderán los \$950,000.00 del costo de producción.

Si se producen 250 unidades los costos serán de \$600,000.00. Si la demanda es de 250 unidades se obtendrá una ganancia por este modelo de \$275,000.00; si sólo hay demanda por 100 unidades se perderán \$250,000.00; y si no hay demanda se perderán \$600,000.00.

Si se producen 100 unidades los costos serán de \$280,000.00. Si se venden todas, se logrará una ganancia de \$70,000.00; si no hay demanda se perderán \$280,000.00.

Para todos los casos se debe considerar que la demanda y producción para el modelo actual permanece sin cambios y, por lo tanto, la ganancia producida por concepto de este modelo se mantendrá constante siempre. La ganancia neta que el Sr. Chong puede obtener en un mes se obtendrá sumando algebraicamente las ganancias y pérdidas producidas por ambos modelos.

Para este problema, las alternativas de acción son:

- a_1 : producir el modelo actual y 500 unidades del modelo nuevo
- a_2 : producir el modelo actual y 250 unidades del modelo nuevo
- a_3 : producir el modelo actual y 100 unidades del modelo nuevo
- a_4 : producir sólo el modelo actual

por otro lado, los estados de la naturaleza son:

- θ_1 : La demanda del nuevo modelo es de 500 unidades
- θ_2 : La demanda del nuevo modelo es de 250 unidades
- θ_3 : La demanda del nuevo modelo es de 100 unidades

Θ_4 : La demanda del nuevo modelo es de 0 unidades

Se definirá la consecuencia de cada alternativa dado cada estado de la naturaleza como una función que depende de la alternativa y del estado, la cual puede ser evaluada en términos de utilidad y se le llamará $f(a, \Theta)$, es decir:

$$c_{jk} = f(a_j, \Theta_k)$$

3.2.1. El Criterio Minimax

Si se conociera el estado verdadero de la naturaleza, sería muy sencillo elegir la acción correcta: sería la acción con la menor pérdida o la mayor ganancia. Para el ejemplo del Sr. Chong, si $\Theta = \Theta_1$ (demanda de 500 unidades del modelo nuevo), la mejor acción es a_1 (producir el modelo actual y 500 unidades del modelo nuevo); por otra parte, si $\Theta = \Theta_4$ (demanda de cero unidades del modelo nuevo), la mejor acción es la a_4 (producir sólo el modelo actual).

El principio minimax indica elegir la acción cuya peor consecuencia es la mejor. Para cada estado de la naturaleza Θ_k dado, el tomador de decisiones debe elegir la acción a_j con la cual se genere la ganancia máxima o la pérdida mínima. De entre éstas, debe elegir la acción que minimiza la pérdida.

En el problema del Sr. Chong, y suponiendo que la demanda para el nuevo modelo es desconocida se minimizará la máxima ganancia posible.

Inicialmente, se debe elegir, para cada Θ_k , la acción con la cual se maximice la ganancia; posteriormente, de las acciones elegidas, se debe optar por aquella con la cual la ganancia lograda sea la mínima de las máximas:

- Si la demanda es de 500 unidades del nuevo modelo ($\Theta = \Theta_1$):

$$\text{Máx}\{\overset{a_1}{\$1,000,000.00}, \overset{a_2}{\$475,000.00}, \overset{a_3}{\$270,000.00}, \overset{a_4}{\$200,000.00}\} = \overset{a_1}{\$1,000,000.00}$$

que corresponde a elegir la acción a_1 .

- Si la demanda es de 250 unidades del nuevo modelo ($\Theta = \Theta_2$):

$$\text{Máx}\{\overset{a_1}{\$125,000.00}, \overset{a_2}{\$475,000.00}, \overset{a_3}{\$270,000.00}, \overset{a_4}{\$200,000.00}\} = \overset{a_2}{\$475,000.00}$$

que corresponde a elegir la acción a_2 .

- Si la demanda es de 100 unidades del modelo nuevo ($\Theta = \Theta_3$):

$$\text{Máx}\{\overset{a_1}{-\$400,000.00}, \overset{a_2}{-\$50,000.00}, \overset{a_3}{\$270,000.00}, \overset{a_4}{\$200,000.00}\} = \overset{a_3}{\$270,000.00}$$

que corresponde a elegir la acción a_3 .

- Si la demanda de unidades del nuevo modelo es inferior a 100 unidades ($\Theta = \Theta_4$):

$$\text{Máx}\{\overset{a_1}{-\$750,000.00}, \overset{a_2}{-\$400,000.00}, \overset{a_3}{-\$80,000.00}, \overset{a_4}{\$200,000.00}\} = \overset{a_4}{\$200,000.00}$$

lo cual corresponde a elegir la acción a_4 .

De lo anterior, se tiene:

Si $\Theta = \Theta_1$ la máxima ganancia es \$1,000,000.00 eligiendo la acción a_1

Si $\Theta = \Theta_2$ la máxima ganancia es \$ 475,000.00 eligiendo la acción a_2

Si $\theta = \theta_3$ la máxima ganancia es \$ 270,000.00 eligiendo la acción a_3

Si $\theta = \theta_4$ la máxima ganancia es \$ 200,000.00 eligiendo la acción a_4

El criterio minimax indica elegir la mínima de estas cuatro posibles ganancias, por lo tanto se tiene:

$$\text{Mín}\{a_1, a_2, a_3, a_4\} = \text{Mín}\{\$1,000,000.00, \$475,000.00, \$270,000.00, \$200,000.00\} = \$200,000.00$$

lo cual corresponde a elegir la acción a_4 : *Seguir produciendo sólo el modelo actual*, ya que esta acción minimiza (obtiene el mínimo de los máximos posibles) la ganancia del Sr. Chong.

El criterio minimax se usa muy poco debido a que es extremadamente conservador. Este criterio supone que la naturaleza es malévoa y provocará la ocurrencia de aquel estado que cause el mayor daño posible al tomador de decisiones. En general la naturaleza no se comporta de esta manera, por lo que es recomendable el uso de algún otro criterio.

3.2.2. El Criterio del Valor Esperado

Para utilizar el criterio del Valor Esperado, también conocido como *Criterio de Bayes*, se requiere conocer una distribución de probabilidad, estimada a partir de la experiencia del tomador de decisiones o de datos históricos, que permita considerar los estados de la naturaleza como variables aleatorias; a esta distribución se le conoce como *distribución a priori*. Las distribuciones a priori son, generalmente, subjetivas y dependen de la experiencia del tomador de decisiones.

De nuevo en el problema del Sr. Chong; supóngase que a partir de los datos del comportamiento del mercado para productos anteriores, el Sr. Chong puede *estimar* la siguiente distribución de probabilidad a priori:

$$P\{\theta = \theta_1\} = P_{\theta}(1) = 0.30$$

$$P\{\theta = \theta_2\} = P_{\theta}(2) = 0.40$$

$$P\{\theta = \theta_3\} = P_{\theta}(3) = 0.20$$

$$P\{\theta = \theta_4\} = P_{\theta}(4) = 0.10$$

El criterio del Valor Esperado indica que haciendo uso de la distribución a priori, el tomador de decisiones debe seleccionar aquella acción que maximice (minimice) su ganancia (pérdida) esperada. Esta pérdida o ganancia, según sea el caso, se evalúa respecto a la distribución de probabilidad a priori definida sobre todos los estados de la naturaleza de la siguiente manera:

$$f(a) = E[f(a, \theta)] = \begin{cases} \sum_{i=1}^k f(a, i) \cdot P_{\theta}(i) & \text{si } \theta \text{ es discreta} \\ \int_{-\infty}^{\infty} f(a, y) \cdot P_{\theta}(y) dy & \text{si } \theta \text{ es continua} \end{cases}$$

En el problema del Sr. Chong, la ganancia esperada para cada acción es:

Para a_1 :

$$f(a_1) = E[f(a_1, \theta)] = \$1,000,000.00(0.3) + \$125,000.00(0.4) - \$400,000.00(0.2) - \$750,000.00(0.1) \\ = \$195,000.00$$

Para a_2 :

$$f(a_2) = E[f(a_2, \theta)] = \$475,000.00(0.3) + \$475,000.00(0.4) - \$50,000.00(0.2) - \$400,000.00(0.1) \\ = \$ 282,500.00$$

Para a_3 :

$$f(a_3) = E[f(a_3, \theta)] = \$270,000.00(0.3) + \$270,000.00(0.4) + \$270,000.00(0.2) - \$80,000.00(0.1) \\ = \$ 235,000.00$$

Para a_4 :

$$f(a_4) = E[f(a_4, \theta)] = \$200,000.00(0.3) + \$200,000.00(0.4) + \$200,000.00(0.2) + \$200,000.00(0.1) \\ = \$ 200,000.00$$

El criterio del Valor Esperado indica elegir la acción a_2 , para la cual la ganancia esperada es de \$ 282,500.00, y es la ganancia esperada máxima.

Por lo tanto siguiendo este criterio, el Sr. Chong debería elegir continuar produciendo el modelo actual y producir al mismo tiempo 250 unidades del modelo nuevo.

3.2.3. Pérdida de Oportunidad

Existe otro enfoque para analizar los problemas de toma de decisiones denominado *Pérdida de Oportunidad o de arrepentimiento mínimáx.* Para hacer uso de este enfoque es necesario desarrollar una matriz distinta a la que hasta ahora se ha usado. Se obtendrá esta nueva matriz la que se llamará matriz de *pérdida de oportunidad.* Para el problema del Sr. Chong:

Si $\theta = \theta_1$, entonces el mejor pago posible es \$1,000,000.00 que corresponde a la acción a_1 . Comparando todos los demás pagos posibles para el estado de la naturaleza θ_1 con respecto al pago para a_1 :

Si $\theta = \theta_1$:

$$\begin{aligned} \$ 1,000,000.00 - \$ 1,000,000.00 &= \$ \quad 0.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_1 \\ \$ 1,000,000.00 - \$ \quad 475,000.00 &= \$ 525,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_2 \\ \$ 1,000,000.00 - \$ \quad 270,000.00 &= \$ 730,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_3 \\ \$ 1,000,000.00 - \$ \quad 200,000.00 &= \$ 800,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_4 \end{aligned}$$

Si $\theta = \theta_2$, el mejor pago posible es 475,000.00 que corresponde a a_2 :

$$\begin{aligned} \$ 475,000.00 - \$ 125,000.00 &= \$ 350,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_1 \\ \$ 475,000.00 - \$ 475,000.00 &= \$ \quad 0.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_2 \\ \$ 475,000.00 - \$ 270,000.00 &= \$ 205,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_3 \\ \$ 475,000.00 - \$ 200,000.00 &= \$ 275,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_4 \end{aligned}$$

Si $\theta = \theta_3$, el mejor pago posible es 270,000.00 que corresponde a a_3 :

$$\begin{aligned} \$ 270,000.00 - (-\$ 400,000.00) &= \$ 670,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_1 \\ \$ 270,000.00 - (-\$ 50,000.00) &= \$ 320,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_2 \\ \$ 270,000.00 - \$ 270,000.00 &= \$ \quad 0.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_3 \\ \$ 270,000.00 - \$ 200,000.00 &= \$ \quad 70,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_4 \end{aligned}$$

Si $\theta = \theta_4$, el mejor pago posible es 200,000.00 que corresponde a a_4 :

$$\begin{aligned} \$ 200,000.00 - (-\$ 750,000.00) &= \$ 950,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_1 \\ \$ 200,000.00 - (-\$ 400,000.00) &= \$ 600,000.00 \text{ que es la pérdida de oportunidad para } a_2 \end{aligned}$$

$\$ 200,000.00 - (-\$ 80,000.00) = \$ 280,000.00$ que es la pérdida de oportunidad para a_3
 $\$ 200,000.00 - \$ 200,000.00 = \$ 0.00$ que es la pérdida de oportunidad para a_4

En notación matricial:

	demanda de 500 unidades del modelo nuevo	demanda de 250 unidades del modelo nuevo	demanda de 100 unidades del modelo nuevo	demanda de 0 unidades del modelo nuevo
producir el modelo actual y 500 unidades del modelo nuevo	\$ 0.00	\$ 350,000.00	\$ 670,000.00	\$ 950,000.00
producir el modelo actual y 250 unidades del modelo nuevo	\$525,000.00	\$ 0.00	\$ 320,000.00	\$ 600,000.00
producir el modelo actual y 100 unidades del modelo nuevo	\$ 730,000.00	\$ 205,000.00	\$ 0.00	\$280,000.00
producir sólo el modelo actual	\$ 800,000.00	\$ 275,000.00	\$ 70,000.00	\$ 0.00

Figura 3.2.2. Matriz de pérdida de oportunidad

que es la matriz de pérdida de oportunidad para el problema del Sr. Chong. Cabe aclarar que todos los valores de esta matriz indican *pérdidas* posibles para cada acción dado cada estado de la naturaleza.

Como ya se habrá deducido a partir del procedimiento seguido para obtener la matriz de la figura 3.2.2, la *pérdida de oportunidad* es aquella que se produce como consecuencia de elegir una acción cuyo pago es menor al mejor pago posible para el estado de la naturaleza que se presenta. En otras palabras, es lo que se deja de ganar si se elige una acción a_x con un pago menor al de otra acción a_y si ocurre un estado de la naturaleza determinado θ_k .

3.2.3.1. El Criterio de Pérdida Esperada

Es el criterio del Valor Esperado aplicado a la matriz de pérdida de oportunidad. Recordando la distribución *a priori* estimada por el Sr. Chong cuando se resolvió el problema utilizando el criterio del Valor Esperado:

$$P(\theta = \theta_1) = P_{\theta}(1) = 0.30$$

$$P(\theta = \theta_2) = P_{\theta}(2) = 0.40$$

$$P(\theta = \theta_3) = P_{\theta}(3) = 0.20$$

$$P(\theta = \theta_4) = P_{\theta}(4) = 0.10$$

De manera análoga a como se aplicó el criterio del Valor Esperado a la matriz de pagos se aplicará el criterio de pérdida esperada a la matriz de pérdida de oportunidad:

Para a_1 :

$$e(a_1) = 0.0(0.3) + 350,000.00(0.4) + 670,000.00(0.2) + 950,000.00(0.1) = \$ 369,000.00$$

Para a_2 :
 $e(a_2) = 525,000.00(0.3) + 0.0(0.4) + 320,000.00(0.2) + 600,000.00(0.1) = \$ 281,500.00$

Para a_3 :
 $e(a_3) = 730,000.00(0.3) + 205,000.00(0.4) + 0.0(0.2) + 280,000.00(0.1) = \$ 329,000.00$

Para a_4 :
 $e(a_4) = 800,000.00(0.3) + 275,000.00(0.4) + 70,000.00(0.2) + 0.0(0.1) = \$ 364,000.00$

donde $e(a_j)$ representa la pérdida esperada para la acción a_j .

Se puede observar que la acción a_2 producir el modelo actual y 250 unidades del modelo nuevo, arroja la menor pérdida esperada que es de \$281,500.00; y por lo tanto es la elección del Sr. Chong (recuérdese que el criterio del Valor Esperado indicó la misma acción como solución en el enfoque de pagos).

El criterio del Valor Esperado para la matriz de pagos y de Pérdida Esperada para la matriz de pérdida de oportunidad siempre indican la misma acción como solución a los problemas de toma de decisiones.

3.3 TOMA DE DECISIONES CON EXPERIMENTACIÓN

En la sección anterior se estudiaron problemas de toma de decisiones en los cuales el decisor elegía la acción sin realizar experimentación. En esta sección se estudiará el caso donde es posible realizar alguna experimentación, con un costo, que arroje nueva información sobre el problema de toma de decisiones.

El análisis de problemas de decisiones con experimentación requiere calcular distribuciones de probabilidad *a posteriori* (distribuciones de probabilidad que incluyen los resultados de la experimentación). El cálculo de estas distribuciones de probabilidad *a posteriori* está basado en la *regla de Bayes*.

La regla de Bayes es un método muy poderoso para *incorporar* información nueva no contenida en la distribución *a priori* de los eventos de interés (en toma de decisiones dichos eventos son los estados de la naturaleza). Usada correctamente, puede ayudar en la toma de decisiones con experimentación, como se expondrá en esta sección.

3.3.1. La Regla de Bayes

La probabilidad **CONDICIONAL** de que se presente un evento B dado que ocurrió un evento A , que se denota $P(B|A)$, está dada por:

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \dots (1)$$

por tanto, la probabilidad de que ocurra el evento A dado que ocurrió el evento B esta dada por:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \dots (2)$$

Despejando $P(A \cap B)$ de la ecuación 1 se obtiene:

$$P(A \cap B) = P(B|A) \cdot P(A) \dots (3)$$

que se conoce como *regla de multiplicación de probabilidades*.

Sustituyendo la ecuación 3 en la ecuación 2 se obtiene:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)} \dots (4)$$

Teorema de la probabilidad total.

Quando B_1, B_2, \dots, B_j son eventos mutuamente excluyentes:

$$P(B_1 \text{ ó } B_2 \text{ ó } \dots \text{ ó } B_j|A) = P(B_1|A) + P(B_2|A) + \dots + P(B_j|A) \dots (5)$$

Teorema de la probabilidad total: si los eventos A_1, A_2, \dots, A_n son alternativas mutuamente excluyentes con:

$$\sum_{i=1}^n P(A_i) = 1, \text{ la probabilidad de que el evento } B \text{ sea el resultado es:}$$

$$P(B) = P(B|A_1) \cdot P(A_1) + \dots + P(B|A_n) \cdot P(A_n) = \sum_{i=1}^n P(B|A_i) \cdot P(A_i) \dots (6)$$

Sustituyendo la ecuación 6 en la ecuación 4:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B|A_1) \cdot P(A_1) + \dots + P(B|A_n) \cdot P(A_n)} \dots (7) \text{ Regla de Bayes}$$

Regla de Bayes: Si A_1, A_2, \dots, A_n son n eventos mutuamente excluyentes, de los cuales al menos uno de los A_i , donde $i = 1, 2, \dots, n$ debe ocurrir, la probabilidad condicional de la ocurrencia de A_i , cuando el evento B ha ocurrido está dada por la ecuación 7.

La regla de Bayes permite calcular las distribuciones de probabilidad **a posteriori** $P(A_i|B)$ en términos de la distribución de probabilidad **a priori** $P(A_1), \dots, P(A_n)$, y de las probabilidades condicionales $P(B|A_1), \dots, P(B|A_n)$.

3.3.2. Criterio de Optimalidad Bayesiano

Nuevamente en el problema del Sr. Chong, supóngase que antes de tomar una decisión desea contar con alguna información acerca del número de clientes potenciales para su nuevo modelo de reproductoras de video. Para esto, decide contratar a la empresa X, especializada en realizar estudios de mercado, la cual le cobrará \$180,000.00 por realizar el estudio y entregarle la información solicitada.

Con base en el estudio de mercado realizado y la información obtenida de otros estudios similares realizados por la compañía X en el pasado (100 estudios en total), se obtuvieron los siguientes resultados:

La posible demanda del mercado se clasificó como sigue:

1. Las encuestas realizadas indican un nivel de ventas bueno
2. Las encuestas realizadas indican un nivel de ventas regular
3. Las encuestas realizadas indican un nivel de ventas malo

A partir de esto se construyó la matriz de frecuencias que se muestra en la figura 3.3.1.

estados de la naturaleza clasificación de la demanda	demanda de 500 u. mod. nuevo	demanda de 250 u. mod. nuevo	demanda de 100 u. mod. nuevo	demanda de 0 u. mod. nuevo
	1. Nivel de ventas bueno	10 estudios	9 estudios	17 estudios
2. Nivel de ventas regular	5 estudios	7 estudios	8 estudios	15 estudios
3. Nivel de ventas malo	0 estudios	4 estudios	5 estudios	14 estudios
TOTALES	15	20	30	35

Figura 3.3.1. Estudios realizados por la empresa especialista en estudios de mercado.
 $15 + 20 + 30 + 35 = 100$ estudios realizados

De la tabla de la figura 3.3.1 se obtiene la tabla de probabilidades que se muestra en la figura 3.3.2.

La tabla de la figura 3.3.2 indica que si ocurre un estado Θ_k dado, se tienen las probabilidades indicadas de que la demanda del mercado sea clasificada como y ; donde y es un valor que puede ser adoptado por una variable aleatoria X , es decir:

$$P(X = y | \Theta = k) = Q_{i|e_{i,k}}(y)$$

y se lee como la probabilidad condicional de que X sea igual a y dado que Θ es igual a k .

Los resultados de la experimentación dan información sobre la distribución de probabilidad de que la demanda del mercado quede clasificada como 1, 2 o 3 (valor adoptado por X) si ocurre un estado de la naturaleza Θ_k dado.

Hasta este momento se han obtenido las distribuciones de probabilidad condicionales de X dado Θ , a partir de éstas, y utilizando la fórmula de Bayes, se obtendrán las distribuciones de probabilidad condicionales de Θ dado X . Antes es conveniente averiguar cómo incorporar la nueva información adquirida por medio de la experimentación al contexto del problema.

Ya se ha mencionado que X es una variable aleatoria cuyo valor depende del resultado de la experimentación. Obviamente, esta variable aleatoria X depende de los datos experimentales. El decisor debe elegir la estrategia a seguir en el proceso de decisión así como la acción a que se debe tomar para cada valor de X . Por ejemplo, elegir la acción a_1 si la demanda queda clasificada como 1 (Nivel de ventas bueno). Sea $g(x)$ una función tal que:

$$a = g(x) \text{ si } X = y$$

Es decir, si X toma el valor y , la acción a a elegir es $g(x)$.

$y \backslash k$	demanda de 500 u. mod. nuevo	demanda de 250 u. mod. nuevo	demanda de 100 u. mod. nuevo	demanda de 0 u. mod. nuevo
1. Nivel de ventas bueno	(10/15)	(9/20)	(17/30)	(6/35)
2. Nivel de ventas regular	(5/15)	(7/20)	(8/30)	(15/35)
3. Nivel de ventas malo	(0/15)	(4/20)	(5/30)	(14/35)

Figura 3.3.2. Probabilidad condicional de X dado $Q = k$

$$P(X = y | \Theta = k) = Q_{\Theta=k}(y)$$

En este punto, el tomador de decisiones está interesado en elegir una función $g(x)$ que de alguna manera sea óptima. Para evaluar una función de decisión se deben evaluar sus consecuencias.

Las consecuencias de tomar una acción $a = g(x)$ determinada, cuando ocurre el estado Θ , se pueden evaluar por el valor esperado de la pérdida o ganancia asociada a la acción considerada. Esto se conoce como función de riesgo $R(g, \Theta) = E[l(g|x), \Theta]$, donde la esperanza se toma con respecto a la distribución de probabilidad de la variable aleatoria X y la función de pérdida incluye el costo de la experimentación.

Una función de decisión óptima se puede definir como aquella que minimiza el riesgo para cada valor de Θ . No obstante en la mayoría de los casos no existe una función de decisión óptima a este respecto.

3.3.3. Procedimiento de Decisión de Bayes

Si el tomador de decisiones posee información que se puede describir en términos de una distribución de probabilidad *a priori*, puede aplicar el procedimiento de decisión de Bayes a la función de riesgo, de la siguiente manera:

$$B(g) = \begin{cases} \sum_{i=1}^k R(g, i) P_{\Theta}(i) & \text{si } \Theta \text{ es discreta} \\ \int_{-\infty}^{\infty} R(g, y) P_{\Theta}(y) dy & \text{si } \Theta \text{ es continua} \end{cases}$$

El procedimiento de decisión de Bayes indica al decisor elegir aquella función g que minimiza el riesgo $B(g)$. La información proporcionada por la experimentación se usa para actualizar la distribución *a priori* de los estados de la naturaleza de donde se obtiene una nueva distribución de probabilidad llamada *a posteriori* que es la distribución condicional de que Θ sea igual a k , dado que el experimento indica que $X = y$.

