

TEMA 1

REPRESENTACIÓN Y COMUNICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

1.- INTRODUCCIÓN

2.- MEDIDA DE LA INFORMACIÓN

2.1.- Tipos de información

2.1.1.- Magnitudes

2.1.2.- Textos

2.1.4.- Imágenes

2.1.4.- Señales

2.2.- Unidades de información

2.2.1.- Medida de la información

2.2.2.- Criterios de medida

2.2.3.- Homogeneización de la información

2.3.- La información digital

2.3.1.- Símbolos

2.3.2.- Flujos binarios

3.- REPRESENTACIÓN DIGITAL DE LA INFORMACIÓN

3.1.- Codificación de símbolos numéricos

3.1.1.- Binario natural

3.1.3.- Octal

3.1.3.- Hexadecimal

3.1.4.- Símbolos alfanuméricos

3.2.- Conversión