Con la distribución *a posteriori* se calcula una nueva función de riesgo y el procedimiento de decisión de Bayes selecciona la acción que maximiza la ganancia esperada de la nueva función. La distribución *a posteriori* de Θ se denotará:

$$h_{\Theta|X=y}(k) \text{ si } \Theta \text{ es discreta}$$

$$h_{\Theta|X=y}(z) \text{ si } \Theta \text{ es continua}$$

En conclusión, para resolver el problema de toma de decisiones utilizando el procedimiento de decisión de Bayes, el tomador de decisiones debe calcular la distribución a posteriori de Θ , dado $X=y$. Después, debe elegir la acción que maximice la ganancia esperada, denotada por $f_{\theta}(a)$, incluyendo el costo de la experimentación; evaluando la esperanza respecto a la distribución de probabilidad a posteriori de Θ dado $X = y$ de la siguiente manera:

$$f_{\theta}(a) = E[f(a, \Theta)] = \begin{cases} \sum_{i=1}^k f(a, i) \cdot h_{\Theta|X=y}(i) & \text{si } \Theta \text{ es discreta} \\ \int_{-\infty}^{\infty} f(a, y) \cdot h_{\Theta|X=y}(z) dz & \text{si } \Theta \text{ es continua} \end{cases}$$

En la figura 3.3.3 se dan las distribuciones de probabilidad a posteriori para el problema del Sr. Chong cuando el nivel de ventas queda clasificado como 1 (nivel de ventas bueno), 2 (nivel de ventas regular), y 3 (nivel de ventas malo) respectivamente. Más adelante en esta misma sección, se estudiará cómo obtener dichas distribuciones de probabilidad.

$y \backslash k$	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4
1. Nivel de ventas bueno	0.3918	0.3526	0.2220	0.0336
2. Nivel de ventas regular	0.2975	0.4164	0.1586	0.1275
3. Nivel de ventas malo	0.0000	0.5218	0.2174	0.2608

Figura 3.3.3. Distribuciones de probabilidad a posteriori para el problema del Sr. Chong

$$P(\Theta = k | X = y) = h_{\Theta|X=y}(k)$$

La figura 3.3.3 contiene las distribuciones de probabilidad condicionales de que Θ sea igual a k , dado que la variable aleatoria X es igual a y .

Supóngase que la demanda queda clasificada como 1 (nivel de ventas bueno) por lo tanto $X = 1$. Si X es igual a 1, de la figura 3.3.3 se tiene la siguiente distribución de probabilidad a posteriori de Θ :

$$\begin{aligned} P(\Theta = 1 | X = 1) &= h_{\Theta|X=1}(1) = 0.3918 \\ P(\Theta = 2 | X = 1) &= h_{\Theta|X=1}(2) = 0.3526 \\ P(\Theta = 3 | X = 1) &= h_{\Theta|X=1}(3) = 0.2220 \\ P(\Theta = 4 | X = 1) &= h_{\Theta|X=1}(4) = 0.0336 \end{aligned}$$

Aplicando el procedimiento de decisión de Bayes:

$$f_h(a_1) = E[f(a_1, \theta)] = \$1,000,000.00(0.3918) + \$125,000.00(0.3526) - \$400,000.00(0.2220) - \$750,000.00(0.0336) - 180,000.00 = \$141,875.00$$

$$f_h(a_2) = E[f(a_2, \theta)] = \$475,000.00(0.3918) + \$475,000.00(0.3526) - \$50,000.00(0.2220) - \$400,000.00(0.0336) - 180,000.00 = \$149,050.00$$

$$f_h(a_3) = E[f(a_3, \theta)] = \$270,000.00(0.3918) + 270,000.00(0.3526) + \$270,000.00(0.2220) - \$80,000.00(0.0336) - 180,000.00 = \$78,240.00$$

$$f_h(a_4) = E[f(a_4, \theta)] = \$200,000.00(0.3918) + \$200,000.00(0.3526) + \$200,000.00(0.2220) + \$200,000.00(0.0336) - 180,000.00 = \$20,000.00$$

Los valores que se usan en los cálculos son los correspondientes a la matriz de pagos planteada para el problema al inicio de la sección anterior. El valor de 180,000.00 que se resta en todos los casos corresponde al costo del estudio de mercado realizado.

De los resultados anteriores se concluye que si $X = 1$ (nivel de ventas bueno); la acción que elige el procedimiento de decisión de Bayes es a_2 por ser ésta la que maximiza la ganancia esperada con un valor de \$149,050.00.

Generalmente, no es necesario calcular todas las distribuciones *a posteriori* que se indican en la figura 3.3.3; sólo se necesita la distribución de probabilidad que corresponde al valor tomado por la variable aleatoria X , es decir, sólo es necesario calcular la función óptima para el valor de X que corresponde al resultado del experimento. Por ejemplo, si la demanda queda clasificada como 1 (nivel de ventas bueno), sólo es necesario calcular la distribución *a posteriori* de θ dado $X = 1$.

A fin de lograr una mejor comprensión del procedimiento de decisión de Bayes, se resolverá el problema para los dos casos restantes, $X = 2$ y $X = 3$:

Si $X = 2$, de la figura 3.3.3 se tiene:

$$P(\theta = 1 | X = 2) = h_{\theta|X=2}(1) = 0.2975$$

$$P(\theta = 2 | X = 2) = h_{\theta|X=2}(2) = 0.4164$$

$$P(\theta = 3 | X = 2) = h_{\theta|X=2}(3) = 0.1586$$

$$P(\theta = 4 | X = 2) = h_{\theta|X=2}(4) = 0.1275$$

$$f_h(a_1) = E[f(a_1, \theta)] = \$1,000,000.00(0.2975) + \$125,000.00(0.4164) - \$400,000.00(0.1586) - \$750,000.00(0.1275) - \$180,000.00 = \$10,485.00$$

$$f_h(a_2) = E[f(a_2, \theta)] = \$475,000.00(0.2975) + \$475,000.00(0.4164) - \$50,000.00(0.1586) - \$400,000.00(0.1275) - \$180,000.00 = \$100,172.50$$

$$f_h(a_3) = E[f(a_3, \theta)] = \$270,000.00(0.2975) + \$270,000.00(0.4164) + \$270,000.00(0.1586) - \$80,000.00(0.1275) - \$180,000.00 = \$45,375.00$$

$$f_h(a_4) = E[f(a_4, \theta)] = \$200,000.00(0.2975) + \$200,000.00(0.4164) + \$200,000.00(0.1586) + \$200,000.00(0.1275) - \$180,000.00 = \$20,000.00$$

Para $X = 2$, el procedimiento de decisión de Bayes elige nuevamente la acción a_2 , por ser ésta la que maximiza la ganancia esperada con un valor de \$100,172.50.

Si $X = 3$, de la figura 3.3.3 se tiene:

$$P(\Theta = 1 | X = 3) = h_{\Theta|X=3}(1) = 0.0000$$

$$P(\Theta = 2 | X = 3) = h_{\Theta|X=3}(2) = 0.5218$$

$$P(\Theta = 3 | X = 3) = h_{\Theta|X=3}(3) = 0.2174$$

$$P(\Theta = 4 | X = 3) = h_{\Theta|X=3}(4) = 0.2608$$

$$f_h(a_1) = E[f(a_1, \Theta)] = \$1,000,000.00(0.0000) + \$125,000.00(0.5218) - \$400,000.00(0.2174) - \$750,000.00(0.2608) - \$180,000.00 = -\$397,335.00$$

$$f_h(a_2) = E[f(a_2, \Theta)] = \$475,000.00(0.0000) + \$475,000.00(0.5218) - \$50,000.00(0.2174) - \$400,000.00(0.2608) - \$180,000.00 = -\$47,335.00$$

$$f_h(a_3) = E[f(a_3, \Theta)] = \$270,000.00(0.0000) + \$270,000.00(0.5218) + \$270,000.00(0.2174) - \$80,000.00(0.2608) - 180,000.00 = -\$1,280.00$$

$$f_h(a_4) = E[f(a_4, \Theta)] = \$200,000.00(0.0000) + \$200,000.00(0.5218) + \$200,000.00(0.2174) + \$200,000.00(0.2608) - \$180,000.00 = \$20,000.00$$

Para $X = 3$, el procedimiento de decisión de Bayes elige la acción a_4 , por ser ésta la que maximiza la ganancia esperada con un valor de \$20,000.00. Cabe señalar que para este caso, las acciones 1, 2 y 3 no arrojan ganancias sino pérdidas.

3.3.4. La Distribución a Posteriori

Sea la distribución a posteriori:

$$P(\Theta = k | X = y) = h_{\Theta|X=y}(k) \text{ si } \Theta \text{ es discreta}$$

$$P(\Theta = z | X = y) = h_{\Theta|X=y}(z) \text{ si } \Theta \text{ es continua}$$

Si Θ y X son ambas variables aleatorias discretas, la distribución a posteriori se calcula de:

$$h_{\Theta|X=y}(k) = \frac{Q_X|\Theta=k(y) \cdot P_{\Theta}(k)}{Q_X(y)}$$

esta ecuación es la regla de Bayes con experimentación

Donde:

$$Q_X|\Theta=k(y) = P(X = y | \Theta = k) = P(X | \Theta)$$

es la probabilidad condicional de que X sea igual a y dado que Θ es igual a k . Esta probabilidad es la información obtenida de la experimentación y para el problema del señor Chong está dada en la figura 3.3.2.

$$P_{\Theta}(k)$$

es la distribución de probabilidad a priori estimada para el caso sin experimentación; y como se vió en la sección anterior, para el problema del Sr. Chong es:

$$P(\Theta = \Theta_1) = P_{\Theta}(1) = 0.30$$

$$P(\theta = \theta_2) = P_{\theta}(2) = 0.40$$

$$P(\theta = \theta_3) = P_{\theta}(3) = 0.20$$

$$P(\theta = \theta_4) = P_{\theta}(4) = 0.10$$

$Q_X(y)$

es la distribución marginal de la variable aleatoria X y está dada por:

$$Q_X(y) = \sum_{i=1}^k Q_{X|\theta=i}(y) \cdot P_{\theta}(k)$$

Entonces, para el problema del Sr. Chong, como θ y X son ambas variables aleatorias discretas; la distribución *a posteriori* se calcula:

Para $X = 1$, la distribución de probabilidad condicional de X dado $\theta = k$ es:

$$Q_{X|\theta=1}(1) = (10/15)$$

$$Q_{X|\theta=2}(1) = (9/20)$$

$$Q_{X|\theta=3}(1) = (17/30)$$

$$Q_{X|\theta=4}(1) = (6/35)$$

La distribución marginal para $X = 1$:

$$Q_X(1) = (10/15)(0.3) + (9/20)(0.4) + (17/30)(0.2) + (6/35)(0.1) = 0.5105$$

De aquí:

$$h_{\theta|X=1}(1) = ((10/15) * 0.3) / 0.5105 = 0.3918$$

$$h_{\theta|X=1}(2) = ((9/20) * 0.4) / 0.5105 = 0.3526$$

$$h_{\theta|X=1}(3) = ((17/30) * 0.2) / 0.5105 = 0.2220$$

$$h_{\theta|X=1}(4) = ((6/35) * 0.1) / 0.5105 = 0.0336$$

que es la distribución *a posteriori* de θ , si $X = 1$.

Para $X = 2$, la distribución de probabilidad condicional de X dado $\theta = k$ es:

$$Q_{X|\theta=1}(2) = (5/15)$$

$$Q_{X|\theta=2}(2) = (7/20)$$

$$Q_{X|\theta=3}(2) = (8/30)$$

$$Q_{X|\theta=4}(2) = (15/35)$$

La distribución marginal para $X = 2$:

$$Q_X(2) = (5/15)(0.3) + (7/20)(0.4) + (8/30)(0.2) + (15/35)(0.1) = 0.3362$$

De aquí:

$$h_{\theta|X=2}(1) = ((5/15) * 0.3) / 0.3362 = 0.2975$$

$$h_{\theta|X=2}(2) = ((7/20) * 0.4) / 0.3362 = 0.4164$$

$$h_{\theta|X=2}(3) = ((8/30) * 0.2) / 0.3362 = 0.1586$$

$$h_{\theta|X=2}(4) = ((15/35) * 0.1) / 0.3362 = 0.1275$$

que representa la distribución a posteriori de θ , si $X = 2$.

Para $X = 3$, la distribución de probabilidad condicional de X dado $\theta = k$ es:

$$Q_{X|\theta=1}(3) = (0/15)$$

$$Q_{X|\theta=2}(3) = (4/20)$$

$$Q_{X|\theta=3}(3) = (5/30)$$

$$Q_{X|\theta=4}(3) = (14/35)$$

La distribución marginal para $X = 3$:

$$Q_X(3) = (0/15)(0.3) + (4/20)(0.4) + (5/30)(0.2) + (14/35)(0.1) = 0.1533$$

De aquí:

$$h_{\theta|X=3}(1) = ((0/15) * 0.3) / 0.1533 = 0.0000$$

$$h_{\theta|X=3}(2) = ((4/20) * 0.4) / 0.1533 = 0.5218$$

$$h_{\theta|X=3}(3) = ((5/30) * 0.2) / 0.1533 = 0.2174$$

$$h_{\theta|X=3}(4) = ((14/35) * 0.1) / 0.1533 = 0.2608$$

que representa la distribución a posteriori de θ , si $X = 3$.

3.3.5. El método tabular.

Existe otro método para calcular la distribución a posteriori de θ llamado método tabular. El primer paso de este método consiste en construir la tabla que se muestra en la figura 3.3.4.

$P_{\Theta}(k)$	0.3	0.4	0.2	0.1
$Q_{X \Theta = k}(y)$				
$y \backslash k$	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4
1. Nivel de ventas bueno	(10/15)	(9/20)	(17/30)	(6/35)
2. Nivel de ventas regular	(5/15)	(7/20)	(8/30)	(15/35)
3. Nivel de ventas malo	(0/15)	(4/20)	(5/30)	(14/35)

Figura 3.3.4.

En el primer renglón de la tabla de la figura 3.3.4 se coloca la distribución a priori de Θ : $P_{\Theta}(k)$ en el orden que corresponde a los distintos estados. El resto de la tabla es la probabilidad condicional de X dado Θ , obtenida de la experimentación.

A partir de la tabla de la figura 3.3.4, se construye una nueva tabla como se muestra en la figura 3.3.5.

$y \backslash k$		$Q_{X \Theta = k}(y) * P_{\Theta}(k)$				$Q_X(y)$
		Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4	
1. Nivel de ventas bueno		0.2	0.18	0.1134	0.0171	0.5105
2. Nivel de ventas regular		0.1	0.14	0.0533	0.0429	0.3362
3. Nivel de ventas malo		0.0	0.08	0.0333	0.04	0.1533

Figura 3.3.5

Las primeras cuatro columnas de la tabla de la figura 3.3.5 se obtienen de multiplicar la distribución a priori para cada k , por las correspondientes probabilidades condicionales de X dado Θ , para la misma k . Por ejemplo, $0.3 \times (10/15) = 0.2$; $0.1 \times (14/35) = 0.04$. La última columna de la tabla de la figura 3.3.5, se obtiene al sumar los primeros cuatro elementos del renglón correspondiente, por ejemplo, $0.2 + 0.18 + 0.1134 + 0.0171 = 0.5105$. Los valores de esta columna corresponden a la distribución marginal de X .

Finalmente, se debe obtener una tercera tabla, la cual contendrá la distribución a posteriori de Θ , como se ve en la figura 3.3.6.

		$h_{\Theta} X=y (k)$			
y	k	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4
1. Nivel de ventas bueno		0.3918	0.3526	0.2221	0.0335
2. Nivel de ventas regular		0.2975	0.4164	0.1585	0.1276
3. Nivel de ventas malo		0.0000	0.5219	0.2172	0.2609

Figura 3.3.6. $P(Q = k | X = y)$

Los valores para la tabla de la figura 3.3.6 (que corresponden a la **distribución de probabilidades a posteriori** de Θ) se obtienen al dividir cada uno de los elementos entre la distribución marginal correspondiente por renglón, por ejemplo, $0.2 / 0.5105 = 0.3918$; $0.04 / 0.1533 = 0.2609$.

En conclusión, el cálculo de la distribución a posteriori parte de:

$P(X | \Theta)$, la probabilidad condicional de X dado Θ
y permite llegar a:
 $P(\Theta | X)$, la probabilidad condicional de Θ dado X

3.3.6. El Valor de la Información.

El término *información perfecta* se aplica cuando el tomador de decisiones conoce con exactitud el estado de la naturaleza que ocurrirá. En el problema del Sr. Chong, si él supiera que la demanda va a ser de 500 unidades del modelo nuevo, la mejor acción sería a_1 con una ganancia de \$1,000,000.00; si supiera que la demanda va a ser de 250 unidades, la mejor acción sería a_2 con una ganancia de \$475,000.00; si supiera que la demanda va a ser de 100 unidades, la mejor acción sería a_3 que produce una ganancia de \$270,000.00; y, finalmente, si supiera que no habrá demanda, la mejor acción sería a_4 con una ganancia de \$200,000.00. Si el Sr. Chong pudiera disponer de la información perfecta que se acaba de describir, y utilizando la distribución *a priori* estimada para el caso sin experimentación, el beneficio (o pérdida) esperado, con base en la información perfecta se calcula ponderando estas ganancias óptimas con las respectivas probabilidades (*a priori*) de obtenerlas y sumando los productos resultantes:

$$E(IP) = 1,000,000.00(0.3) + 475,000.00(0.4) + 270,000.00(0.2) + 200,000.00(0.1) = 564,000.00$$

El valor de la información perfecta (VIP) se calcula haciendo la diferencia entre el valor de la ganancia esperada con base en la información perfecta y la ganancia esperada obtenida con el criterio del valor esperado (sin experimentación). En la sección anterior, el criterio del valor esperado indicó como solución al problema la acción a_2 con una ganancia esperada de \$282,500.00, por lo tanto:

$$VIP = \$564,000.00 - \$282,500.00 = \$281,500.00$$

El valor de la información perfecta es útil para saber cuánto es aceptable pagar como máximo por la experimentación a fin de obtener más información. El costo de la experimentación en el problema del Sr. Chong fue de \$180,000.00, que es menor a los 281,500.00 del valor de la información perfecta por lo tanto, para este caso es conveniente realizar experimentación ya que esto puede conducir a un ahorro potencial. Existen algunos problemas de decisión en los que el valor de la información perfecta es menor al costo de la experimentación, en estos casos es preferible no realizar experimentación alguna y tomar las decisiones con base en la distribución a priori.

A continuación se determinará el valor de la experimentación para el problema del Sr. Chong. En esta misma sección, ya se analizó el problema del Sr. Chong con experimentación y se obtuvo como resultado, que si la demanda del mercado se clasifica como 1 (*nivel de ventas bueno*), la acción óptima es a_2 con una ganancia esperada de \$149,050.00; si la demanda se clasifica como 2 (*nivel de ventas regular*), la acción óptima nuevamente es a_2 con una ganancia esperada de \$100,172.50; por último, si la demanda se clasifica como 3 (*nivel de ventas malo*), la acción óptima es a_4 con una ganancia de \$20,000.00. Estos datos junto con las distribuciones marginales calculadas para obtener las distribuciones a posteriori se muestran en la figura 3.3.7.

y	acciones óptimas	ganancia esperada	Distribución Marginal $C_x(y)$
1.	a_2	\$149,050.00	0.5105
2.	a_2	\$100,172.50	0.3362
3.	a_4	\$ 20,000.00	0.1533

Figura 3.3.7

Como las ganancias esperadas dependen de los resultados de la experimentación, se requiere obtener una suma ponderada de las ganancias esperadas con respecto a la distribución de probabilidad marginal de la variable aleatoria X para medir la efectividad del experimento. A esta suma ponderada se le llama *ganancia (o pérdida) incondicional esperada con experimentación*:

$$\$149,050.00(0.5105) + \$100,172.50(0.3362) + \$20,000.00(0.1533) = \$112,834.00$$

El valor del experimento (además de su costo de \$180,000.00) se obtiene de la diferencia entre la suma anterior y la ganancia esperada obtenida con el criterio del valor esperado sin experimentación:

$$\$112,834.00 - \$282,500.00 = -\$169,666.00$$

que indica un ahorro esperado de -\$169,666.00 (un gasto mayor) al seguir el procedimiento de decisión con experimentación.

Como conclusión, para este problema se aconseja tomar la decisión sin realizar experimentación.

3.4. ARBOLES DE DECISIONES

Un árbol de decisiones es una representación gráfica de un problema de toma de decisiones. Este método expresa en orden cronológico las alternativas de acción viables para el tomador de decisiones así como los estados de la naturaleza. Entre los matemáticos que originaron esta técnica se encuentran John Von Neumann, Robert Schlaefer y Howard Raiffa. La representación de un problema de decisiones por medio de un árbol tiene dos ventajas principales sobre la representación por medio de matrices que se ha estudiado hasta ahora. En una matriz de pagos no es posible reflejar la relación lógica que existe entre las partes de una decisión compleja. Por otro lado, en una matriz de pagos es difícil introducir relaciones que involucren el paso del tiempo de una decisión a otra en casos en los que se deben tomar varias decisiones, una después de otra en un periodo de tiempo dado.

3.4.1. Estructura de un árbol de decisiones.

Hay ciertas convenciones que deben ser consideradas al construir un árbol de decisiones. El árbol se construye de izquierda a derecha; y se construye a partir de tres elementos básicos que son:

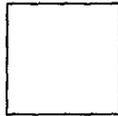


Figura 3.4.1 Nodo de decisión

El cuadrado (figura 3.4.1) representa un nodo de decisión en el cual el tomador de decisiones debe elegir la acción a seguir. Las ramas que salen de un nodo de decisión *siempre representan las alternativas de acción* de las cuales el decisor elegirá una. En un nodo de decisión el decisor tiene el control absoluto sobre la rama a seguir, ya que ésta depende de la alternativa de acción elegida.

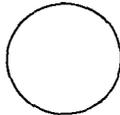


Figura 3.4.2 Nodo de incertidumbre

El círculo (figura 3.4.2) representa un nodo probabilístico o de incertidumbre. El decisor no tiene ningún control sobre la rama a seguir en un nodo de incertidumbre ya que las ramas que emanan de este tipo de nodo *siempre representan a los estados de la naturaleza* y por lo tanto, lo más que se puede saber es la distribución de probabilidad de las ramas (estados de la naturaleza).



Figura 3.4.3 Ramas (acciones o estados)

En cada nodo, de decisión o de incertidumbre, hay una o varias ramas representadas por líneas rectas (figura 3.4.3). Una rama que no llega a ningún nodo recibe el nombre de *rama terminal* y representa el final del árbol por esa trayectoria.

3.4.2. Clasificación de los árboles de decisiones.

Un árbol de decisión puede ser *determinístico* o *estocástico* (probabilístico) y de una sola o de varias etapas, dependiendo del problema específico que represente. Un árbol de decisión de varias etapas representa la secuencia de decisiones en un periodo de tiempo. En la figura 3.4.4 se muestra la clasificación de los árboles de decisiones:

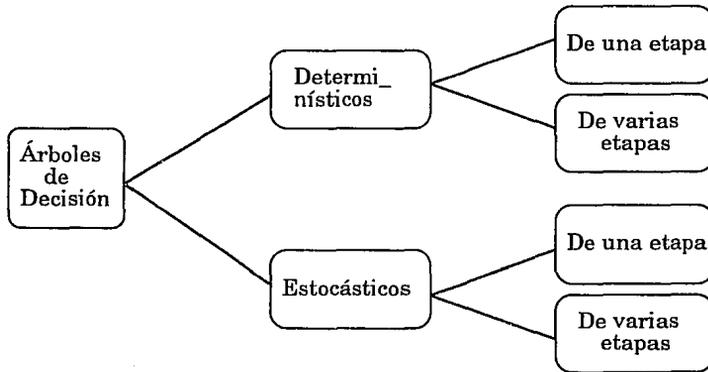


Figura 3.4.4 Clasificación de los árboles de decisiones

3.4.2.1. Árboles de Decisión Determinísticos

Un árbol de decisión determinístico muestra que cada alternativa y su posible salida son conocidas con certeza. Por lo tanto, este tipo de árbol de decisión *no contiene ningún nodo de incertidumbre*.

Un árbol de decisión determinístico de una sola etapa involucra la toma de una sola decisión y tienen una estructura como la que se muestra en la figura 3.4.5.

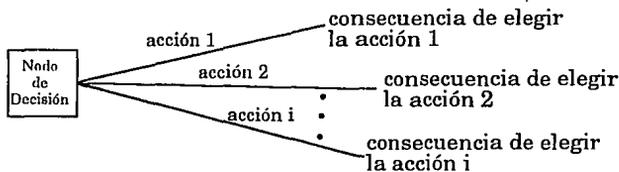


Figura 3.4.5 Árbol de decisión determinístico de una sola etapa

Un árbol de decisión determinístico de varias etapas tampoco contiene nodos de incertidumbre pero *representa una secuencia de decisiones tomadas a lo largo de un periodo de*

tiempo como se observa en la figura 3.4.6.

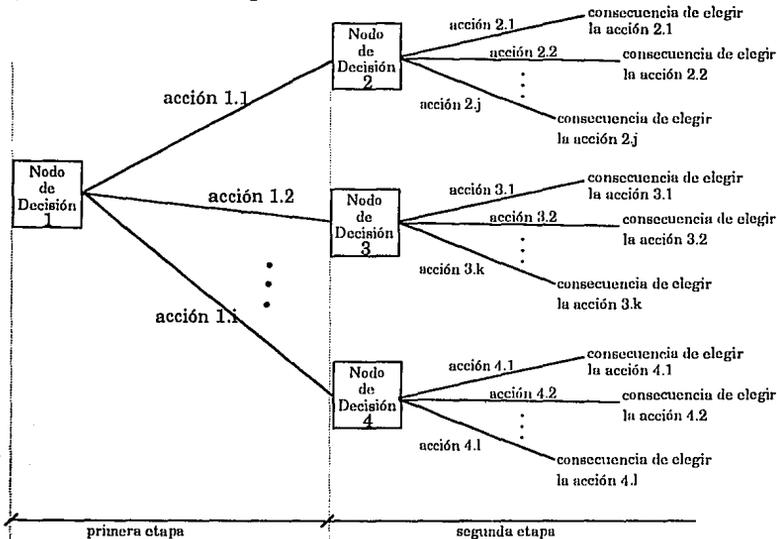


Figura 3.4.6 Árbol de decisión determinístico de varias etapas (este árbol en particular es de dos etapas).

3.4.2.2. Árboles de Decisión Estocásticos

En un árbol de decisión estocástico (o probabilístico) se tiene al menos un nodo de incertidumbre. Un árbol de decisión estocástico de una sola etapa involucra la toma de una sola decisión y tiene una estructura como la que se presenta en la figura 3.4.7.

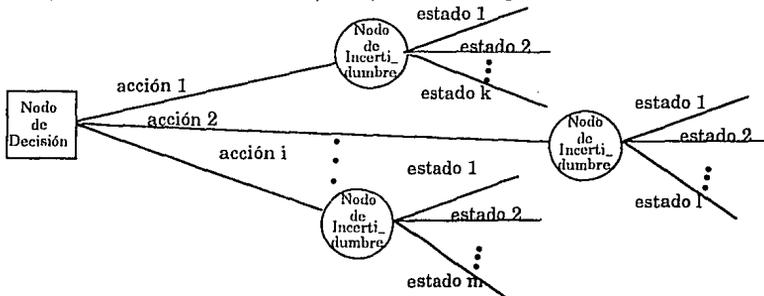


Figura 3.4.7 Árbol de decisión estocástico de una sola etapa

Un árbol de decisión estocástico de varias etapas consiste de cuando amenos un nodo de incertidumbre e involucra la toma de una secuencia de decisiones como se ve en la figura 3.4.8.

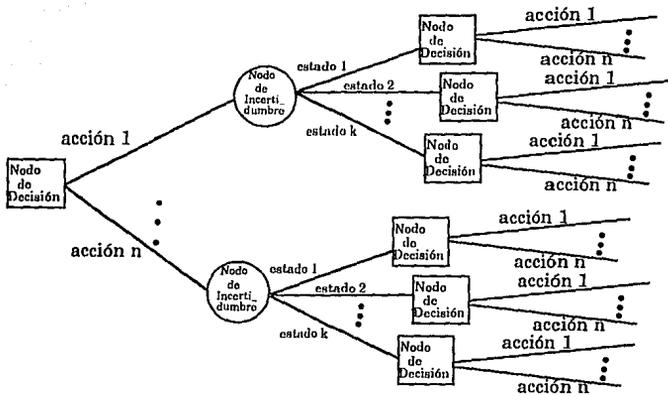


Figura 3.4.8 Árbol de decisión estocástico de varias etapas

3.4.3. Construcción de un árbol de decisiones.

Para poder construir y dar solución a un árbol de decisiones es necesario conocer de antemano los siguiente elementos:

- 1) el conjunto de consecuencias para cada par alternativa de acción-estado de la naturaleza.
- 2) La distribución a priori de θ , $P_{\theta}(k)$.
- 3) La distribución a posteriori de θ , $h_{\theta|X=y}(k)$
- 4) La distribución marginal de X .

Con los elementos anteriores se calculan las ganancias esperadas utilizando el criterio de Valor Esperado o el procedimiento de decisión de Bayes dependiendo de si hay experimentación o no. Una vez que se cuenta con esta información se procede a la construcción y a resolver el árbol. La construcción del árbol de decisiones se debe hacer de izquierda a derecha.

El árbol de decisiones para el problema del Sr. Chong

El Sr. Chong se enfrenta, primero a la decisión de llevar o no a cabo el estudio de mercado (realizar experimentación). Por lo tanto, el punto de partida del árbol de decisiones para este problema es un nodo del cual salen dos ramas que representan dichas alternativas de acción:

- a_1 . No realizar estudio de mercado
- a_2 . Realizar estudio de mercado

Esta parte del árbol se muestra en la figura 3.4.9.

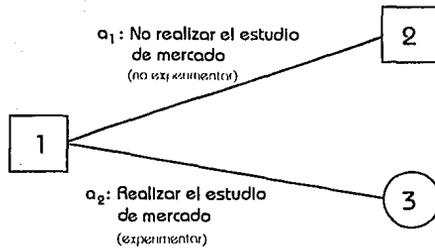


Figura 3.4.9 Primera etapa del árbol de decisiones para el problema del sr. Chong

Si el Sr. Chong decide no realizar el estudio de mercado (decide no experimentar) estará eligiendo entonces la rama correspondiente a la alternativa de acción a_1 la cual le conducirá al nodo de decisión número 2. De este nodo de decisión parten cuatro ramas que representan las alternativas de acción cuando no se realiza experimentación, que a saber son:

1. Producir el modelo actual y 500 unidades del modelo nuevo.
2. Producir el modelo actual y 250 unidades del modelo nuevo.
3. Producir el modelo actual y 100 unidades del modelo nuevo.
4. Producir sólo el modelo actual

Esta parte del árbol se muestra en la figura 3.4.10.

En el nodo 2, el Sr. Chong tiene que elegir una alternativa para su segunda decisión. Cada una de las cuatro alternativas conduce al Sr. Chong a un nodo de incertidumbre distinto (nodos 7, 8, 9 y 10), de los que surgen cuatro ramas nuevas, que son ramas terminales pues no conducen a ningún otro nodo. Estas ramas representan a los cuatro estados de la naturaleza para este problema:

1. Demanda de 500 unidades del modelo nuevo.
2. Demanda de 250 unidades del modelo nuevo.
3. Demanda de 100 unidades del modelo nuevo.
4. Demanda de 0 unidades del modelo nuevo.

Como son ramas terminales, al final de cada una se debe indicar la ganancia o pérdida correspondiente (información que se encuentra en la matriz de pagos). Por ejemplo, para el nodo de incertidumbre correspondiente a producir 500 unidades del modelo nuevo (nodo 7) se tiene: en la rama terminal que corresponde a la demanda de 500 unidades del modelo nuevo la ganancia es \$1,000,000.00, en la rama que corresponde a una demanda de 250 unidades del modelo nuevo la ganancia es de \$125,000.00, en la rama que corresponde a una demanda de 100 unidades la ganancia (pérdida en este caso) es de -\$400,000.00 y en la rama que corresponde a una demanda de cero unidades la ganancia (pérdida) es de -\$750,000.00. Para los tres nodos de incertidumbre restantes (nodos 8, 9 y 10) se deben indicar en la misma forma las ganancias correspondientes.

Ya se mencionó que en nodos de incertidumbre no se tiene control sobre la rama a elegir; lo más que se puede saber es la distribución de probabilidad para las ramas que salen. Esta distribución de probabilidad, que para el caso sin experimentación es la distribución a priori, debe ser indicada en cada rama como se ve en la figura 3.4.10 (la cifra entre paréntesis indica la probabilidad para esa rama).

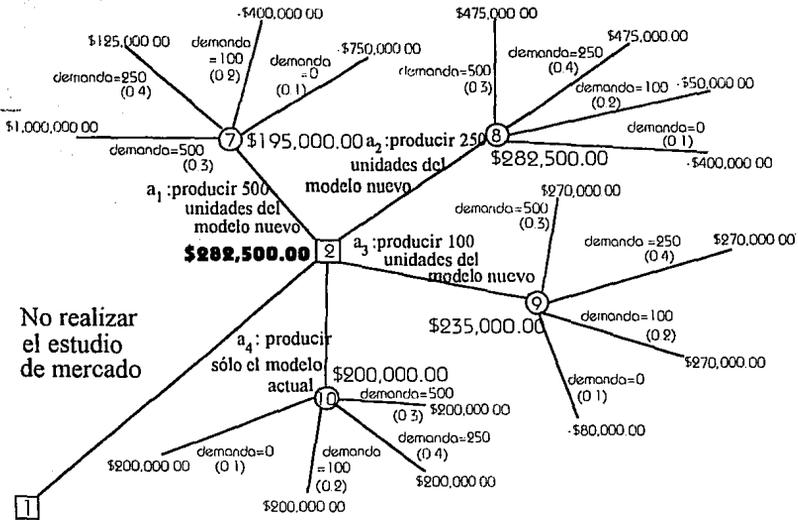


Figura 3.4.10 Sección del árbol de decisiones para el problema del sr. Chong correspondiente a la toma de decisiones sin experimentación

Con esto queda concluida la construcción de la parte del árbol que describe el problema cuando el Sr. Chong decide no realizar un estudio de mercado.

Si el Sr. Chong decide realizar un estudio de mercado, esto le conducirá a un nodo de incertidumbre (nodo 3 en la figura 3.4.9) del cual parten tres ramas que representan a los posibles resultados del estudio de mercado, estos son:

1. Nivel de ventas bueno
2. Nivel de ventas regular
3. Nivel de ventas malo

Esta parte del árbol se muestra en la figura 3.4.11.

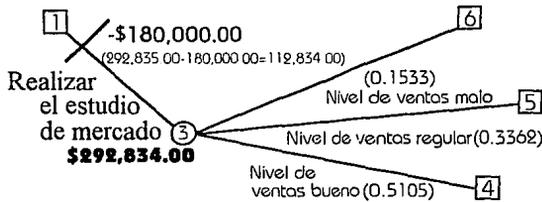


Figura 3.4.11 Parte de la sección del árbol que describe el problema del sr. Chong con experimentación

En la rama que va del nodo 1 al nodo 3 (figura 3.4.11) se observa una línea que corta a dicha rama y una cantidad (-\$180,000.00), esto indica el costo que se ha de pagar por realizar experimentación, y que se debe restar al valor obtenido para el nodo 3.

La distribución de probabilidad que describe la posible ocurrencia de cada una de las tres ramas que salen del nodo 3 (números entre paréntesis en la figura 3.4.11) es la distribución marginal de X (obtenida en la sección anterior) ya que es precisamente en este nodo en donde la ruta a seguir depende del resultado del experimento (valor que tome la variable aleatoria X). Cada una de estas tres ramas lleva a un nodo de decisión (nodos 4, 5 y 6 en la figura 3.4.11). A partir de ellos, se repite la misma estructura que para el caso sin experimentación, es decir, de cada uno de estos nodos de decisión salen cuatro ramas que representan a las cuatro alternativas de acción del problema como se ve en la figura 3.4.12 a), 3.4.12 b) y 3.4.12. c).

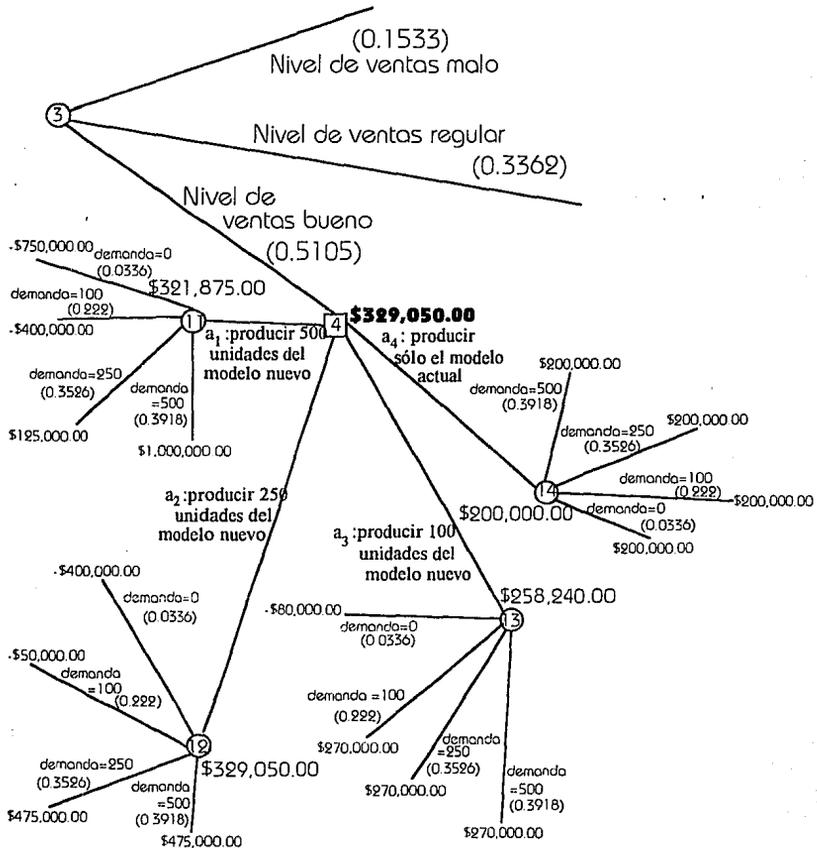


Figura 3.4.12 a)

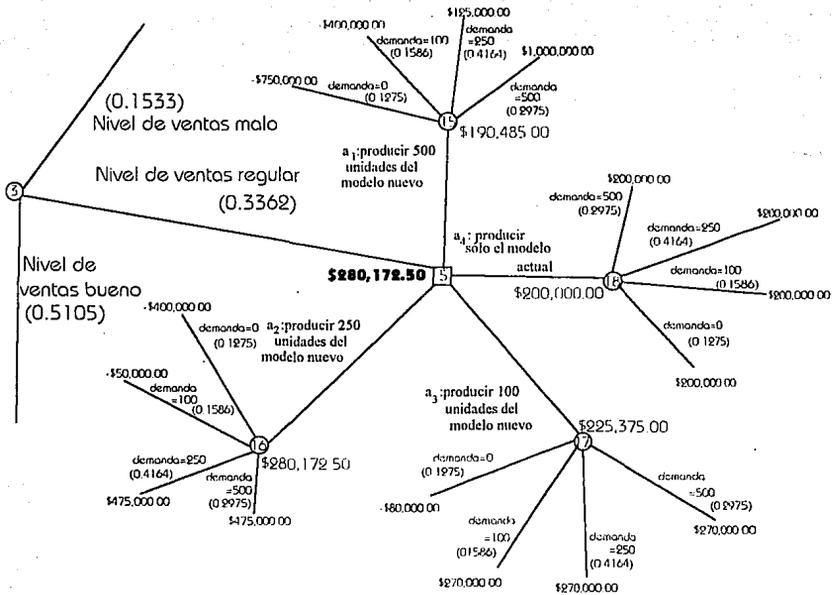


Figura 3.4.12 b)

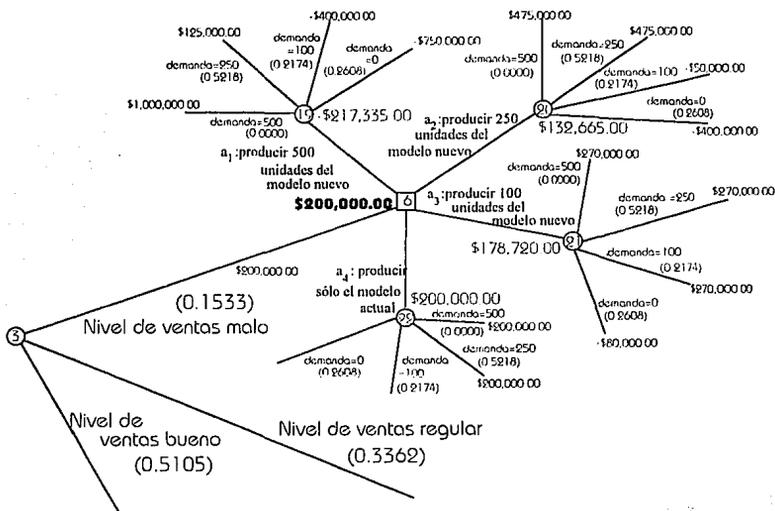


Figura 3.4.12 c)

Al igual que en la sección del árbol que describe el problema sin experimentación, cada una de las cuatro ramas que salen de cada nodo de decisión conduce a un nodo de incertidumbre (nodos 11, 12, 13 y 14 fig. 3.4.12 a; 15, 16, 17 y 18 fig. 3.4.12 b; 19, 20, 21 y 22 fig. 3.4.12 c) de los que también salen cuatro ramas terminales que representan los cuatro estados de la naturaleza posibles para el problema, respectivamente.

Se puede observar que la estructura del árbol en la sección sin experimentación es similar a las estructuras de los nodos de decisión (nodos 4, 5 y 6) de la sección con experimentación; la diferencia consiste en que para el caso con experimentación no se utiliza la distribución a priori para describir la probabilidad de cada estado de la naturaleza, sino que en su lugar se utilizan las distribuciones a posteriori calculadas para cada posible resultado de la experimentación según corresponda.

Para llegar a cualquiera de los nodos de incertidumbre de la sección con experimentación es necesario seguir una trayectoria que obligadamente pasa por un nodo (nodo 3, figura 3.4.11), donde la variable aleatoria X puede tomar uno de tres valores (sigue una de tres ramas distintas). La distribución de probabilidad de los estados de la naturaleza debe estar en función del valor tomado por X , por ejemplo, para describir la probabilidad de ocurrencia de los estados en la rama 1 que corresponde a *nivel de ventas bueno* se debe usar la distribución de probabilidad a posteriori correspondiente a $X = 1$.

Con esto se termina la construcción del árbol de decisión que describe completamente el problema del Sr. Chong.

3.4.4. Solución de problemas de toma de decisiones utilizando un árbol de decisiones.

El procedimiento a seguir para resolver un problema de decisiones mediante un árbol de decisiones que lo describa es el siguiente:

Trabajar de derecha a izquierda a través del árbol, calculando su valor esperado en cada nodo de incertidumbre y seleccionando el valor más conveniente en cada nodo de decisión (ganancia máxima o pérdida mínima).

Para comprender este procedimiento se resolverá el problema del Sr. Chong empleando el árbol que se construyó.

1. Aplicando el criterio del Valor Esperado al nodo de incertidumbre 7 (fig. 3.4.10) resulta que en cada una de sus ramas se tiene una ganancia y una probabilidad (distribución a priori) según se indica; multiplicando la ganancia de cada rama por su respectiva probabilidad y sumando los resultados se obtiene el valor del nodo:

$$\$1,000,000.00(0.3) + \$125,000.00(0.4) - \$400,000.00(0.2) - \$750,000.00(0.1) = \$195,000.00$$

Este mismo procedimiento se aplica a los nodos de incertidumbre 8, 9 y 10 (fig. 3.4.10), obteniéndose así cuatro valores, de los cuales el mayor de todos (\$282,500.00) se asigna como valor para el nodo de decisión 2 (figura 3.4.10).

2. En la sección con experimentación se aplica el mismo proceso descrito en el punto 1. La diferencia es que se deben utilizar las distribuciones a posteriori de θ según corresponda para calcular los valores de los nodos de incertidumbre (fig. 3.4.12). Al finalizar este punto se habrá asignado al nodo de decisión 4 (fig. 3.4.12 a) un valor de \$329,050.00, al nodo de decisión 5 (fig. 3.4.12 b) un valor de \$280,172.50 y al nodo de decisión 6 (fig. 3.4.12 c) un valor de \$200,000.00.

3. El valor para el nodo de incertidumbre 3 se obtiene multiplicando cada probabilidad de la distribución marginal de X por el valor del nodo de decisión correspondiente a esa probabilidad; sumando los productos se obtiene:

$$\$329,050.00(0.5105) + \$280,172.50(0.3362) + \$200,000.00(0.1533) = \$292,834.00$$

4. Como último paso para resolver el árbol de decisiones para el problema del Sr. Chong, el valor para el nodo 1 se obtiene eligiendo el más alto de entre el valor del nodo 2 (que representa tomar la decisión sin experimentar) y el valor del nodo 3 (que representa tomar la decisión con experimentación), después de haberle restado el costo de la experimentación, como se ve en la figura 3.4.11; por lo tanto el valor para el nodo 1 y solución del árbol de decisiones es \$282,500.00, lo cual corresponde a tomar la decisión sin experimentación incluyendo producir 250 unidades del modelo nuevo y mantener la producción normal para el modelo anterior.

Una vez que se ha resuelto el árbol y por lo tanto el problema de decisiones, se marcan con una cruz las ramas que fueron eliminadas, para indicar así, la ruta del árbol que lleva a la decisión óptima. En la figura 3.4.13 se puede ver completo el árbol de decisiones para el problema del Sr. Chong.

Un árbol de decisiones es una buena técnica para resolver problemas de decisiones gracias a la representación gráfica que ofrece.

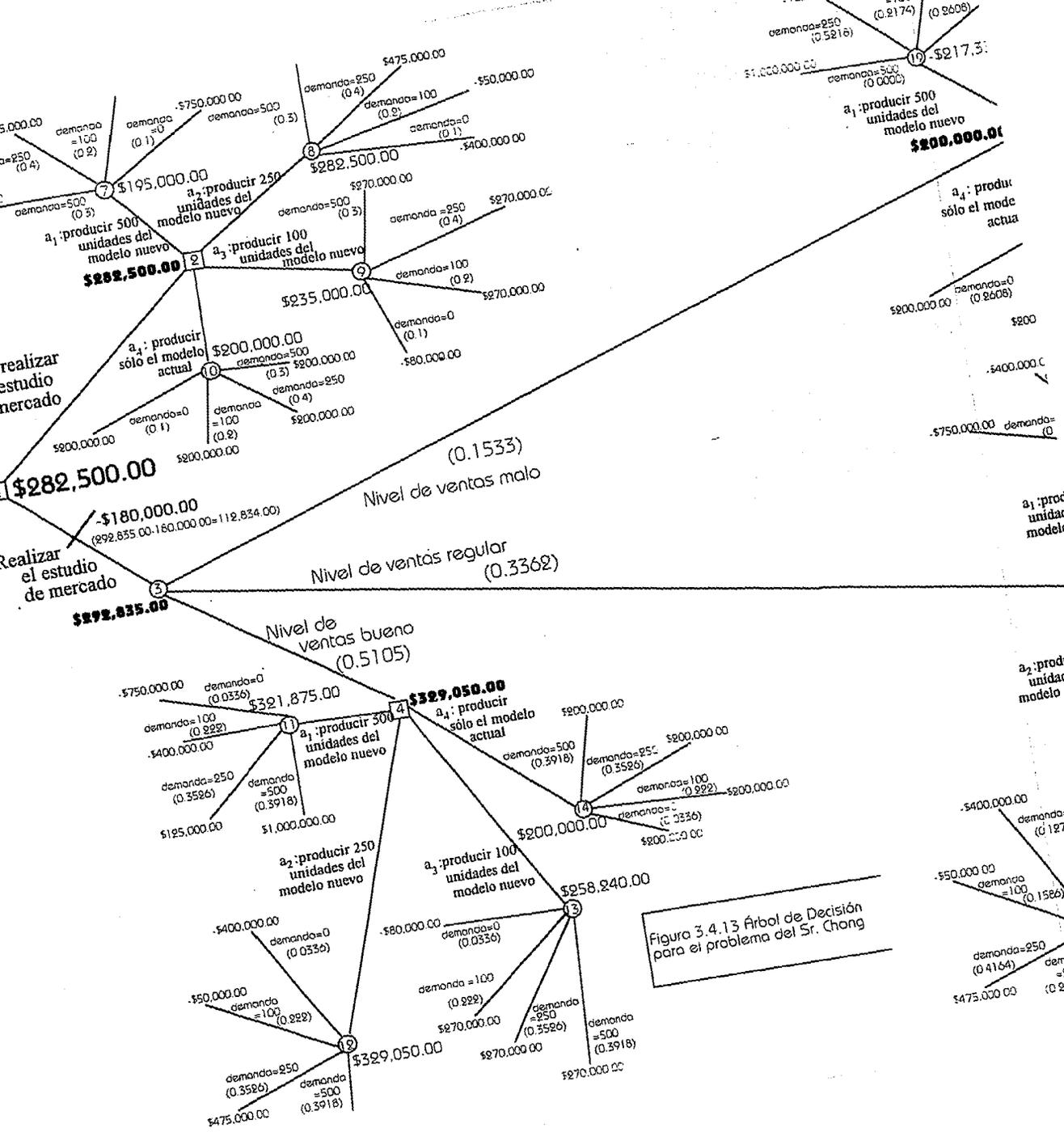


Figura 3.4.13 Árbol de Decisión para el problema del Sr. Chang

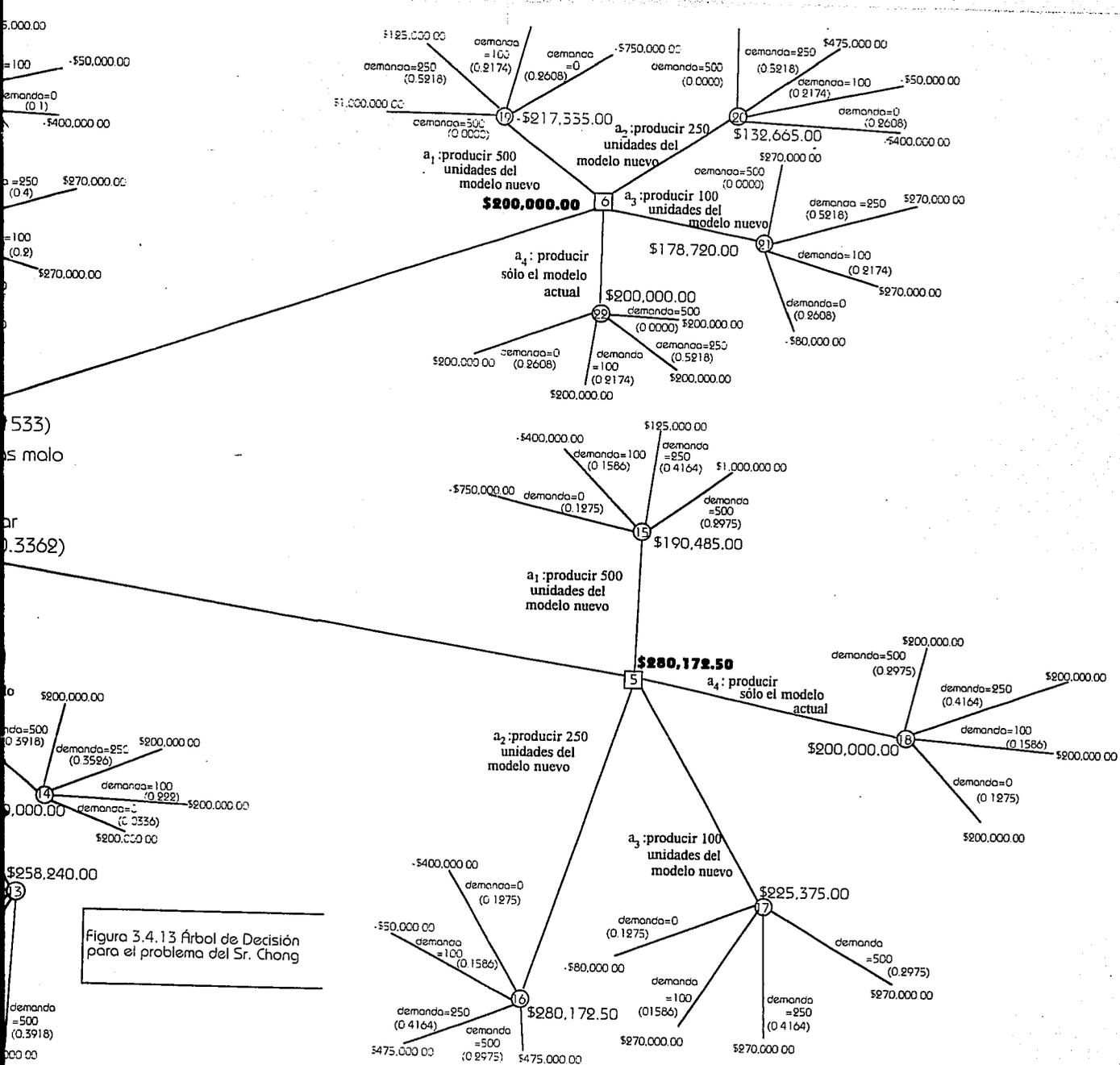


Figura 3.4.13 Árbol de Decisión para el problema del Sr. Chong

4

DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN DEL
SISTEMA DECIS

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DECIS.

Una aplicación desarrollada con tecnología multimedia implica el uso de formas de despliegue y reproducción de información que aprovechen los medios naturales de comunicación del ser humano (el oído y la vista, además de la capacidad de respuesta a un estímulo "acción -> reacción = interacción"). Estas formas de despliegue y reproducción son: audio, texto, imagen fija, animación y video..

El uso de todas estas formas de transmisión de información, así como el contacto más cercano con el usuario logrado gracias a la interactividad, brindan a multimedia el poder y la versatilidad necesarios para el desarrollo de programas aplicables a cualquier actividad. Un ejemplo de esto son las aplicaciones multimedia educativas.

4.1 Hardware y software necesario para poder hacer uso del sistema DECIS.

Debido a que la gran mayoría de las computadoras que se usan actualmente son IBM PC's o compatibles y gran parte de éstas tienen procesador 80286 o superior, la interfaz gráfica de usuario más popular es Windows. Aprovechando esta circunstancia, se decidió que Decis debería ser diseñado y construido para trabajar sobre esta interfaz gráfica y, por lo tanto, debería cumplir con sus estándares.

Una de las limitaciones más importantes a las capacidades de Decis es el hecho de que debe permitir a sus usuarios hacer uso de él en cualquier PC que soporte Windows. Esto significa que el programa debe ser capaz de trabajar en computadoras que muy probablemente no cuenten con una tarjeta de audio, lo cual implica que no puede emplear este medio para reproducir información quedando descartado su uso dentro del sistema.

Algo muy similar sucede con el video, ya que una resolución VGA de 16 colores (que es, actualmente, la resolución mínima para trabajar en Windows) no ofrece la calidad necesaria para presentarlo de manera conveniente, además de que si la velocidad de procesamiento del microprocesador de la computadora en la que está corriendo el sistema es baja (caso del 80286 y algunos 80386), la presentación del video será extremadamente lenta afectándose, como consecuencia, el desempeño de la aplicación. Por la misma razón, el uso de animaciones y de imágenes fijas se debe limitar a resoluciones de 16 colores y a animaciones cortas y que no requieran de mucha capacidad de procesamiento.

Las características del hardware que se requiere para poder hacer uso del sistema Decis son:

- IBM PC o compatible con procesador 80286 o superior (preferentemente 80386 o superiores).
- Cuando menos 2 Mb de RAM (preferentemente 4 Mb en adelante).
- Monitor VGA (640 x 480) de 16 colores (no se recomienda el uso de monitores monocromáticos).
- Mouse.
- Cuando menos 2.5 Mb de espacio en disco duro para instalación mínima y hasta 5 Mb para instalación completa.
- Drive de 3" 1/2 de alta densidad (1.44 Mb)

El software requerido para poder hacer uso de Decis es:

- MS-DOS ver. 3.3 o superior.
- Windows 3.1.

Como se puede ver, los requisitos necesarios para poder hacer uso del sistema Decis son los de una PC típica, es decir, no se requiere tener ningún equipo especial ni muy costoso. Esto permite que el sistema sea 100% transportable entre una PC y otra, gracias a lo cual los usuarios no tienen que depender de una computadora en particular para hacer uso del mismo.

4.2 Metodología de diseño y desarrollo de aplicaciones multimedia orientadas a la educación.

Una vez se hubieron definido los objetivos (consultar la introducción de este trabajo) y limitaciones del sistema se procedió a aplicar la *metodología de diseño y construcción de aplicaciones multimedia para la educación* desarrollada en el Laboratorio de Inteligencia Artificial y Multimedia del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Esta metodología consta de los siguientes pasos:

- I. Análisis y estructuración del contenido de la aplicación.
- II. Investigación bibliográfica y recopilación de la información referente al tema sobre el que versará la aplicación.
- III. Diseño y programación de la aplicación.
- IV. Digitalización y edición de la información.
- V. Integración y validación de la aplicación.
- VI. Producción.

I. Análisis y estructuración del contenido de la aplicación.

Para lograr que el contenido informativo de una aplicación multimedia educativa sea de máxima calidad es necesario trabajar en colaboración con un experto en el tema sobre el que versará la aplicación. Independientemente de las investigaciones bibliográficas que se realicen el sistema basará su funcionamiento, en cuanto a contenido teórico, en las recomendaciones y experiencia del experto. En esta etapa se deben definir los medios de despliegue y reproducción de información (audio, video, animaciones, texto e imágenes fijas) factibles de ser usados en la aplicación, así como la configuración de hardware y el software con que deberán contar los usuarios potenciales para poder correr la aplicación en óptimas condiciones. Esto permitirá al diseñador de la aplicación y al experto en el tema proponer el uso de uno u otro medio de despliegue y reproducción para presentar información específica.

En esta etapa, el diseñador de la aplicación y el experto deben diseñar en conjunto un diagrama que defina las características generales y de funcionamiento del sistema. El trabajo de las etapas siguientes se basará en este diagrama.

En el caso del sistema Decis, durante esta etapa, se buscó el apoyo de un experto en el tema de teoría de decisiones, M en I. Marcia González Osuna, especialista en el tema. En colaboración con el mismo, se definieron los alcances del sistema así como los medios de presentación de la información factibles a ser usados en éste, quedando excluidos el uso de audio y video por razones ya expuestas.

Fue el experto, quien considerando su experiencia como docente de la materia de Investigación de Operaciones, delimitó los alcances teóricos de Decis a cubrir la parte del temario correspondiente a Teoría de Decisiones, (ver capítulo 3) de las materias "Investigación de Operaciones" y "Administración de Operaciones" que se imparten en algunas carreras en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. El contenido del sistema se estructuró bajo el siguiente índice:

- Introducción a la Teoría de Decisiones.
- 1. El problema de decisiones.

2. Toma de Decisiones sin experimentación
3. Toma de Decisiones con experimentación
4. Árboles de Decisión.

Para definir las características generales y de funcionamiento de Decis se elaboraron los diagramas que se muestran en las figuras 4.1 y 4.2.

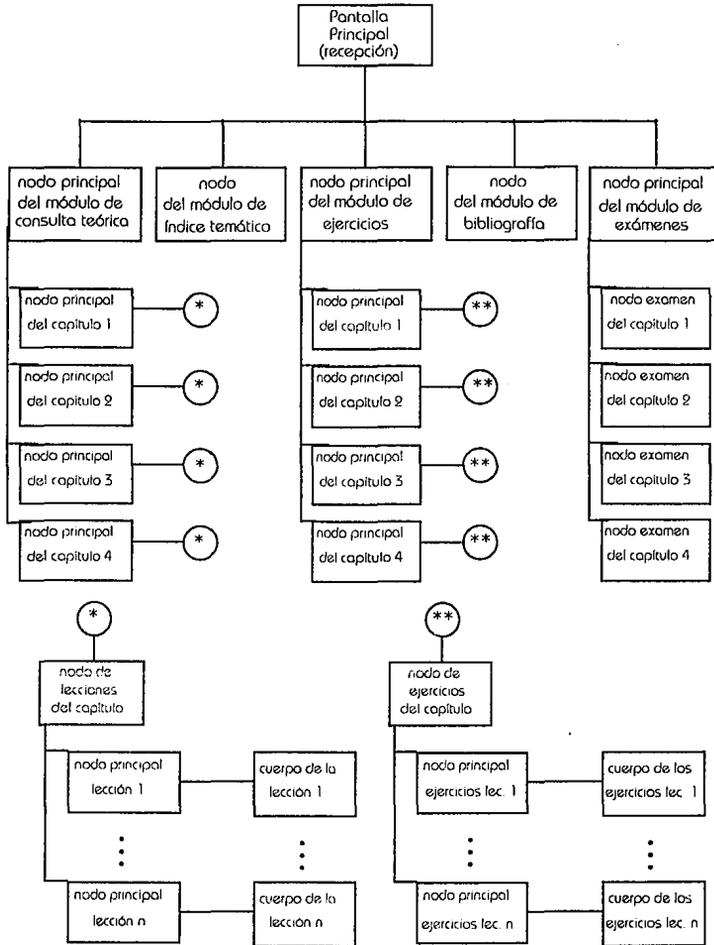


Figura 4.1 Organización jerárquica nodal del Sistema Educativo DECIS

El diagrama de la figura 4.1 muestra la estructura jerárquica del sistema Decis. Como se puede apreciar, esta estructura tiene como raíz un nodo, o pantalla principal, a partir del cuál es posible llegar a cinco nodos distintos: nodo principal de consulta teórica, nodo principal de ejercicios, nodo principal de exámenes, nodo de índice temático y nodo de bibliografía. El nodo de índice temático funciona como auxiliar para encontrar información específica, de forma rápida, en el área de consulta teórica, mientras que el nodo de bibliografía ofrece información referente a lecturas complementarias que el estudiante puede hacer para profundizar en algún tema de interés particular, así como la base bibliográfica del contenido teórico del sistema.

El cuerpo principal de Decis se centra en los nodos de consulta, ejercicios y exámenes; estos nodos permiten llegar a las áreas de consulta, ejercicios y exámenes respectivamente. En dichas áreas el estudiante puede elegir un tema específico para consultar, o bien, para hacer ejercicios o examen, y dirigirse directamente a él.

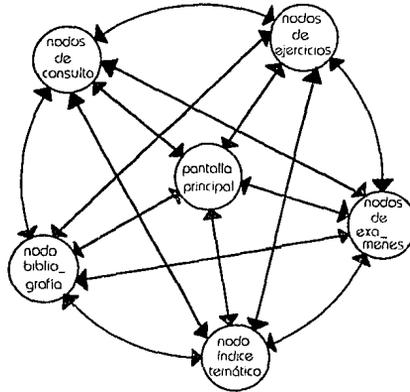


Figura 4.2. Diagrama general de navegación del sistema Decis.

El diagrama de la figura 4.2 muestra la "navegación" general del sistema Decis, es decir, las posibilidades que ofrece el sistema para ir de una sección a otra del mismo. De esta figura se puede observar que la navegación de Decis es tal que permite ir a cualquier punto que desee el usuario sin importar donde se encuentre (excepto en el caso de que se esté realizando un examen); el usuario puede "saltar" de un área a otra o al índice temático o bibliografía e incluso a la pantalla principal.

II. Investigación bibliográfica y recopilación de la información.

En esta etapa el trabajo del experto en el tema a tratar es fundamental pues deberá auxiliar al diseñador a estructurar la información teórica con base en el diagrama diseñado en la etapa I. La información así estructurada debe responder a los objetivos, académicos y de desarrollo de la aplicación, planteados. En esta etapa es conveniente contar con la colaboración de expertos en diseño gráfico y pedagogía que puedan asesorar al diseñador de la aplicación en cuanto a las características de presentación, manejo de colores, diseño de pantallas y, en fin, todas las características que debe tener una aplicación educativa de calidad. Se consulta y extrae información de diferentes fuentes y, junto con la información proporcionada por el experto, se genera un primer guión que será la base teórica del sistema. Después de tener este primer guión el diseñador y el experto, y en su caso los pedagogos y diseñadores gráficos asesores, deben

proponer qué partes del mismo pueden ser representadas utilizando audio, video, animaciones, imágenes, gráficas o texto. Con estas propuestas y el guión inicial se diseñan nuevos guiones que serán utilizados en la etapa de integración para vaciar toda la información dentro de la aplicación.

Para el caso del sistema Decis se realizó una investigación bibliográfica, dirigida por el experto, consultando diversas fuentes de información y a otros asesores también expertos en teoría de decisiones. Esta investigación bibliográfica dió como resultado una recopilación de información, la cuál a su vez fue resumida hasta lograr un primer guión de 42 cuartillas presentado en el capítulo 3 de este trabajo. Este primer guión se tomó como base para el contenido teórico de Decis.

Después de terminado el primer guión, en colaboración con el experto y algunos asesores, se realizó un segundo guión general en el que se hicieron las proposiciones correspondientes al uso de imágenes fijas y animaciones en sustitución de texto para presentar al usuario información específica (básicamente en los temas de matriz de pagos y árboles de decisión). El desarrollo posterior de Decis se realizó con base en los guiones logrados en esta etapa.

III. Diseño y programación de la aplicación.

Esta etapa se debe desarrollar en paralelo a la etapa II. El diseñador de la aplicación debe programar en la computadora la estructura nodal (representada en el diagrama realizado en la etapa I) de la aplicación con base en la técnica "fast-prototype" (esta técnica indica realizar un prototipo rápido o "esqueleto" de la navegación completa del sistema sin contener información final) para poder ejemplificar la operación final del sistema. El prototipo rápido debe ser presentado a los asesores y al experto en el tema para realizar las modificaciones o aclarar las dudas pertinentes. Este prototipo rápido será utilizado como base de la aplicación en la etapa de integración.

Uno de los elementos más importantes de cualquier programa de computadora es la interfaz de usuario ya que de ésta dependerá qué tan fácil o difícil les será a los usuarios finales interactuar con el programa. Las aplicaciones multimedia deben distinguirse por presentar al usuario interfaces intuitivas, muy amigables y por lo tanto fáciles de usar; pero no por esto, ineficientes o faltas de elegancia. Lo anterior debe cumplirse aún con más razón si se trata de aplicaciones multimedia para educación. Es por eso que en esta etapa el diseñador de la aplicación debe hacer énfasis en el diseño de la interfaz de usuario que presentará a los usuarios finales la aplicación. Existen diversos estándares para el diseño de interfaces de usuario, en la actualidad las más populares son las interfaces gráficas (GUI, *Graphical User Interface*) que se pueden encontrar en todas las plataformas de cómputo (Windows en la PC, Finder en equipos Macintosh, o X-Windows en estaciones de trabajo Unix). Este tipo de interfaces gráficas resultan ideales para el desarrollo de aplicaciones multimedia ya que son muy intuitivas y los usuarios finales no necesitan tener mucha experiencia en el uso de computadoras para interactuar con ellas (tal es el caso del Finder de Macintosh que representa el nicho ideal para hacer multimedia) a un nivel básico.

La interfaz de usuario de la aplicación debe cumplir los estándares de la GUI sobre la que trabajará (si se trata de Windows para la PC, la aplicación debe trabajar y verse en forma parecida a como lo hace Windows, lo mismo se debe cumplir para cualquier otra GUI) para evitar que el usuario sufra confusiones al tratar de interactuar con ella.

En el caso de Decis, se decidió utilizar la GUI Windows para IBM PC's y compatibles, debido a la gran base instalada que actualmente existe de esta plataforma de cómputo, lo que hace que Windows sea la interfaz gráfica más usada en cualquier ámbito.

Se desarrolló un prototipo rápido del sistema basado en los diagramas de la figura 4.1 en lo que a jerarquía de nodos se refiere, y 4.2 en cuanto a navegación. Para el desarrollo de este prototipo, y de la versión final de Decis, se hizo uso de una herramienta de integración de aplicaciones multimedia también conocidas como *Authoring Software* (software de autoraje, consultar apéndice C). El prototipo rápido fue sometido a pruebas con usuarios finales, alumnos de la materia de investigación de operaciones; y, a pesar de que cumplía con los estándares de Windows, su primera interfaz de usuario no fue muy bien aceptada. Esto obligó a rediseñarla

completamente a fin de lograr que la interactividad brindada al usuario fuese la mayor posible, además de ofrecer claridad y facilidad de uso, al mismo tiempo que una apariencia elegante y agradable para trabajar.

Una de las partes más importantes de Decis, en cuanto a diseño y programación, fue el diseño del funcionamiento de la sección de exámenes. A fin de evitar que un examen se repitiese, se elaboró una estructura general de examen. En esta estructura, un examen está formado por cinco preguntas; para realizar al alumno cada una de estas cinco preguntas, el sistema elige aleatoriamente de entre cinco opciones, lo cual da como resultado que se tengan:

5 opciones para la pregunta 1 x
5 opciones para la pregunta 2 x
5 opciones para la pregunta 3 x
5 opciones para la pregunta 4 x
5 opciones para la pregunta 5 = 3125 exámenes distintos para cada uno de los 4 capítulos que conforman al sistema Decis.

IV. Digitalización y edición de la información.

En esta etapa el trabajo a realizar consiste en pasar toda la información recopilada en la etapa II a los distintos medios que se hayan propuesto. Lo que corresponda a textos debe transcribirse a un procesador de palabras o al software que se usará para integrar la aplicación si éste permite el manejo directo de texto. Se deben grabar en formatos digitales (que puedan ser accedidos por la computadora) y editar el audio y/o el video necesarios, si es el caso, para su posterior integración a la aplicación. Realizar las animaciones, gráficas y/o dibujos necesarias en la computadora, así como capturar (utilizando "scanners") las imágenes (fotografías) que se requieran.

Una vez que se ha terminado con este proceso de digitalización y edición de la información, ésta debe ser revisada y avalada, o en su defecto modificada o ajustada, por el experto en el tema así como por los asesores en pedagogía o diseño gráfico. Cuando toda la información, ya digitalizada, ha sido aprobada se puede proceder a integrarla en la aplicación.

Para el sistema Decis, se requirió realizar algunas animaciones en software específico para ese fin (ver apéndice B). El texto necesario fue capturado directamente en Authorware Professional. Casi todas las imágenes fijas (a excepción de algunas imágenes capturadas con "scanner") fueron realizadas en el mismo Authorware Professional, Paint Brush y Corel Draw. La mayoría de las animaciones fueron creadas en Authorware Professional, y algunas en Animator y 3D-Studio. Todas las animaciones, imágenes fijas y textos realizados en Authorware Professional fueron capturados directamente en el prototipo rápido lo que permitió realizar de manera casi simultánea las etapas de digitalización y edición de la información y de integración de la aplicación.

V. Integración y validación de la aplicación.

En la misma estructura nodal diseñada en las etapas II y III (prototipo rápido) se integra la información procesada en la etapa IV, en los nodos y/o pantallas correspondientes. Una vez realizado lo anterior, se procede a afinar los detalles de diseño y funcionamiento de la aplicación que sea necesario así como a la integración de las herramientas que la aplicación brindará a sus usuarios finales (tales como acceso a bases de datos, herramientas de cálculo, cuadernos de notas, etc.).

Cuando se considera que la aplicación está terminada se realizan pruebas, utilizando usuarios reales (y en el caso de aplicaciones educativas, personal académico relacionado con el tema que trata la aplicación), de:

- funcionamiento
- interfaz de usuario
- flexibilidad (facilidad de entendimiento) de la información

En el caso del sistema Decis, se terminó de realizar la integración de datos iniciada en la etapa IV. Se integraron al sistema herramientas tales como un block de notas y un programa realizado en Visual Basic por alumnos de investigación de operaciones para resolver problemas de toma de decisiones utilizando el método del valor esperado.

Se integraron, en las pantallas correspondientes, las animaciones e imágenes importadas de otras aplicaciones.

El sistema se sometió a evaluación distribuyendo copias del mismo a alumnos de investigación de operaciones a fin de que lo usaran en cualquier PC con Windows a la que tuvieran acceso y se les pidió entregar un reporte con sus observaciones y comentarios. Con base en los reportes obtenidos, se realizaron algunas modificaciones sobre todo en la interfaz de usuario.

VI. Producción.

Una vez que la aplicación ha aprobado todas las pruebas a las que fue sometida se estará en condiciones de producir la aplicación con fines comerciales. Cabe indicar que se deben realizar en esta etapa manuales y guías de usuario. El formato comercial que se usará para distribuir la aplicación dependerá del mercado al que se desee llegar o bien, del tamaño y por tanto espacio físico requerido por la aplicación. Este formato puede ir desde diskettes hasta cd-rom.

El sistema Decis no se distribuye con fines comerciales. Debido a la filosofía de su diseño y uso, el sistema se distribuye en 4 discos flexibles de 3" 1/2 de alta densidad.

4.3 Funcionamiento del sistema

El sistema Decis se compone de nueve módulos:

- decis.exe
- deacons1.app
- deceje.app
- decexa.app
- decbib.app
- declibmi.apr
- deccolib.apr
- decclib2.apr
- movie.apr

El archivo decis.exe es el programa ejecutable, y módulo principal del sistema, contiene el runtime necesario para ejecutar los módulos app. El módulo declibmi.apr es una librería gráfica que contiene todas las imágenes, textos y animaciones que presenta decis.exe. Si esta librería no se encuentra en la misma ruta de trabajo que decis.exe, el sistema trabajará pero no desplegará nada en la pantalla de la computadora. Los módulos app también son programas ejecutables pero requieren forzosamente del runtime contenido dentro de decis.exe por lo que sólo pueden ser ejecutados si se les llama desde éste. El módulo deacons1.app contiene la estructura de la sección de consulta teórica del sistema. Los módulos deccolib.apr y decclib2.apr son librerías que

contienen la información que presenta el módulo deconstr1.app. El módulo deceje.app contiene la sección de ejercicios de todo el sistema, mientras que decexa.app contiene la sección de exámenes. El módulo movie.apr contiene algunas animaciones.

Esta estructura modular presenta grandes ventajas ya que si el usuario tiene poco espacio en el disco duro de su computadora puede instalar, además de decis.exe y declibmi.apr, sólo el módulo o módulos que vaya a utilizar. Por ejemplo, si un usuario sólo desea consultas teóricas y no le interesa hacer ejercicios o exámenes, no necesita instalar los módulos deceje.app y decexa.app. Si lo que desea es hacer sólo ejercicios basta con instalar decis.exe, deceje.app y declibmi.apr.

Como se puede ver, la estructura modular de Decis permite administrar de forma eficaz el espacio en disco duro, ya que si un alumno requiere hacer uso de todo el sistema, pero no cuenta con espacio suficiente para instalarlo completo, puede instalar además del programa ejecutable y su librería, el módulo de consulta y sus librerías, una vez utilizados, puede borrarlos e instalar en su lugar el módulo de ejercicios o exámenes.

Otra forma de operar es instalando decis.exe y declibmi.apr en disco duro, y al momento de pedir alguno de los módulos app, indicarle a Windows que lo busque en la unidad de disco flexible, esto provocará que el sistema sea lento, pero puede ser la solución al problema de espacio en el disco duro.

Una vez que el sistema ha sido instalado y se le ejecuta por primera vez, pedirá se le indique el tipo de instalación deseado; este puede ser para un sólo usuario en esa máquina o para varios usuarios, si se elige la instalación para varios usuarios, es necesario conocer la clave de administración del sistema.

Si se realiza la instalación para un sólo usuario, el sistema pedirá un nombre completo a fin de personalizar la instalación y llevar los registros de avance del alumno. Una vez que se introdujo el nombre del usuario, el sistema generará tres archivos de tipo texto:

- configur.txt
- datos.txt
- nivel.txt

El archivo configur.txt guarda la información correspondiente al tipo de instalación realizada (en este caso uno sólo usuario). El archivo datos.txt guarda el nombre del alumno que será utilizado en todas las sesiones futuras para llevar el registro de avance. En el archivo nivel.txt se va llevando el registro de avance del alumno, este registro se actualiza cada vez que se cubre una lección, una sesión de ejercicios o un examen.

Cada vez que el alumno termina un examen, Decis genera un archivo exa?.txt (donde "?" corresponde al número del capítulo del examen realizado) en el que guarda la calificación obtenida. Si el sistema es abortado por cualquier causa, excepto interrupción de energía, cuando el usuario se encuentra realizando un examen, se genera, además del exa?.txt, un archivo alex?.txt en el que se guarda el avance logrado por el alumno en el examen.

Cada vez que el sistema es iniciado, busca la existencia de algún archivo alex?.txt; si encuentra uno, automáticamente "salta" al examen y a la pregunta correspondiente, para permitir al alumno completar el examen. En estos casos, el archivo exa?.txt guarda la calificación que el alumno había logrado hasta antes de la interrupción del sistema.

Cuando se realiza una instalación para varios usuarios, la cual debe ser realizada por un profesor de asignatura o por el encargado del sistema en ese momento, si la clave de administración es correcta, Decis abre una caja de diálogo que permite al administrador dar de alta grupos de alumnos y alumnos dentro de cada grupo. Por cada grupo que se da de alta, Decis genera un directorio, y dentro de ese directorio, genera un directorio de trabajo para cada alumno perteneciente a ese grupo. Dentro de este directorio de trabajo genera todos los archivos descritos en el caso de instalación para un sólo usuario excepto configur.txt, y un archivo llamado clave.txt donde guarda la clave correspondiente al usuario. Por cada alumno dado de alta se debe introducir su nombre completo, así como una clave que sólo él y su profesor deben conocer a fin de evitar que otro alumno afecte sus registros.

El sistema opera de la misma forma que se describió en el caso de instalación para un usuario, con la salvedad de que al inicio de cada sesión pedirá al usuario su nombre y su clave, si ésta no corresponde, abortará la ejecución.

Observaciones

Esta primera versión de Decis lleva todos sus registros utilizando archivos txt, que son los únicos que Authorware Professional puede leer y escribir, que pueden ser fácilmente alterados por los usuarios. Para la siguiente versión de Decis se tiene planeado programar toda la estructura de control en Visual Basic agregando un encriptador-desencriptador propietario (este programa se encargará de codificar y decodificar los datos que actualmente el sistema guarda en archivos de texto, a fin de que no puedan ser alterados por los usuarios), lo que permitirá utilizar archivos encriptados para llevar los registros, dificultando así a los usuarios alterar los mismos.

También se planea agregar un módulo para uso exclusivo de los profesores de asignatura que será capaz de leer, a partir de archivos encriptados en un disco flexible, las calificaciones de cada alumno generadas por Decis. De este modo, el alumno estudiará con Decis en una computadora cualquiera y el sistema guardará sus registros en disco flexible utilizando archivos encriptados. El alumno entregará este disco a su profesor, y el módulo de Decis en poder del profesor será capaz de leer de él el nombre del alumno y sus calificaciones, estos datos serán presentados al profesor.

5

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES.

El surgimiento de la computadora y su aplicación como herramienta de trabajo ha traído como consecuencia la modificación de las formas de trabajar en prácticamente todos los ámbitos. En la actualidad es común el tener que interactuar con computadoras al realizar actividades cotidianas tales como retirar dinero de una cuenta bancaria o al ordenar alimentos en los restaurantes. Esto ha traído como consecuencia el nacimiento de nuevas tecnologías que han permitido la creación de herramientas cada vez más poderosas, programas aplicables a actividades de muy diversas índoles, como finanzas, administración, investigación científica, ingeniería, medicina, arte y entretenimiento, y el desarrollo de interfaces cada vez más amigables las cuales facilitan el uso de computadoras a los usuarios no experimentados. Una de estas nuevas tecnologías es multimedia.

La creatividad de los desarrolladores de aplicaciones, apoyada en las nuevas herramientas que brinda multimedia, está provocando una verdadera revolución en el procesamiento y transmisión de la información. Esta revolución alcanza todas las actividades en las que el ser humano moderno se desarrolla, y en particular los procesos de enseñanza-aprendizaje.

El uso de multimedia está ocasionando cambios drásticos en los procesos y métodos tradicionales de enseñanza al permitir a los estudiantes aprender a su propio ritmo, al mismo tiempo que estimula sus sentidos y los hace más receptivos a las nuevas ideas.

Decis es uno de los primeros esfuerzos encaminados a incorporar multimedia a las aulas de clase de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. Cumple con los objetivos que persigue, de dar apoyo a los estudiantes para aprender los conceptos básicos de teoría de decisiones y al mismo tiempo proporciona a los profesores un elemento más para evaluar el desempeño de sus alumnos. Hubo que sacrificar el uso de audio y video para garantizar la portabilidad del sistema hacia cualquier computadora IBM PC o compatible que soporte Windows 3.1.

El desarrollo del sistema Decis fue una experiencia excitante y un reto constante. Durante este proceso se presentaron problemas que iban desde cuestiones de programación, hasta situaciones que tenían que ver con el diseño de la interfaz de usuario.

El uso de un sistema de autoraje como lo es Authorware Professional permitió desarrollar Decis en un tiempo mucho menor al que hubiese sido necesario empleando un lenguaje de programación como C o Visual Basic. A pesar de que Authorware Professional ofrece herramientas excelentes para el manejo de audio, video y animaciones, presenta algunas desventajas ya que no tiene tanta versatilidad como los lenguajes de programación. Hay algunos problemas que es más fácil resolver utilizando un lenguaje de programación en vez de un sistema de autoraje. Por ejemplo, me fue proporcionado un programa hecho en Visual Basic por alumnos de la materia Investigación de Operaciones que permite resolver problemas de toma de decisiones utilizando algunos de los métodos que cubre el sistema Decis. Hacer este tipo de programas con Authorware Professional es muy difícil y, en algunos casos, imposible. Debido a que el programa que me facilitaron trabaja sobre la plataforma Windows, resultó ideal para incorporarlo como herramienta a Decis. Esto permite concluir que es recomendable para el desarrollo de aplicaciones multimedia, combinar un sistema de autoraje para construir el cuerpo de la aplicación, con un lenguaje de programación para desarrollar las herramientas necesarias que permitan resolver los problemas de programación en donde el sistema de autoraje sea ineficiente; esto independientemente del software necesario para crear elementos tales como audio, imágenes fijas y animaciones. La combinación entre Authorware Professional y Visual Basic es ideal, ya que ambos sistemas producen programas ejecutables para Windows. Authorware Professional provee una función especial para ejecutar programas externos desde una aplicación, lo que hace posible que el usuario no pueda distinguir entre las herramientas creadas en Visual Basic y la aplicación en sí. Authorware proporciona la potencia y el manejo de elementos necesarios para la creación de aplicaciones multimedia mientras que Visual Basic ofrece la versatilidad de programación necesaria para resolver problemas específicos de forma más eficiente.

Sería necesario realizar una investigación exhaustiva para determinar con exactitud hasta qué grado el sistema Decis reduce el tiempo necesario para que el estudiante promedio aprenda el

tema, así como el nivel de conocimientos que puede alcanzar. Esta investigación está fuera de los alcances del presente trabajo, pero es de esperarse que este sistema ayude a los estudiantes a aprender los conceptos básicos de teoría de decisiones de forma más amena que con los métodos tradicionales.

El sistema Decis es un primer paso hacia la educación apoyada en multimedia en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.; los proyectos venideros deberán ser más ambiciosos para lograr el objetivo final, que es reforzar la formación de los futuros ingenieros utilizando sistemas que complementen el programa de estudios de sus carreras, lo cual requiere crear toda una infraestructura que permita el desarrollo de dichos sistemas. Esto implica la implantación de un laboratorio de cómputo especializado en multimedia, cuyo diseño es tema suficiente para otra tesis, el cual deberá contar con todos los recursos humanos y materiales necesarios para lograr el objetivo planteado. Para garantizar la calidad de las aplicaciones desarrolladas en este laboratorio será necesaria la formación de grupos de trabajo multidisciplinarios, integrados por profesores de asignatura, desarrolladores de aplicaciones y asesores, entre los que se deberá contar, entre otros, con diseñadores gráficos, psicólogos y pedagogos.

Los profesores de asignatura serán los encargados de proporcionar el material que servirá de base teórica a las aplicaciones. Dicho material deberá concordar con los planes de estudio vigentes. Los desarrolladores de aplicaciones serán los encargados de desarrollar las aplicaciones apoyándose en la experiencia de los asesores. Dentro del grupo de desarrolladores se pueden incluir alumnos de todas las carreras de ingeniería a fin de capacitarlos como desarrolladores de aplicaciones multimedia. Sin duda, esta experiencia beneficiará en gran medida su desarrollo profesional. El grupo de asesores se encargará de diseñar la interfaz de usuario para los desarrollos del laboratorio, de forma tal que se garantice que el efecto causado en los estudiantes sea positivo y despierte su interés por ampliar sus conocimientos haciendo uso de las aplicaciones que se encuentren disponibles.

También será necesario implantar un laboratorio en el que los estudiantes de la Facultad puedan hacer uso de cualquiera de las aplicaciones multimedia que se vayan desarrollando. Las computadoras de este laboratorio deberán estar equipadas con el hardware y software necesario para que el estudiante pueda aprovechar al máximo la riqueza proporcionada por el ambiente multimedia. En este mismo laboratorio podrán los alumnos desarrollar sus primeras aplicaciones si se les proporcionan los recursos mínimos, principalmente sistemas de autoraje.

Con toda seguridad, el uso de multimedia como se ha descrito, puede elevar el nivel académico de los futuros egresados de las carreras de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

Siguiendo la tendencia que actualmente se está dando en todo el mundo de ir hacia multimedia, se puede pensar en versiones futuras de Decis que incorporen audio y tal vez video.

Apéndices

A

HARDWARE PARA MULTIMEDIA

Apéndice A. Hardware para multimedia

CPU

Para trabajar con multimedia, es necesario contar con una computadora de alto desempeño. El CPU Intel 80486 DX2 (Clock Doubler), que trabaja internamente al doble de la velocidad del reloj del sistema es, en la actualidad (sin considerar los microprocesadores que están surgiendo como el Pentium, Alpha y Power PC), la mejor opción para el desarrollo de aplicaciones multimedia.

La tecnología actual de las PC's ofrece tres arquitecturas de bus: ISA (Industry Standard Architecture), IMB PS/2 Micro Channel (Micro Canal) y EISA (Extended ISA). En lo que a software se refiere, estas tres arquitecturas son compatibles, no así en lo referente al hardware.

La más barata (y también la más común) de las tres es la arquitectura ISA. Esta usa un bus de 16 bits introducido originalmente en las IBM PC-AT. Existen cientos de fabricantes y proveedores de hardware adicional para esta arquitectura.

El bus de la arquitectura de micro canal es de 32 bits lo que significa que es más cara que la arquitectura ISA; fue introducida en las computadoras IBM PS/2. No existen muchos proveedores de hardware adicional para esta arquitectura.

El bus EISA resultó de un consorcio de vendedores quienes diseñaron un bus de alto desempeño que compitiera con el bus de Micro Canal de IBM. EISA es un bus de 32 bits con más capacidades que el bus de micro canal, y más importante aún, es posible usar tarjetas diseñadas para ISA en mother boards EISA.

Algunas de las computadoras más recientes usan algo llamado *local bus*, que es un bus especial que trabaja a la velocidad del CPU pero que está separado del bus principal del sistema. Es un segundo bus que está perfectamente acoplado al CPU, pero su aplicación se limita a usos específicos; por ejemplo, para la memoria principal del mother board y para el sistema de video de la computadora.

TARJETAS DE AUDIO

La adición de soporte para audio en Windows 3.1 ha provocado un incremento en el número de tarjetas de audio disponibles en el mercado. Los dos parámetros más importantes de una tarjeta de audio son:

- **Resolución.** Es el número de bits usados para representar cada valor de un sonido digital, y es fundamental para determinar la calidad del sonido que la tarjeta puede producir. Algunas tarjetas representan cada valor digital usando 8 bits, lo cual es aceptable para reproducción de voz y, en algunos casos, de música simple. Otras tarjetas tienen 16 bits de resolución, lo que les permite reproducir audio con calidad CD. En una tarjeta se debe revisar que la entrada para conversión analógica-digital y la salida de conversión digital-analógica tengan el mismo número de bits de resolución. La calidad total de la tarjeta estará determinada por el menor de estos números.
- **Factor de muestreo.** Una tarjeta de audio debe cubrir el rango entero de factores de muestreo desde el de línea telefónica (8 KHz) hasta el de CD (44.1 KHz).

Algunas tarjetas de audio también contienen circuitos sintetizadores de música. Estos se han hecho más populares porque forman parte de la especificación propuesta para la MPC (Multimedia PC), además de que Windows 3.1 soporta los sintetizadores MIDI.

Roland SCC-1

Esta tarjeta tiene gran capacidad para sonidos MIDI. No trabaja con archivos WAV, en vez de eso, enfoca todo su poder en la síntesis de sonidos. El sonido MIDI que produce la SCC-1 es, probablemente, el de mejor calidad en la actualidad ya que va más allá de la síntesis FM utilizada en otras tarjetas.

La SCC-1 guarda internamente muestras digitales de los sonidos, por lo que los sonidos de instrumentos que reproduce son de altísima calidad y para el oído humano, idénticos a los de los instrumentos reales. Por ejemplo, el sonido del piano se escucha como un piano real. La mayoría de los otros 127 sonidos MIDI que contiene la tarjeta también son muy buenos. Se pueden crear ensambles decentes al reproducir varios instrumentos a la vez.

Turtle Beach's MultiSound

Si la SCC-1 "brilla" por sus sonidos, la Multisound lo hace aún mejor. Los sonidos que produce son absolutamente limpios. La Multisound está dirigida a dos mercados diferentes: las presentaciones profesionales (exposiciones, conferencias, etc.) y los músicos. Hace un buen trabajo en ambas áreas.

A diferencia de la SCC-1, la Multisound es capaz de manejar archivos WAV así como archivos MIDI. La sección MIDI utiliza un sintetizador comercial, el Proteus/1 XR de E-mu. El Proteus empaca 4 Mb de muestras de sonidos en la tarjeta, incluyendo muchos sonidos originales e interesantes que no son parte del estándar General MIDI. Todos sus sonidos son vívidos, excitantes y realistas.

Respecto a los archivos de forma de onda (WAV), la tarjeta puede grabar y reproducir en calidad CD: 16 bits de resolución a 44.1 MHz. A pesar de que otras tarjetas más baratas pueden grabar con esta calidad, lo que distingue a la Multisound es la eliminación total (para el oído humano) de ruidos.

La Multisound es diferente a las tarjetas baratas debido a que las tarjetas baratas usan síntesis FM; lo más que se puede hacer es usar cambios de frecuencias para modular una onda de sonido. La Multisound, al igual que la SCC-1, almacena sonidos digitales en la tarjeta. Utiliza 4 Mb de memoria para guardar sus sonidos, lo que significa sonidos de mejor calidad.

Pro Audio Spectrum Plus Pro Audio Spectrum 16

La única diferencia importante entre estas dos tarjetas es que el modelo 16 usa 16 bits para sonido digital, mientras que la plus usa sólo 8. Estas tarjetas soportan MIDI (con un cable opcional) y usan síntesis FM para crear los sonidos. Las tarjetas Pro Audio Spectrum están un paso adelante de las Sound Blaster. Con estas tarjetas no es necesario abrir la computadora para hacer modificaciones en su configuración.

Otro punto a favor de las tarjetas Pro Audio Spectrum es que incorporan un controlador SCSI estándar. Esto permite usar una unidad de CD-ROM SCSI de cualquier marca, y la tarjeta es capaz de controlarla.

Sound Blaster Sound Blaster Pro Sound Blaster 16-bit

Las tarjetas Sound Blaster son las más populares. Están disponibles en varios modelos, algunos tienen 8 y otros 16 bits de resolución. Todos los modelos usan síntesis FM para crear los sonidos MIDI. Los modelos más caros usan circuitos integrados sofisticados para síntesis FM. Pero el incremento en la calidad del sonido no es muy notorio.

Existe un gran número de tarjetas de audio disponibles además de las mencionadas, y constantemente se introducen nuevos modelos. El surgimiento de Windows 3.1 y su soporte para audio ha sido un gran impulso para esta industria.

Las tarjetas de audio se pueden clasificar de acuerdo a las funciones que realizan:

- *Grabación y Reproducción Digital.* Esta le da a la tarjeta la capacidad de reproducir y grabar archivos de forma de onda, aunque no todas las tarjetas son capaces de hacer grabación digital. Como ya sea ha dicho, existen tarjetas de 8 y de 16 bits. Las tarjetas de 8 bits sólo sirven para "entretenimiento", es decir, no ofrecen buenos resultados si se utilizan en aplicaciones serias tales como conferencias. Las tarjetas de 16 bits, a su vez, se dividen en dos categorías: baratas pero algo ruidosas, y caras pero que producen sonidos perfectamente claros y limpios.
- *Síntesis de Sonido.* Existen sintetizadores FM baratos, pero se caracterizan por producir sonidos agudos al estilo del *beep* de la computadora. Algunas tarjetas de audio, como la Roland SCC-1 y la Turtle Beach's MultiSound, tienen integrados sintetizadores de muy alta calidad. Todas las tarjetas de sonido (que lo soportan) usan MIDI para comunicarse con el sintetizador. Esto significa que cualquier dispositivo capaz de generar señales MIDI también puede comunicarse con el sintetizador de la tarjeta.
- *Comunicaciones MIDI.* Si la tarjeta de sonido soporta MIDI, lo usa internamente para comunicarse con su propio sintetizador, y externamente (si está equipada) para comunicarse con cualquier instrumento musical MIDI. En otras palabras, se pueden redireccionar las señales MIDI y dirigir las a cualquier instrumento MIDI para hacer que éste las reproduzca en vez, o además, del sintetizador de la tarjeta.

Bocinas

No importa qué tan bueno sea el sonido que una tarjeta de audio puede producir, si las bocinas utilizadas son de mala calidad. Se deben utilizar bocinas que sean apropiadas para la tarjeta de audio que se está usando.

Si se tiene una tarjeta convencional de síntesis FM, no es necesario gastar mucho dinero en bocinas, basta con usar bocinas con amplificador integrado. Para una tarjeta de audio de 16 bits usada para grabar voz y música es recomendable usar bocinas de mejor calidad.

TARJETAS DE VIDEO

Al igual que con las tarjetas de audio, no todas las tarjetas de video pueden realizar todas las funciones. Existen tarjetas que simplemente despliegan video analógico en el monitor de la computadora, y otras que pueden digitalizar video analógico, y brindar soporte completo para manipulación, almacenamiento y despliegue de imágenes digitales. Hay tarjetas que soportan 16 bpp (bits por pixel) o más. A estas se les conoce como *true color* (si soportan 24 bpp) o *high color* (si soportan 16 bpp).

Actualmente están apareciendo algunas tarjetas de video true color que pueden ser usadas bajo Windows 3.x y OS/2. Generalmente, estas tarjetas contienen un acelerador o coprocesador para aumentar la velocidad con que se manipulan las imágenes y/o gráficas bajo Windows. Esta característica es muy importante ya que procesar imágenes a 16 ó 24 bpp directamente con el CPU es muy lento aún en CPU's 386 ó 486.

La mayoría de las tarjetas de video están diseñadas para *desktop publishing* (DTP), y no necesariamente tienen algunas de las características que son indispensables en multimedia. Por ejemplo, en DTP normalmente se trabaja con una pantalla a la vez, por lo que el tamaño de memoria de la mayoría de las tarjetas es suficiente sólo para una pantalla. En multimedia se

requiere tener una pantalla en presentación, y cuando menos, otra más siendo preparada para presentación. Muchas de las tarjetas true color no soportan esto.

En DTP es común utilizar resoluciones mayores a 640x480, por lo que la mayoría de las tarjetas están diseñadas para trabajar con resoluciones de 1024x768 o aún mayores. Esta parece ser una buena característica. En multimedia sin embargo, es un problema debido a los requerimientos extras que acompañan a estas resoluciones. Estos se traducen en archivos más grandes, lo que a su vez incrementa el tiempo de lectura/escritura a disco.

Otra característica que no es uniforme en las tarjetas de video es la que se refiere a la presentación de video VGA (*VGA pass-through*), que es la capacidad de desplegar pantallas de video VGA estándar de la misma forma que pantallas true color. Muchas tarjetas utilizan técnicas de video entrelazado al estilo del NTSC para desplegar pantallas true color, estas técnicas no trabajan con pantallas VGA. Con tarjetas que utilizan estas técnicas se deben usar dos monitores, uno para true color y otro para VGA. Algunas tarjetas permiten el uso de un sólo monitor al utilizar dos planos de memoria (uno para true color y otro para VGA) como lo hace la tecnología DVI.

Si se desea crear presentaciones y grabarlas en cintas de video, es necesario que la tarjeta de video tenga una salida NTSC o PAL; ya que una videocasetera no puede grabar salidas VGA.

El tipo de video soportado por la entrada de las tarjetas es otro parámetro importante. Algunas tarjetas sólo tienen entrada NTSC, otras soportan NTSC y PAL o S-video, y otras incluso soportan RGB. Unas cuantas tarjetas soportan todos los tipos (entre estas se encuentran las tarjetas DVI). La tecnología DVI es la mejor opción para integración de audio y video en PC's y Macintosh.

CD-ROM

Una unidad de CD-ROM es más que crítica en la configuración de una PC multimedia. Actualmente, muchos vendedores de software hacen sus productos disponibles en CD-ROM. Esto se traduce, normalmente, en cientos de archivos de ejemplos, más grandes y mejores archivos de ayuda, en fin, materiales que hacen más fácil de aprender y de usar un producto.

Debido a que una unidad de CD-ROM no es un dispositivo específico para multimedia (por ejemplo, se puede usar sólo para acceder grandes bases de datos de texto), existen dos tipos de unidades. Controlados por una tarjeta de audio o como unidades solas.

Cuando una unidad de CD-ROM es controlada por una tarjeta de sonido, normalmente viene en un kit de actualización multimedia. Este tipo de unidades están limitadas por las capacidades de las tarjetas que las controlan.

Kits de actualización multimedia

Un kit de actualización multimedia es la forma más rápida de integrar multimedia en una PC. Un kit estándar contiene una tarjeta de sonido, una unidad de CD-ROM, los cables necesarios, y varios paquetes incluyendo juegos y enciclopedias en CD entre otros.

B

SOFTWARE PARA
MULTIMEDIA

Apéndice B. Software para Multimedia

Ni el mejor hardware del mundo hace nada sin el software adecuado. Con todo el énfasis en el desarrollo de hardware, la importancia del software ha sido pasada por alto. Actualmente se puede comprar cualquier hardware que sea necesario para multimedia -captura de video, CD-ROM, tarjetas de sonido, etc Sin embargo, no cualquier software aprovecha al máximo las ventajas multimedia que ofrece el hardware.

AUDIO

Cuando se adquiere una tarjeta de audio, ésta viene acompañada del software necesario para capturar, editar y reproducir audio. Por ejemplo, las tarjetas Sound Blaster vienen acompañadas de las siguientes herramientas:

- Wave Studio.
- Juke Box.
- Sound'LE
- Qcd. y
- SB16 Mixer

El programa `clwave.exe` (Wave Studio) es una herramienta que permite capturar audio proveniente de distintas fuentes como CD y micrófono. La ventana principal de este programa se muestra en la figura b 1

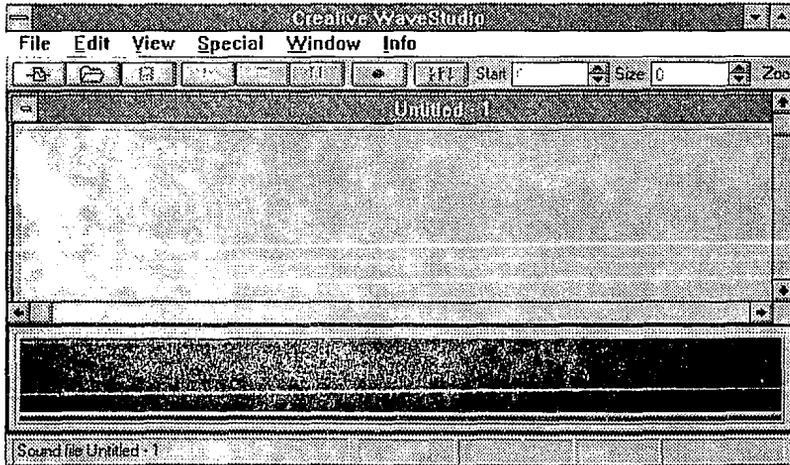


Figura b 1 Ventana principal del Wave Studio de Creative Labs (viene con las tarjetas Sound Blaster)

Este programa permite digitalizar sonido analógico proveniente de un micrófono conectado a la tarjeta. En la figura b 2 se muestra la caja de diálogo para configuración del modo de

grabación. Esta caja se abre al presionar el botón de grabación (el que tiene un pequeño círculo), y como se puede ver, muestra la memoria RAM disponible en la computadora para guardar temporalmente el audio digitalizado. Esta caja de diálogo permite configurar el modo de grabación en monoaural o estéreo, utilizar 8 o 16 bits para representar cada muestra (resolución) y grabar a factores de muestreo de 11, 22 y 44.1 KHz.

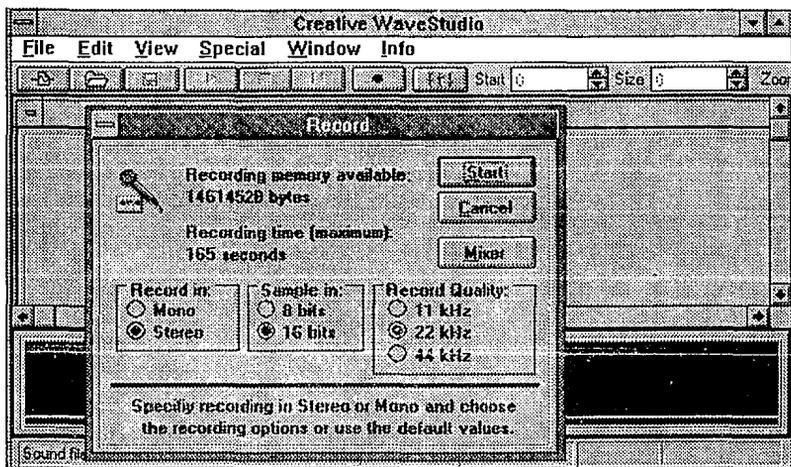


Figura b.2 Caja de diálogo de grabación del Wave Studio

Para iniciar la captura de audio, basta con presionar el botón "Start". Una vez que el sonido ha sido capturado, Wave Studio permite aplicarle varios efectos, tales como eco, amplificación del volumen, reproducción inversa (del fin de la señal hacia el principio), cortar la señal en el lugar que se desee, insertar señales de otros sonidos, entre otros. Wave Studio sólo permite generar archivos de forma de onda (extensión WAV).

Wave Studio también permite capturar audio proveniente de CD's de música a fin de generar archivos WAV y utilizarlos en las aplicaciones multimedia.

El programa mmlbox.exe (Juke Box) es una herramienta que permite reproducir archivos MIDI (extensión MID) utilizando la tarjeta de sonido. La caja de diálogo de este programa se muestra en la figura b.3.

La función del programa SoundOLE.exe (SoundOLE) es permitir digitalizar audio proveniente de un micrófono generando archivos WAV. A diferencia del Wave Studio, SoundOLE no permite aplicar efectos a la señal digitalizada. La caja de diálogo de SoundOLE se muestra en la figura b.4.

El programa Qcd.EXE (QuickCD) permite reproducir discos compactos si se cuenta con una unidad de CD-ROM, procesando la señal a través de la tarjeta de audio y tomando la salida de ésta. Este programa hace que la unidad de CD-ROM actúe como un reproductor de discos compactos común. La caja de diálogo de QuickCD se muestra en la figura b.5.

Como se puede ver en la figura b.5, la interfaz de QuickCD es una metáfora de los botones que presentan la mayoría de los aparatos reproductores de discos compactos. Cuando esta imagen fue capturada, QuickCD estaba reproduciendo la pista número 2 ("Total eclipse of the heart") de un disco.

El programa sb16wmix.exe (SB16 Mixer), es el centro de control de las funciones de la Sound Blaster. Desde aquí se puede controlar el volumen de la salida de audio de la tarjeta, los agudos y los bajos, así como la ganancia. También controla el nivel de la señal de entrada a la tarjeta de dispositivos como CD, MIDI y micrófono entre otros. La caja de diálogo del SB16 Mixer se muestra en la figura b.6.

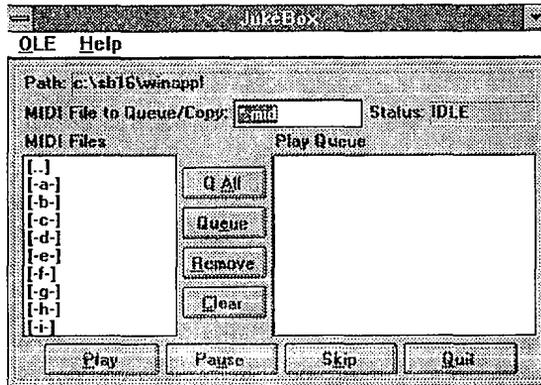


Figura b.3 Caja de Diálogo del Juke Box

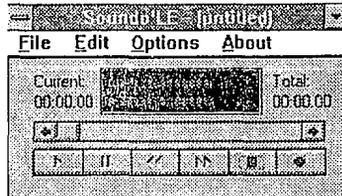


Figura b.4 Caja de diálogo de Sound'LE



Figura b.5 caja de diálogo de QuickCD

El SB16 Mixer puede ser ejecutado desde el Wave Studio, QuickCD o en forma independiente. La opción "Recording" del menú "Settings" permite indicar el dispositivo del cual se

tomará la señal para realizar la captura de audio en el Wave Studio, como se muestra en la figura b.7.

Existen otros programas independientes de las tarjetas de audio; por ejemplo, el CDMaster.EXE. Este programa tiene la misma finalidad que el QuickCD de la Sound Blaster, pero ofrece una interfaz más elegante y muchas más funciones (como la capacidad de permitir programar las piezas a reproducir). La caja de diálogo del CDMaster se muestra en la figura b.8.

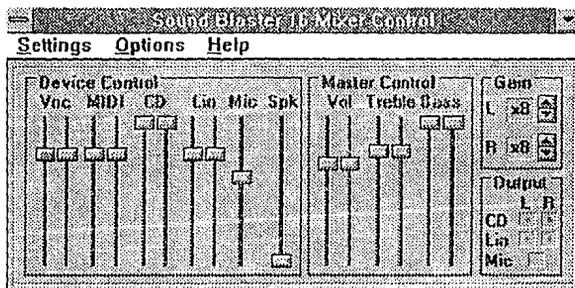


Figura b.6 Caja de diálogo del SB16 Mixer

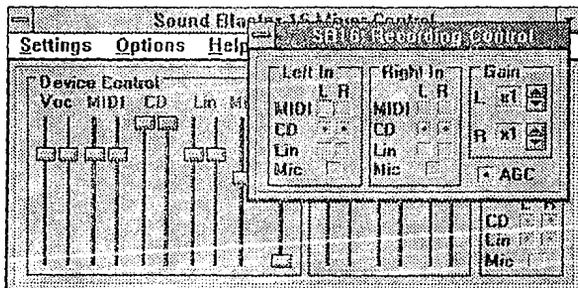


Figura b.7

VIDEO

Al igual que en el caso del audio, cuando se adquiere una tarjeta de video, ésta viene acompañada del software que la hacer trabajar. Tal es el caso de la tarjeta TrueVision VideoVGA Eight & Sixteen. Esta tarjeta está diseñada con el fin de permitir bajar video VGA a un dispositivo de grabación tal como una videocasetera. También permite combinar señales de video analógico (digitalizado) con señales de video VGA antes de bajarlas a la videocasetera. Esta tarjeta viene acompañada por un programa de conversión de imágenes llamado ShowMe.

ShowMe es un programa para Windows 3.0 o 3.1. Cuando se ejecuta este programa aparece la ventana que se muestra en la figura b.9

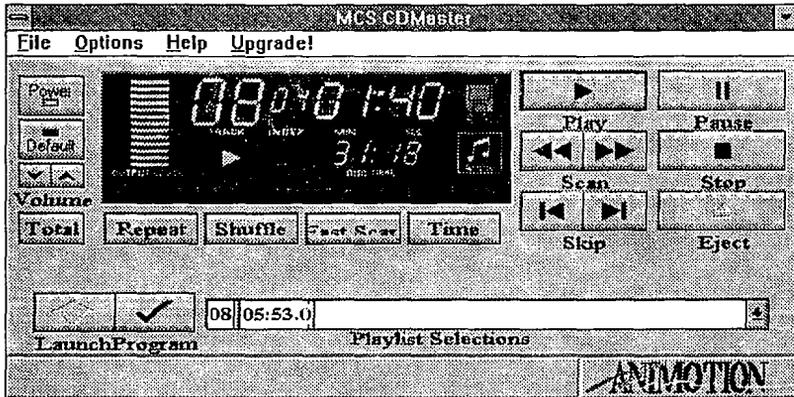


Figura b.8 Caja de diálogo del CDMaster

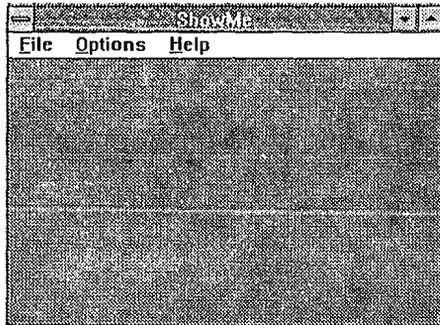


Figura b.9 Ventana del ShowMe

La ventana de la figura b.9 desplegará las imágenes cargadas en ShowMe. Si la imagen es más grande que la ventana de ShowMe, sólo se desplegará una parte.

El menú "File" ofrece tres opciones: "open", "save" y "print". Al elegir la opción "open", se abre la ventana que se muestra en la figura b.10.

La caja de diálogo que se muestra en la figura b.10 se usa para localizar las imágenes que se desea ver. Como se puede ver, la opción "open" permite abrir imágenes almacenadas en varios formatos como GIF, TIFF y Targa (TGA) entre otros.

Cuando se selecciona la opción "save", aparece la caja de diálogo que se muestra en la figura b.11. Esta ventana se usa para salvar la imagen actual. Permite salvar una imagen en cualquier formato sin importar que sea distinto al original de la imagen (cambio de formato). Para cambiar el formato de una imagen, basta con abrir el archivo de dicha imagen con el formato correspondiente, y salvarla indicando el nuevo formato.

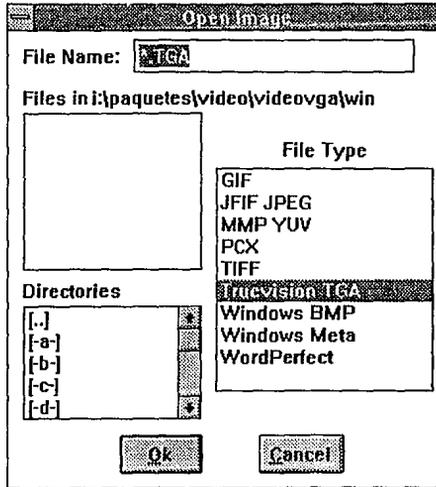


Figura b.10 caja de diálogo de la opción "open"

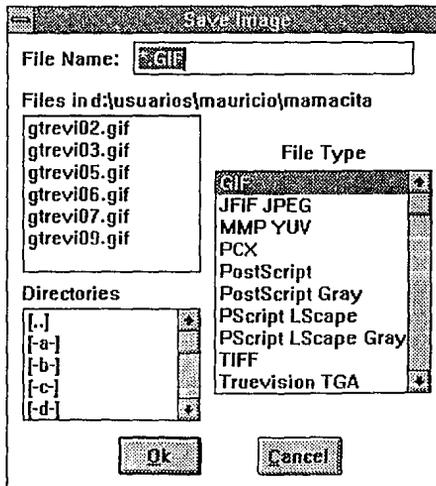


Figura b.11 Caja de diálogo del comando "save" de ShowMe

Para imprimir la imagen que está en la ventana de ShowMe, se selecciona el comando "print", al hacer esto aparece la caja de diálogo que se muestra en la figura b.12.

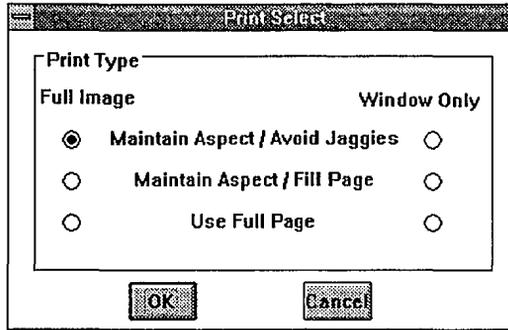


Figura b.12 Caja de diálogo del comando "print", ShowMe

El comando "print" ofrece varias opciones para impresión. Las dos principales son "Full Image" y "Windows Only". La opción "Full Image" indica que se imprimirá la imagen completa, sin importar qué porcentaje de la misma este siendo desplegada en la ventana de ShowMe. La opción "Window Only" imprimirá sólo la parte de la imagen que en ese momento sea visible en la ventana de ShowMe.

ANIMACIÓN

De todas las cosas que las computadoras pueden hacer, las animaciones son una de las más impresionantes. En el mundo de las PC's existen varios programas para hacer animaciones. Los más populares son: Animator Pro y AutoDesk 3-D Studio.

Autodesk 3-D Studio

3-D Studio es un programa diseñado para hacer modelados y animación tridimensional que permite crear imágenes de gran realismo. Las tres funciones básicas que realiza son: construcción de objetos, luces y cámaras; la creación de materiales para aplicarlas a los objetos y la animación en el espacio de la escena de los componentes anteriores.

3-D Studio está dividido en cinco módulos: "3D Editor", "2D Shaper", "3D Loftter", "Materials Editor" y "Keyframer". Los tres primeros, trabajan conjuntamente en la creación y edición de objetos bidimensionales (2D Shaper y 3D Loftter) o tridimensionales (3D Loftter y 3D Editor) y reciben el nombre de *modeladores*. La función de los otros dos es crear y modificar materiales que pueden ser aplicados a los objetos (Materials Editor), y a producir la animación de los objetos, luces y cámaras que se hayan creado (Keyframer).

3D Editor es el módulo principal en cuanto a la creación de los elementos que integran una escena tridimensional se refiere. En este pueden crearse objetos con apariencia de tres dimensiones constituidos por estructuras geométricas elementales; o modificar la forma o material de objetos creados en este o en otro módulo. Asimismo, permite añadir cámaras, luces y distintos efectos en la atmósfera para al final hacer el *render* (proceso mediante el cuál el programa aplica a los objetos los materiales especificados, los efectos de iluminación y color en la escena) generando una imagen estática.

Con el 2D Shaper se crean formas bidimensionales que pueden ser empleadas en cualquiera de los otros módulos. Una forma creada en el 2D Shaper puede ser importada por el 3D Editor y agregada a una escena como un objeto más.

El 3D Lofter se utiliza para crear objetos tridimensionales complejos. Permite mover una figura, importada del 2D Shaper, de acuerdo a una trayectoria en coordenadas X, Y, Z generando así un objeto tridimensional. Los objetos creados en este módulo se incorporan automáticamente a la escena del 3D Editor.

En el módulo Keyframer se puede animar cualquier elemento de la escena construida en el 3D Editor, pudiendo además añadir nuevas luces y/o cámaras a la misma. El Keyframer produce una animación creando los cuadros intermedios entre las composiciones inicial y final que presenta una escena. Este módulo puede importar una forma plana del 2D Shaper, o una trayectoria 2D o 3D del 3D Lofter para utilizarla como trayectoria de movimiento de un objeto, cámara o luz. Este módulo también puede realizar el *render* de la animación para generar un número determinado de imágenes (cuadros) realistas fijas que son reproducidas en sucesión continua para dar el efecto de animación.

En el módulo Materials Editor se pueden crear materiales que se utilizan para definir las características de la superficie de los objetos. Se puede crear cualquier tipo de material variando su color, transparencia, brillo, textura, relieve, reflexión y ciertos efectos especiales.

Los módulos 3D Lofter, 3D Editor, 2D Shaper y Keyframer tienen una interfaz de usuario similar, mientras que la del Materials Editor es única.

3-D Studio requiere el siguiente hardware para trabajar:

- Computadora IBM PC o compatible con microprocesador 80386 (y coprocesador matemático), 80486 o superior.
- Cuando menos 4 Mb de RAM.
- Unidad de disco flexible de alta densidad.
- Mouse.
- Monitor VGA.
- Cuando menos 20 Mb de espacio libre en disco duro para trabajar.

Como se puede ver, estos requisitos son muy parecidos a los que exige multimedia (descontando el hardware adicional para audio y vídeo).

Aún cuando 3-D Studio es un programa que corre sobre MS-DOS, las animaciones creadas en él pueden ser integradas fácilmente a las aplicaciones multimedia en el ambiente Windows.

3-D Studio es un excelente ejemplo de un programa de animación y es una herramienta indispensable para quien desarrolla aplicaciones multimedia en la plataforma IBM PC y compatibles.

Imagen Fija

Existe una gran variedad de programas para digitalización y edición de imágenes. Los programas de digitalización se obtienen al adquirir un scanner. Estos programas permiten digitalizar cualquier imagen (fotografía, dibujo, texto, etc.) haciendo uso del scanner.

Del mismo modo que los programas de digitalización, los programas de edición pueden adquirirse junto con un scanner, o bien como software independiente. Por ejemplo, uno de los programas que componen Corel Draw! versión 3.0 es el corelpnt.exe (Corel Photopaint). La ventana principal de este programa se muestra en la figura b.13.

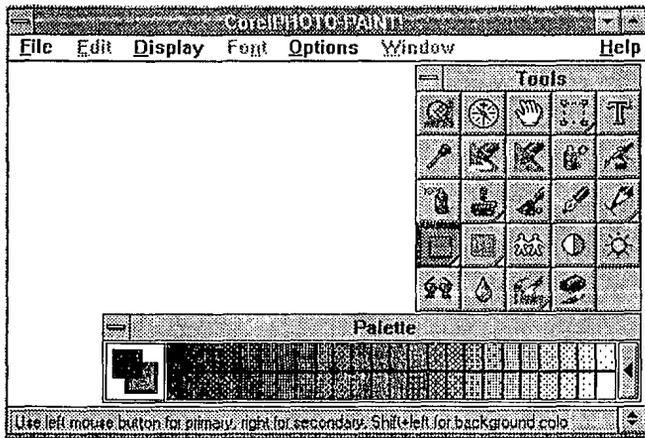


Figura b.13 Ventana principal de Corel Photopaint

Corel Photo Paint es un programa que permite editar imágenes digitalizadas o gráficas generadas con algún programa de dibujo almacenadas en varios formatos como BMP, GIF, TIFF y PCX entre otros.

La caja de herramientas permite, entre otras cosas, cortar partes de la imagen, modificar el brillo y/o contraste, e incluso cambiar el color o el tamaño de la imagen sin deteriorar la calidad de la misma. Este programa también permite cambiar el formato de un archivo al momento de salvarlo.

Otro ejemplo de programas de edición de imágenes fijas es el Paint Shop Pro. La ventana de este programa se muestra en la figura b.14.

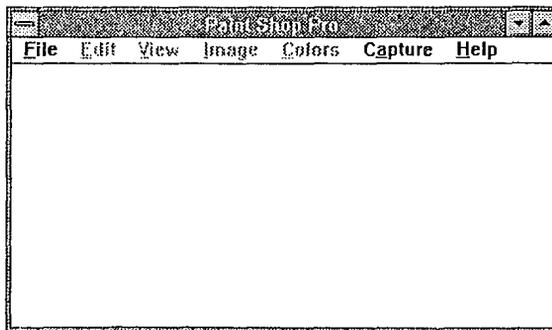


Figura b.14 Ventana del Paint Shop Pro

La característica más importante de este programa es que permite, desde el menú "capture", capturar la pantalla completa o un área de esta dentro del ambiente Windows, y salvarla

como imagen permitiendo elegir entre una gran cantidad de formatos como se muestra en la figura b.15.

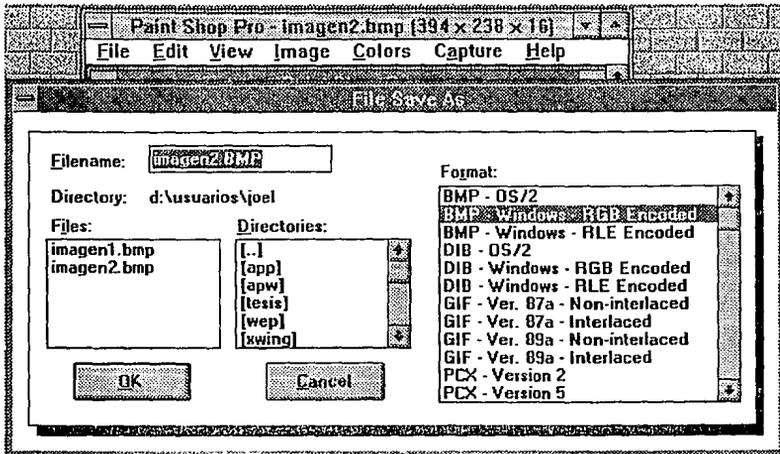


Figura b.15 Caja de diálogo del comando "save" de Paint Shop Pro

Todas las figuras presentadas en este trabajo fueron capturadas y salvadas como archivos BMP para insertarlas dentro de un documento de Word para Windows versión 2.0 utilizando Paint Shop Pro.

Paint Shop Pro no es una herramienta de edición tan poderosa como el Corel Photo Paint: pero es extremadamente útil cuando se desea, como en el caso de este trabajo, capturar ventanas de Windows para insertarlas en documentos o en aplicaciones.

Utilizando Paint Shop Pro es muy fácil capturar imágenes, que en ese momento se muestren en ventanas de otros programas, para cambiar el formato en el que están salvadas en caso de que el software de edición original no permita convertir al formato deseado.

Otro caso en el que este programa es muy útil es cuando se desea capturar un icono, logotipo u otra imagen cualquiera que no se tiene guardada en un archivo. Por ejemplo, las gráficas generadas en Authorware Professional (ver apéndice C), no son salvadas como archivos independientes sino dentro del archivo de la aplicación que se está desarrollando. Esto significa que un programa de edición como Corel Photo Paint no es capaz de editar las gráficas generadas en Authorware y tampoco es posible insertar estas gráficas en un documento de Word. Con Paint Shop Pro, basta con abrir desde Authorware la aplicación y hacer que ésta despliegue la imagen deseada, acto seguido se captura la imagen y se salva como archivo en el formato que se desee. Después de esto, la imagen es accesible a cualquier otro programa.

La imagen mostrada en la figura b.16 es una gráfica generada en Authorware, capturada y convertida como archivo independiente en Paint Shop, y finalmente, insertada en este documento de Word.

El programa Paint Brush de Windows ofrece una forma alternativa de realizar esta tarea. Para capturar una pantalla de Windows con Paint Brush, primero se debe ejecutar este programa, después cambiar de tarea hasta obtener la pantalla que se desea capturar, una vez en ella, se presiona la tecla PrtScr (Print Screen). Después de esto se regresa al programa Paint Brush y dentro de este se elige la opción "paste" (pegar) del menú "edit". Al hacer esto, aparecerá en la ventana del Paint Brush la pantalla capturada que puede ser salvada como archivo.

Además de las imágenes digitalizadas, existe otro tipo de imágenes fijas generadas dentro de la computadora. Este tipo de imágenes son las gráficas. Existe una gran diversidad de software para generar dibujos y gráficas por computadora. Dentro del ambiente Windows, estos van desde el Paint Brush que es un accesorio del propio Windows, hasta programas muy sofisticados de diseño gráfico como Corel Draw.

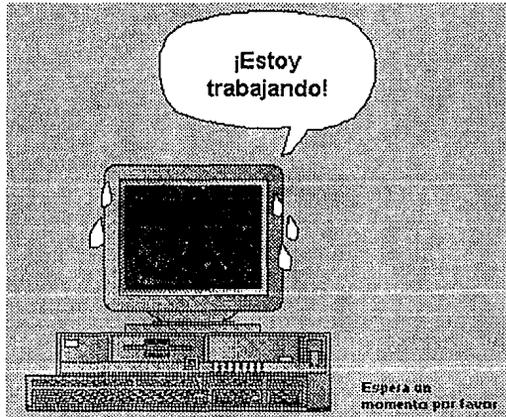


Figura b.16 Imagen generada en Authorware y capturada a un archivo BMP utilizando Paint Shop Pro

Windows provee un forma de hacer algo similar a lo que hace Paint Shop Pro a través del Paint Brush.

Texto

Una de las aplicaciones más populares de la computadora ha sido, desde siempre, el procesamiento de texto. Gracias a esto, existe una gran cantidad de programas orientados a dicha tarea. Los dos programas de procesamiento de texto más populares para PC's actualmente son Word para Windows y Word Perfect.

En el campo de multimedia, algunos sistemas de autoraje ofrecen herramientas para incluir texto en las aplicaciones sin tener que hacer uso de un procesador externo. Tal es el caso de Authorware Professional que brinda las herramientas suficientes (todos los tipos de letra disponibles en Windows, negritas, itálicas, subíndice, superíndice entre otras) para generar textos de buena calidad directamente en el ambiente de desarrollo de la aplicación.

C

AUTHORWARE
PROFESSIONAL

Apéndice C. Authorware Professional.

Authorware Professional tiene sus orígenes a finales de la década de los 70's y principios de los 80's como resultado de las investigaciones realizadas por el Dr. Michael Allen, quien en ese momento era el director del equipo de trabajo del proyecto PLATO de la compañía Control Data Corporation. En la búsqueda de la siguiente generación de lenguajes y sistemas interactivos, el Dr. Allen invirtió más de 2 millones de dólares tratando de contestar la pregunta: "¿Cómo hace su trabajo la gente creativa?", para esto se realizaron entrevistas a personas dedicadas a muy diversas actividades incluyendo arquitectos, artistas, fotógrafos, instructores, coreógrafos, escritores y diseñadores. Un tema común emergió: el trabajo creativo se realiza a través de series de aproximaciones sucesivas. El artista experimenta con muchas aproximaciones para lograr un trabajo, y hay muchas sorpresas y revisiones a lo largo del camino. Rara vez, el primer diseño es el final en un proyecto.

Como resultado de estas investigaciones, Allen se fijó la meta de crear un producto basado en PC que permitiera a los no expertos en cuestiones técnicas y a los educadores desarrollar aplicaciones interactivas basadas en computadora.

Allen formó la compañía Authorware Inc. y Authorware fue lanzado en mayo de 1987. Su primer producto para la plataforma Macintosh fue entregado en junio de 1989 y su primer producto para Windows fue lanzado en octubre de 1991. En marzo de 1992, Authorware Inc. se fusionó con MacroMind Paracomp para formar la compañía Macromedia -el líder en desarrollo de herramientas multimedia de autoraje para computadoras personales. Authorware Professional se ha convertido en el software líder para el desarrollo de aplicaciones educativas interactivas y sus principales clientes incluyen grandes corporaciones, instituciones educativas, desarrolladores independientes y publicistas en todo el mundo.

¿Qué es Authorware Professional?

Authorware Professional es una herramienta de programación diseñada específicamente para autoraje de aplicaciones educativas multimedia. La interfaz orientada a objetos brinda a los no programadores el poder de crear y mantener aplicaciones en las plataformas Windows y Macintosh. La tecnología de Authorware Professional está basada en seis principios clave:

- **OBJECT AUTHORING** (autoraje orientado a objetos). Las aplicaciones en Authorware Professional se diseñan, en un ambiente gráfico, como si fueran diagramas de flujo de *objetos* representados por *iconos* que pueden contener datos e instrucciones que actúan sobre los datos. El uso de iconos en vez de código escrito facilita enormemente el aprendizaje de Authorware, así como el mantenimiento de las aplicaciones, lo que incrementa la productividad. Authorware Professional ofrece 11 iconos con los que es posible desarrollar aplicaciones multimedia muy flexibles. Las funciones básicas de cada uno de los once iconos pueden ser comprendidas casi de inmediato. Los once iconos pueden ser combinados prácticamente en un número infinito de formas. Authorware está diseñado para permitir rápidos y muy radicales cambios a las aplicaciones.
- **MULTIPLATAFORMA**. Existen versiones de Authorware Professional para Macintosh y para Windows. El ambiente de autoraje, los menús y las herramientas de Authorware Professional para Macintosh y de Authorware Professional para Windows son casi idénticos. Los archivos creados en la plataforma Macintosh pueden ser abiertos y editados en la plataforma Windows. Toda la lógica y el contenido, incluyendo gráficas, animaciones, sonidos y variables son convertidos. Por lo tanto, un autor puede diseñar sus aplicaciones en una Macintosh y entregar programas ejecutables para Windows.
- **DISEÑO PARA APLICACIONES EDUCATIVAS**. Authorware Professional fue diseñado específicamente para los requerimientos de la educación interactiva. Las aplicaciones para educación interactiva requieren de un grado substancial de interactividad que fácilmente capture, pruebe y analice los datos introducidos por el usuario. La gran cantidad de funciones y variables integradas de Authorware Professional provee la base para recopilar, almacenar y

analizar datos, y sus variables integradas administradas por la computadora ayudan a medir el avance de los usuarios de las aplicaciones.

- **MULTIMEDIA.** Authorware Professional integra texto, gráficos, animaciones, sonido y video en aplicaciones interactivas multimedia. Authorware Professional es capaz de importar los formatos estándar de la industria (en imágenes, animaciones, video y audio) a sus diversos iconos, donde pueden ser secuenciados, combinados y editados en el contexto de la aplicación. La información puede ser almacenada externamente en librerías "Media Manager" (librerías de Authorware) o internamente en el archivo de la aplicación. Authorware Professional también brinda herramientas para poner fácilmente objetos en movimiento.
- **VIDEO DIGITAL.** Authorware Professional puede agregar el realismo del video digital a las aplicaciones multimedia. Usando el icono *Movie* (icono de video) se puede agregar fácilmente video de QuickTime para Windows, Video para Windows o archivos DVI a las aplicaciones. Una vez que el archivo de video digital ha sido llamado (haciendo uso del icono *Movie*) Authorware Professional puede controlar el punto (cuadro) de inicio y el punto final del video, así como el número de cuadros por segundo al momento de reproducir el video.
- **ARQUITECTURA EXTENSIBLE.** El poder de Authorware Professional no se limita a sus once iconos de diseño. Los autores pueden extender las capacidades de Authorware Professional creando variables de usuario para capturar y pasar datos críticos y desarrollando Librerías de Ligas Dinámicas (DLL en inglés) para realizar tareas específicas tales como ligar bases de datos externas a su aplicación.

Authorware Professional es un herramienta excelente para el desarrollo de aplicaciones educativas que contengan un alto grado de interactividad, animaciones y sonido. Su diseño permite a las aplicaciones evaluar las entradas del usuario, seguir cursos de acción alternativos basados en las elecciones del usuario y almacenar datos en archivos para su uso posterior. Esto es de gran utilidad en una amplia variedad de aplicaciones educativas en las que se puede usar realimentación individualizada basada en las elecciones hechas durante las interacciones. Algunas aplicaciones desarrolladas con Authorware Professional incluyen:

- *American Airlines Security Training.* Una compleja aplicación que hace uso de video analógico para demostrar situaciones de la vida real encontradas por el cuerpo de seguridad de American Airlines. En cada sección se presenta una simulación, y se aplica una prueba a los estudiantes al final de la misma.
- *McDonald's Point of Sale Simulator.* Es una aplicación que simula las cajas registradoras especiales que se usan en los restaurantes MacDonal'd's en todo el mundo. Esta aplicación se usa para entrenar a los empleados de la compañía en el uso de las registradoras.
- *Northern Telecom SkillPath.* Es una aplicación que se usa internamente en Northern Telecom para orientar a sus empleados acerca de las políticas de la compañía.
- *3M Data Storage Disk.* Es un CD que presenta a los clientes de 3M la historia de la compañía y los principios básicos de la tecnología de almacenamiento óptico.
- *The Greenhouse Effect.* Una aplicación educativa que enseña a sus usuarios acerca de las causas y consecuencias del efecto de invernadero en la atmósfera terrestre.
- *University of Michigan's Atlas Plus.* Una aplicación multimedia de anatomía y biología celular desarrollada para ser usada en la Universidad de Michigan.
- *Colorado State University's Introduction to Biology.* Un extenso conjunto de experimentos interactivos para los cursos introductorios de biología.
- *University of Alberta's Math CD.* Una aplicación educativa sobre matemáticas a nivel primaria basada en CD-ROM. Estudios formales realizados por el gobierno de Canadá han demostrado que los alumnos que estudiaron con esta aplicación promediaron 15% más alto en sus evaluaciones.

Authorware Professional está diseñado específicamente para desarrollar aplicaciones educativas interactivas multimedia. La interactividad es la pieza central de Authorware Professional. Los autores pueden crear, sin tener que escribir código de programación, diversos tipos de aplicaciones educativas tomando ventaja de los diez tipos de respuestas a las

interacciones que ofrece Authorware tales como menús pull-down, áreas de toque, botones, respuestas tipo texto y movimiento de objetos.

El Proceso de Autoraje con Authorware Professional.

Una aplicación educativa bien desarrollada requiere una planeación crítica antes de su realización. La clave de toda aplicación educativa es comunicar la información al estudiante, midiendo su éxito con el nivel de comprensión y retención logrado por el estudiante.

Hay tres etapas esenciales a través de las cuales un autor progresa cuando está diseñando y desarrollando una aplicación para educación interactiva: Diseño, Contenido y Distribución.

Diseño.

En esta fase, el autor diseña el mapa lógico de la aplicación, que generalmente es independiente del contenido. Los elementos clave para el diseño del flujo de la aplicación son: construir la navegación, construir las interacciones finales para el usuario, e implantar los sistemas de medición de desempeño y los mecanismos de realimentación.

Cuando está creando una aplicación, el autor debe diseñar la ruta por la que el estudiante navegará a través de la información. Las aplicaciones pueden soportar varias metáforas a través de las cuales ocurre la navegación. Por ejemplo, algunas aplicaciones se apoyan ampliamente en el uso de menús y selección de metáforas donde el estudiante navega a través de la información simplemente eligiendo temas del menú. Otras aplicaciones son más efectivas haciendo uso de la metáfora de "cambio de página" desplegando la información secuencialmente como en un libro o periódico. El autor puede experimentar con varios tipos de técnicas de navegación hasta encontrar la más conveniente para su aplicación.

La interacción con el usuario es la base de las aplicaciones educativas. Una aplicación bien diseñada ofrecerá una interactividad lo suficientemente potente como para permitir al estudiante manipular la información a su antojo. El autor debe usar varios tipos de interacción, desde respuestas tecladas (entrada tipo texto) o de selección múltiple hasta mover objetos para armar un rompecabezas.

Conforme un estudiante trabaja con la aplicación es importante evaluar su desempeño. Cuando está diseñando la aplicación, el autor también debe diseñar las interacciones a través de las cuales el estudiante absorberá la información así como los medios de realimentación. Las aplicaciones educativas son únicas en el sentido de que permiten variaciones en la velocidad con que un estudiante aprende. Es necesario incorporar pruebas que provean la información necesaria para evaluar la comprensión del estudiante.

Con esta macro-visión de la aplicación completa, el autor puede agrupar, agregar, borrar y mover secciones enteras sin pensar en el contenido asociado con la lógica.

Contenido

Una vez que la lógica de flujo de la aplicación ha sido ensamblado, el autor integrará el contenido a la lógica. Esta fase presenta un nuevo enfoque de la aplicación: en vez de una ruta conceptual, la información es claramente demostrada a través de texto, gráficas, sonidos, animaciones y video. En esta etapa el proceso de autoraje se vuelve un proceso repetitivo de colocación de contenido dentro de la aplicación y reestructuración de la lógica de navegación.

La administración del contenido de la aplicación es un componente muy importante del proceso de autoraje. El contenido es quizás el elemento más costoso que el autor desarrolla en el proceso de crear una aplicación. Crear ilustraciones, efectos de sonido, música y voz, adquirir y editar video, escribir texto, y crear animaciones consumen, por lo general, mucho más tiempo que construir la lógica de navegación. Por lo tanto el autor necesita herramientas que le permitan almacenar, tener acceso y hacer uso de los medios cuantas veces sea necesario. La administración de los medios hace el contenido más fácilmente accesible al autor, reusable para varias aplicaciones y de fácil mantenimiento.

Como resultado, el autor encontrará que el flujo de muchas interacciones es similar aún cuando las aplicaciones en las que se usan sean diferentes. La capacidad de poder utilizar estas

piezas de lógica, o "modelos", en varias aplicaciones incrementa la productividad. Con herramientas que administren el contenido y la lógica como unidades independientes, el autor puede construir librerías de elementos reutilizables incrementando la eficiencia del proceso de autoraje.

Distribución

El autor determinará el medio en el que la aplicación será distribuida. Algunos de los factores determinantes en la elección del medio son: el tamaño de la aplicación final, el tipo o modelo de computadora y periféricos requeridos, el tipo de usuarios de la aplicación y la frecuencia con la cual el material debe ser actualizado.

El Ambiente de Authorware Professional

En Authorware Professional las aplicaciones se diseñan como diagramas de flujo de objetos representados por iconos que pueden contener datos e instrucciones. Authorware está diseñado para permitir a los autores la creación de prototipos rápidos de sus aplicaciones, hacer cambios en el flujo y ver inmediatamente esos cambios reflejados en la aplicación.

Authorware Professional usa una metáfora de una línea de flujo para crear estructuras lógicas a partir de los once iconos de diseño. Para crear una aplicación, el autor selecciona iconos de la paleta que se muestra en la figura C.1 y los arrastra hacia la línea de flujo. Authorware permite a sus usuarios integrar interacciones completas a un nivel lógico visual y después integrar la información del sistema en pasos siguientes.

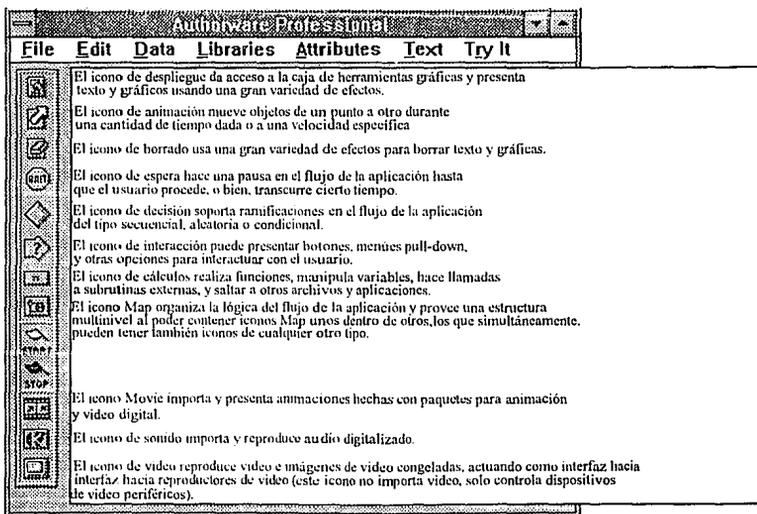


Figura C 1. Paleta de iconos de Authorware Professional

En cualquier momento, el autor puede ejecutar la aplicación para ver lo que los usuarios finales verán. Si se encuentra un icono vacío, tal como un icono de despliegue o de audio, el programa se detendrá y saltará a las cajas de dialogo apropiadas para que el autor integre datos a ese icono.

Conforme los iconos se acumulan en la pantalla el autor puede desear agruparlos. El icono Map lo hace posible. El único propósito del icono Map es contener otros iconos como se ve en la figura C.2.

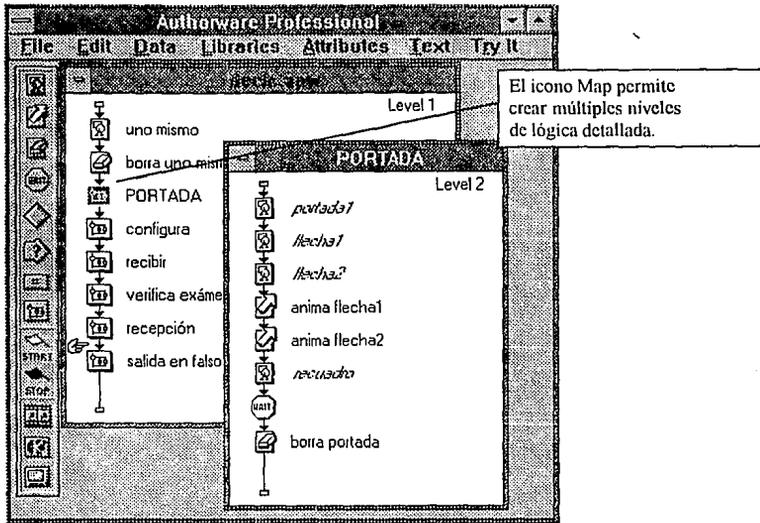


Figura C.2. Uso del icono Map

El uso de iconos Map permite al autor mantener la lógica a un nivel muy alto de abstracción. Un programa tan grande como 20 Mb puede aparecer en el nivel 1 tan comprimido como doce o menos iconos. Muchos de estos iconos serán iconos Map. Abriendo estos iconos, nivel tras nivel, se va descubriendo la estructura lógica en detalle.

El icono de interacción. Interactividad con los usuarios finales.

Authorware Professional brinda una variedad de opciones para lograr interactividad con los usuarios finales. La ramificación del flujo como resultado de la interacción del usuario se representa en el mapa visual del programa (figura C.3), haciendo más fácil para el autor conceptualizar el diseño de las interacciones en los niveles lógico y de presentación simultáneamente.

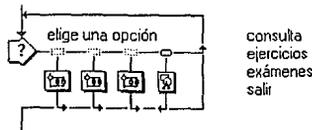


Figura C.3. Icono de Interacción

El icono de interacción es, verdaderamente, el corazón de Authorware Profesional. Este icono presenta un despliegue, como un menú de elecciones, con interacciones relacionadas. Los diez tipos de interacción que soporta son:

- *Pushbutton (botones)*. Genera un botón, al estilo Windows, con apariencia 3-D, que provoca una ramificación del flujo de la aplicación al ser presionado.
- *Click/Touch (áreas de toque)*. Permite al autor designar un área de la pantalla que dispare una ramificación de la aplicación si el botón del mouse es accionado dentro de ella.
- *Clickable object (objeto marcado)*. Permite al autor designar un objeto desplegado en pantalla que dispare una ramificación de la aplicación si el botón del mouse es accionado sobre él.
- *Moveable Object (objeto movable)*. Relaciona un objeto desplegado en pantalla con una posición específica. Si el objeto es llevado por el usuario hasta dicha posición, se dispara una ramificación.
- *Menús Pull-down*. Permiten al autor generar, fácilmente, menús pull-down al estilo de Windows.
- *Condicional*. Prueba una condición verdadero/falso y provoca una ramificación de acuerdo al resultado obtenido.
- *Respuesta tipo texto*. Revisa el texto introducido por el usuario y provoca una ramificación si el texto introducido corresponde al texto esperado.
- *Tecla presionada*. Provoca una ramificación si el usuario presiona una tecla específica.
- *Límite de intentos*. Ramifica a la ruta relacionada si el número de intentos marcado es excedido por el usuario.
- *Límite de tiempo*. Ramifica después de que el tiempo límite a transcurrido.

Los tipos de respuesta *pushbutton*, *áreas de toque*, *objetos movibles* y *menús pull-down* pueden ser, opcionalmente, configurados como "perpetuos". Esto les da la capacidad de permanecer siempre activos y listos para actuar en respuesta al usuario, aún cuando el flujo del programa esté ejecutando otra parte de la lógica.

Una vez que el usuario elige una respuesta ocurre la ramificación en el flujo de la aplicación. Una ramificación puede ser tan simple como sólo desplegar un letrero o bien, llevar al usuario uno o más niveles dentro de la lógica del programa. Las interacciones frecuentemente se anidan en estructuras de muchos niveles de profundidad. Una vez que el flujo regresa de la lógica correspondiente a la respuesta seleccionada, puede volver a la interacción original (que puede ser un menú principal), continuar buscando otras respuestas que correspondan a la seleccionada, evaluando de izquierda a derecha o salir de la interacción.

Authorware Profesional también permite clasificar las respuestas como correctas e incorrectas lo cuál es muy útil en el desarrollo de aplicaciones orientadas a la educación donde es necesario medir el desempeño del estudiante.

El icono de decisión

Mientras que el icono de interacción controla, basado en la interacción con el usuario, el flujo de la aplicación; los iconos de decisión, basados en la lógica del programa, controlan el flujo del mismo. El autor tiene varias opciones:

- Presentación secuencial de los iconos conectados al icono de decisión
- Selección aleatoria de iconos
- Selección de una ruta basada en el valor de una variable

Los usos comunes del icono de decisión incluyen ciclos repetitivos (repeat-until) y lógica if-then (ruta controlada por el valor de una variable); aunque no son los únicos posibles.

El icono de espera

El icono de espera brinda un conjunto básico de opciones para hacer pausas en el flujo del programa. Cuando la lógica de la aplicación encuentra un icono de espera, se detiene hasta que:

- El usuario presiona una tecla y/o el botón del mouse (con la presentación opcional de un botón en pantalla).
- Se excede un límite de tiempo prefijado (con un indicador de tiempo presente en pantalla opcional).

Variables de usuario y del sistema

El autor puede definir un número ilimitado de variables de usuario para usarlas dentro de la lógica de su aplicación. Authorware Professional tiene más de 200 variables de sistema predefinidas para ser usadas en cualquier aplicación y son automáticamente actualizadas cada vez que la aplicación se ejecuta. Por ejemplo:

- La variable de sistema **FullTime** contiene la hora real del sistema.
- La variable de sistema **EntryText** contiene la última cadena de texto introducida por el usuario como respuesta a una interacción tipo texto.
- La variable de sistema **Dragging** contiene TRUE (verdadero) si un objeto ha sido arrastrado por el usuario.
- La variable de sistema **Movable** contiene TRUE (verdadero) si el autor definió un objeto como movable.

Cualquier variable, sin importar si es predefinida por el sistema o definida por el autor, puede ser desplegada en pantalla al momento de ejecutar la aplicación y agregada libremente a cualquier cadena de texto. Esto significa que el texto cambia dinámicamente conforme cambia el valor de la variable que está siendo desplegado en pantalla.

El autor puede manipular cualquier variable, de usuario o de sistema, por medio del icono de cálculo. El icono de cálculo también se utiliza para hacer llamadas a las funciones predefinidas de Authorware.

Además de las variables de sistema, Authorware Professional tiene una gran cantidad de funciones predefinidas. Estas funciones están clasificadas en varias categorías:

- Categoría **Character**. Las funciones dentro de esta categoría brindan al autor la capacidad de manipular caracteres y cadenas de caracteres. Entre las funciones de esta categoría se encuentran: concatenación de cadenas, conversión a mayúsculas o a minúsculas de una cadena, cuenta de caracteres en una cadena, obtener sub-cadena de una cadena, entre otras.
- Categoría **File**: Las funciones de esta categoría se usan para manipular archivos externos tipo ASCII. Las funciones más usadas de esta categoría son: crear un directorio, crear un archivo y escribir el contenido de una variable en él, agregar el contenido de una variable a un archivo, leer un archivo de texto (extensión .txt) asignando su contenido a una variable, borrar un archivo, cambiar el nombre a un archivo.
- Categoría **General**. En esta categoría se encuentran funciones como: asignación de valores a variables (:=), beep (campana), IF, inicializar variables, salir, y otras.
- Categoría **Graphics**. En esta categoría se encuentran las funciones que permiten al autor crear cajas, círculos y líneas; estas funciones también son accesibles por medio de la caja de herramientas que aparece al abrir un icono de despliegue.
- Categoría **Jump**. En esta categoría se encuentran funciones que permiten ejecutar cualquier otro programa para windows desde la aplicación, como una base de datos u hoja electrónica. La función más usada, de esta categoría es: `JumpFileReturn()`, esta función permite ejecutar cualquier programa para windows, al cerrarlo, automáticamente regresa a la aplicación.
- Categoría **Math**. En esta categoría se encuentran las funciones matemáticas tales como suma, resta, multiplicación, división, trigonométricas, logarítmicas, aleatorias y raíz cuadrada.
- Categoría **Time**. En esta categoría se encuentran funciones útiles para manipular fechas.

- Categoría **Video**. Las funciones de esta categoría se usan para controlar la reproducción de video en una aplicación (video digital), así como para controlar dispositivos externos de reproducción de video analógico (laser disc) el video analógico se presenta también en el monitor de la computadora.

Las Librerías de Ligas Dinámicas (DLL's) de Windows son un medio para extender el ambiente de Authorware al proveer ligas a funciones externas. Authorware puede llamar DLL's desde el icono de cálculo. Para hacer esto, el autor debe cargar primero el DLL. El DLL es entonces referenciado y sus funciones se hacen disponibles si es encontrado en la ruta de búsqueda. Authorware Professional soporta una extensión transparente para uso de DLL's llamada UCD (User Code).

Authorware Professional provee al autor las herramientas necesarias para crear polígonos, líneas y flechas, elipses y círculos, y otros objetos. La caja de herramientas gráficas de Authorware Professional se muestra en la figura C.4.



Figura C.4. Caja de herramientas gráficas de Authorware Professional

Authorware Professional puede importar fácilmente gráficas en formatos BMP, PCX, DIB, PICT y Paint de Macintosh, TIFF y Windows metafile. Los autores pueden usar sus programas de dibujo y diseño gráfico favoritos, tales como Corel Draw o Publisher's Paintbrush, para crear gráficos sofisticados y después importarlos a su aplicación multimedia de Authorware.

El manejo de video digital está integrado al nivel de un icono en Authorware Professional ver. 2.0. Para hacer uso de video digital en una aplicación basta con colocar un icono Movie en la línea de flujo. El icono Movie soporta archivos de video digital QuickTime para Windows o DVI. EL autor puede controlar los cuadros de inicio y de final así como el número de cuadros por segundo. La integración de video digital a nivel de icono permite que los autores integren fácilmente video a sus aplicaciones.

Integrar video analógico a una aplicación es simple con Authorware Professional. Para integrar video analógico a una aplicación, el autor necesita definir: el dispositivo de video usado (un reproductor de laser disc por ejemplo), el rango de cuadros a reproducir y la interfaz con el dispositivo. Una vez que se han seleccionado los controladores correctos, el autor necesita definir los cuadros que serán desplegados.

El control de cuadros se maneja por medio del icono de video que permite al autor manejar las secuencias de video. En la figura C.5 se muestra la caja de diálogos que permite controlar el video analógico.

Las opciones incluyen selección del canal de audio, velocidad, etc. Se tiene también un control opcional que se presenta en pantalla para permitir al usuario final revisar la secuencia.

Agregar audio, ya sea como voz, música o efectos de sonido grabados, dentro de una aplicación en Authorware brinda otro medio de comunicación con el usuario. Las opciones mostradas en la caja de dialogo del icono de audio permiten al autor especificar si el audio será reproducido en forma concurrente o no con otros eventos, y si se debe repetir un número determinado de veces. Authorware Professional soporta directamente archivos de audio con formato WAV y PCM. Los formatos Midi y audio CD son soportados vía las Extensiones Multimedia Microsoft para Windows.

Authorware Professional soporta animaciones basadas en rutas en vez de animaciones basadas en script o en coordenadas. El icono de animación puede mover uno o más objetos desplegados de acuerdo a los parámetros establecidos por el autor. Los objetos pueden ser movidos de un punto a otro, en una ruta, o dentro de una región X/Y. Más aún, la ruta de la animación puede ser escalada y ligada a los valores de variables. En la figura C.6 se muestra la caja de dialogo de tipos de animación.

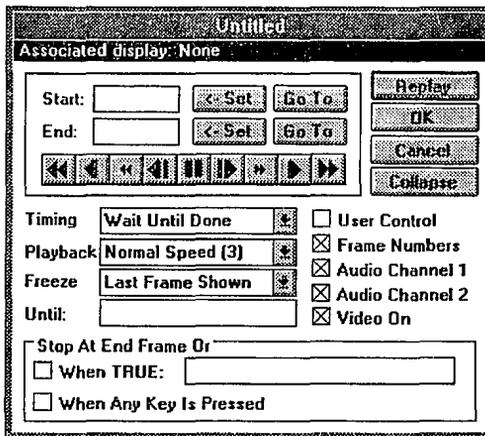


Figura C.5. control de video analógico. Caja de diálogo del icono de Video Analógico.

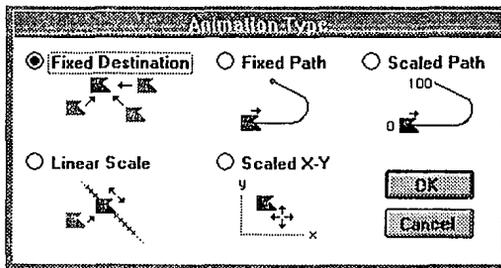


Figura C.6. Caja de diálogo de tipo de animación

Hay cinco tipos básicos de animación:

- **Fixed Destination.** Mueve un objeto hacia el punto especificado por el autor.
- **Fixed Path.** Mueve un objeto a lo largo de una ruta predefinida.
- **Scaled Path.** Es igual que fixed path, pero escala los puntos de la ruta a rangos numéricos lo que permite el control vía valores de una variable.
- **Linear Scale.** Mueve un objeto de cualquier punto de la pantalla a un punto sobre la línea.
- **Scaled X/Y.** Mueve un objeto a un punto ajustando su posición con una rejilla predefinida.

Una vez que se ha seleccionado el objeto a mover, este puede ser movido especificando el tiempo o la velocidad. Si es movido con base en el tiempo, la animación se realiza en el tiempo predeterminado. Si es movido con base en velocidad, el objeto recorre la ruta en un número específico de segundos por pulgada.

Authorware Professional incluye cuatro variables del sistema que permiten crear interacciones tipo hipertexto.

Authorware Professional puede escribir datos tipo texto en archivos externos tipo ASCII. Puede leer archivos de datos ASCII de otras aplicaciones y guardarlos en variables. Se pueden crear y borrar archivos y directorios desde una aplicación.

Authorware Professional fue expresamente diseñado para facilitar el mantenimiento de las aplicaciones. La representación de la lógica de un programa por medio de iconos hace posible que un autor inexperto comprenda rápidamente el diseño de una aplicación. Secciones enteras de la lógica pueden ser movidas y o insertadas sin dañar la integridad de la aplicación.

En 1990 la versión 1.0 de Authorware Professional para Macintosh recibió el premio MacUser Eddy Award como mejor software para multimedia.

En 1992 La versión 1.0 de Authorware Professional para Windows fue reconocido como Editor's Choice por la revista PC Magazine.

Existe otra versión de Authorware llamada Authorware Star, esta es una versión más limitada del Authorware Professional.

D

MULTIMEDIA EN
EL AMBIENTE
WINDOWS

Apéndice D.

Multimedia en el ambiente Windows.

Al igual que los sistemas Macintosh, Windows trata a la tecnología de multimedia como parte integral de su ambiente.

Las computadoras Macintosh fueron diseñadas desde un principio como máquinas multimedia. Cuando se enciende cualquier modelo Macintosh, aún los modelos más antiguos, se escucha un sonido que indica que todo está bien con la computadora. Es la existencia de estos sonidos lo que hace la diferencia, las Macintosh tienen integrada, sin necesidad de tarjetas extra, la capacidad de producir sonido de calidad suficiente para multimedia (Su CPU es capaz de manipular sonidos digitalizados de 8 bits). En una PC la capacidad de producir sonido (ver capítulo 1) tiene que ser agregada por medio de una tarjeta de sonido. Esto hizo que MS-DOS y Windows fueran plataformas pobres para multimedia. Fue hasta el surgimiento de Windows 3.1 que se implantaron los primeros estándares de multimedia en PC.

Estándares de Windows

La mayoría de los programadores en MS-DOS escriben programas que le dicen directamente al hardware qué hacer. Esto era esencial en los días de las PC's XT debido a que las herramientas proporcionadas por las primeras versiones de DOS eran muy lentas para ser útiles. Escribir directamente al hardware siempre generaba programas más rápidos.

Windows intenta imponer algún orden en la comunicación de programas con el hardware haciendo uso de controladores (*drivers, los controladores son programas*) de dispositivos. En Windows, el hardware puede ser utilizado sólo por medio de estos controladores. Por ejemplo, existe un controlador que conecta a cualquier programa con el sistema de video. Si un programa quiere desplegar algo en la pantalla del monitor, debe decirle a Windows lo que desea, Windows pasa la información al controlador y el controlador indica al hardware el trabajo que debe realizar. Este mecanismo aísla al hardware de los programas que corren sobre él. Entre las ventajas que ofrece está la de reducir en gran medida la posibilidad de que un programa ocasione que se bloquee el sistema completo.

Desde el punto de vista de Windows, todos los controladores de un tipo dado deben parecer similares para que los programas puedan llamarlo de una forma estándar. Desde el punto de vista del hardware, los controladores pueden ser tan diferentes como sea necesario para que puedan hacer bien su trabajo.

El aislamiento del hardware que hace Windows es bueno desde el punto de vista de la tecnología de multimedia ya que hace más fácil trabajar con sonidos e imágenes. A pesar de que es más lento hacer las cosas de este modo, el poder de las computadoras actuales hace que esto no sea un problema muy serio.

En el ambiente DOS, se requiere de un gran esfuerzo para que un programa pueda controlar todos los dispositivos necesarios en multimedia. En el ambiente Windows, la normalización y la interfaz de controladores hace las tareas de programación multimedia más fáciles ya que, en teoría, un controlador para cierto dispositivo puede ser utilizado por cualquier programa para hacer uso del hardware.

La forma de trabajar de Windows con controladores posee una ventaja muy importante. Si un fabricante escribe un controlador de un nuevo dispositivo, todas las aplicaciones que corren sobre Windows pueden hacer uso de ese nuevo dispositivo. En DOS, el fabricante tiene que escribir un controlador para cada aplicación que desee soportar su producto.

Herramientas multimedia en Windows

Windows incluye varias herramientas para trabajar con multimedia las cuales se instalan automáticamente junto con él. La mayoría de éstas se encuentran en el grupo de accesorios y algunas otras en el Panel de Control. Los programas de Windows y elementos del panel de control relacionados con multimedia incluyen:

- Transmisor de Medios (programa)
- Grabador de Sonidos (programa)
- Empaquetador de Objetos (programa)
- Sonidos (panel de control)
- Controladores (panel de control)
- Mapeador MIDI (panel de control)

Las características de Windows 3.1 permiten a la PC trabajar multimedia de forma aceptable por primera vez. Ha habido algunos productos para DOS, pero las capacidades multimedia de éste no se comparan con las que ofrece Windows.

La última contribución de Windows a multimedia es el AVI. AVI es la respuesta de Microsoft al QuickTime de Macintosh.

Muchos programas de autoraje y herramientas de desarrollo permiten hacer llamadas a las funciones para multimedia de Windows. El conjunto de funciones que los programadores usan para escribir programas para Windows se conoce como API. A pesar de que existen cientos de funciones en el API de Windows, se pueden hacer muchas cosas utilizando solamente unas cuantas de ellas.

Existen dos métodos para lograr acceso a las funciones del API. El primero de ellos consiste en llamar a las funciones directamente. Un ejemplo de este método son los programas realizados en Visual Basic.

El otro método esconde las llamadas a las funciones presentando al usuario cajas de diálogos. El usuario puede pasar información por medio de estas cajas a los comandos del API. A este método se le llama *Media Control Interface (MCI)*.

Cualquiera de estos dos métodos permite controlar las cualidades multimedia de Windows. Las funciones de API de Windows más usadas en multimedia son:

- *sndPlaySound*. Esta función permite reproducir sonido de archivos con extensión WAV.
- *mciExecute*. La función *sndPlaySound* está limitada a reproducir archivos de audio, mientras que *mciExecute* ofrece acceso a mucho más del mundo multimedia. Esta función permite desplegar animaciones, grabar y reproducir sonidos y más. Con esta función se le puede indicar a una unidad de CD-ROM que reproduzca una pista de un CD, pero no se puede obtener ninguna información (por ejemplo, la pieza que está siendo reproducida). Esta función utiliza algo llamado *Command String Interface*.
- *mciSendString*. Esta función permite el acceso completo al Command String Interface. Con esta función se le puede decir a los dispositivos qué hacer, y se puede obtener información acerca de los mismos.
- *mciGetErrorString*. Si la función *mciSendString* regresa un código de error, éste puede ser convertido a un mensaje de error pasándolo por la función *mciGetErrorString*.

El Command String Interface es el corazón del control MCI. Usando estas cadenas se pueden construir comandos para enviarlos, por medio de las funciones mencionadas arriba, al MCI. Los comando que se pueden construir se clasifican en:

- *Comandos del sistema.* No son enviados a los dispositivos, sino que son manejados directamente por el MCI.
- *Comandos Requeridos.* Son comandos MCI que todos los dispositivos deben soportar.
- *Comandos específicos de dispositivo.* Se aplican a dispositivos específicos.
- *Comandos opcionales.* Se aplican a dispositivos específicos, pero no es obligatorio que todos los dispositivos los soporten.
- *Comandos específicos del distribuidor.* Son soportados por un distribuidor de hardware específico. El software que usa estos comandos normalmente sólo corre en hardware específico.

Muchas aplicaciones, así como lenguajes de programación (como Visual Basic y Visual C), usan las cadenas de comandos para controlar los dispositivos multimedia.

Los tipos de los dispositivos que pueden ser controlados (estos tipos cambiarán conforme nuevas tecnologías y dispositivos sean desarrollados) son:

- *animation*
- *dat*
- *other*
- *scanner*
- *vcr*
- *waveaudio*
- *cdaudio*
- *digitalvideo*
- *overlay*
- *sequencer*
- *videodisc*

€

CONCEPTOS CLAVE EN MULTIMEDIA

Apéndice E. Conceptos clave en Multimedia

Autoraje

Es el proceso en el que, haciendo uso de las herramientas multimedia (hardware y software), se crean aplicaciones. El autoraje multimedia utiliza una amplia variedad de herramientas, desde los editores de texto más familiares hasta herramientas de captura y manipulación de video o edición de audio.

Reproducción

Es el proceso en el que los usuarios interactúan con aplicaciones multimedia. La reproducción puede incluir diversas actividades, desde ver un video hasta participar en una serie de módulos de capacitación interactivos.

Colaboración

La colaboración involucra a dos o más personas trabajando juntas en tiempo real. Se están desarrollando (SUN Micro Systems) aplicaciones multimedia que permitirán a un grupo de personas trabajar juntas en tiempo real haciendo uso de pantallas compartidas y teleconferencia a través de una red de computadoras.

Edición

Edición es el proceso de modificar el contenido de los archivos para lograr una comunicación más efectiva con el usuario final. En multimedia, la edición se hace en todos los tipos de datos: voz, música, imágenes fijas, video, gráficas y texto.

Tiempo real

La operación en tiempo real significa que el retardo en la comunicación de la información es casi inexistente.

Sincronización

La sincronización tiene que ser muy precisa en el procesamiento en tiempo real, sólo se toleran fallas de milisegundos. Algunos elementos de multimedia, tales como audio y video son muy susceptibles a las fallas de sincronización. Los retardos que pueden no ser notorios en presentación de texto y gráficas, son inadmisibles en reproducción de audio y video.

Hipermedia

Es un tipo de aplicación por medio de la cual se puede hacer uso de múltiples niveles de información multimedia relacionada con un tema específico. La información puede estar en forma de texto, animaciones, gráficos imágenes fijas, audio, video o mezclas de los elementos anteriores.

Runtime

El runtime es el software que permite ejecutar aplicaciones multimedia.

Audio con calidad CD

El audio de calidad CD requiere altos factores de muestreo (44.1 KHz) y mayor resolución (16 bits por muestra). El uso de audio con calidad CD en capacitación y presentaciones se está expandiendo rápidamente, sobretodo, en el mercado corporativo.

Audio para reproducción de voz

Este audio puede reproducir el limitado rango de frecuencias de voz.

MIDI

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) es un lenguaje de control orientado a notas específico para música. Los datos MIDI consisten en códigos que representan notas y tiempo.

Reproducción de audio

La reproducción de audio almacenado en la computadora requiere regenerar la señal analógica a partir de información digital. Esto se hace por medio de un convertidor digital a analógico (DAC). La señal analógica regenerada es enviada a una bocina.

Captura y digitalización de audio

El sonido es una señal analógica. Para representarlo, manipularlo y almacenarlo en una computadora es necesario digitalizarlo -convertirlo a un formato que la computadora sea capaz de leer. El audio se puede representar como una compleja forma de onda analógica que se recibe por medio de un dispositivo tal como un micrófono conectado a la tarjeta de audio de la computadora. Una señal de audio se caracteriza por su ancho de banda, que es la mayor frecuencia en ciclos por segundo que pueden ser representados en la forma de onda. Digitalizar esta señal involucra dos procesos: *muestreo* y *cuantización*. Estas funciones se realizan, generalmente, utilizando un circuito conocido como convertidor analógico a digital (ADC). La calidad del audio digitalizado depende de las capacidades de este convertidor.

Captura de video

Las señales de video que se utilizan en los televisores y videocaseteras es una señal analógica. Para que la computadora pueda procesar video analógico, este debe ser digitalizado. Para hacer digitalización de video se requiere de hardware especial. Para que las imágenes de video digitalizadas sean salvadas, se requiere que sean transmitidas a través de los buses de la computadora hasta la memoria. Capturar y transmitir una secuencia de video a una resolución de 640x480 requiere de 9 a 27Mb por segundo de ancho de banda para imágenes de 8 ó 24 bits. Esto excede las capacidades de transmisión del bus de cualquier sistema. Por lo tanto, la captura de video en tiempo real, generalmente también incluye compresión en tiempo real. También se requiere compresión para salvar los datos de video en disco. Sin compresión, un minuto de video puede ocupar casi un Gigabyte de espacio.

Reproducción de video digital

Reproducir video digital significa reproducir video que previamente ha sido digitalizado, comprimido y almacenado en un medio como disco duro o CD-ROM. Para poder reproducir el video, este debe ser descomprimido en tiempo real y enviado a la memoria de video.

Compresión/descompresión de video digital

La compresión y descompresión de video digital es una de las áreas que está recibiendo, actualmente, más atención. Existen muchas tecnologías para comprimir y descomprimir video, con diferentes costos y beneficios, tanto monetarios como de eficiencia. Algunas de las técnicas de compresión de video como JPEG y MPEG se mencionan en el capítulo 1.

Interactividad

Este es uno de los conceptos más importantes en multimedia debido a que esta tecnología permite a los usuarios controlar, como nunca antes se había hecho, el flujo de las aplicaciones. En una aplicación multimedia el usuario decide qué hacer; lo que ve, escucha y/o lee es el resultado directo de sus elecciones. Cuando el usuario tiene el control de una aplicación se siente a gusto con la misma.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

1. Brant Stewart; The Media Lab: Inventing the Future at M.I.T., Editorial Penguin Books E.U.A., segunda edición, 1988.
2. Wodaski Ron; Multimedia Madness, Editorial Sams Publishings E. U. A., 1992.
3. Luther, Arrch C.; Designing Interactive Multimedia, Editorial Bantam Books E. U. A., 1992.
4. Ambron Sueann, Kristina Hooper; Learning with Interactive Multimedia; Editorial Microsoft Press & Apple Computer, Inc., 1990.
5. Jacobson, Linda; Cyberarts, exploring Art & Technology; Editorial Miller Freeman Inc.; 1992.
6. Mirchandani, Tajana P.; The VodeoLogic Multimedia Solutions Guide; Editado por VideoLogic Inc.; verano 1992.
7. Danuloff Craig, Deke McClelland; Encyclopedia Macintosh; Editorial Sybex; 1990.
8. Multimedia Primer; Sun Microsystems, Inc.; 1992.
9. Authorware Professional for Windows ver. 2.0 Reviewer's Guide; Macromedia; 1992.
10. International Product Catalog, vol. 4; Macromedia; 1992.
11. Información Científica y Tecnológica, vol. 15, num. 205, octubre de 1993, artículo: Tecnología y Educación, publicada por CONACyT.
12. Artículo: Metodología básica para el desarrollo de aplicaciones de multimedia en la educación; Laboratorio de Inteligencia Artificial y Multimedia del Instituto de Ingeniería de la UNAM, Felipe Lara Rosano & Pedro Guerrero Briseño
13. Hillier, Frederick S.; Gerald J. Lieberman; Introducción a la Investigación de Operaciones; McGraw Hill, cuarta edición en español 1989
14. Prawda, Juan Witenberg; Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones volumen II, LIMUSA, primera edición 1980
15. Venkata, Kharidehal Rao; Management Science; McGraw Hill, 1986

16. Moskowitz Herbert; Gordon P. Wright; Operations Research Techniques for MANAGEMENT; Prentice Hall 1979
17. Jones, J. Morgan; Introducción a la Teoría de Decisiones; Representaciones y Servicios de Ingeniería S. A. 1979
18. Rheault, Jean Paul; Introducción a la Teoría de las Decisiones con aplicaciones a la Administración; LIMUSA primera edición, octava reimpresión 1987
19. Maisel, Louis; Probabilidad y Estadística; Fondo Educativo Interamericano, S. A. 1973
20. Chapman Keit; Sound Blaster Pro, User's Guide; Creative Labs; segunda edición, julio de 1993.
21. VideoVGA 8&16 Installation and Reference Guide, Truevision Inc., agosto de 1992.
22. VideoVGA Eight & Sixteen, ShowMe Image Converter User's Guide, Truevision Inc., agosto de 1992.
23. Almagro, José Luis; Autodesk 3-D Studio paso a paso; Editorial RA-MA, España; 1993.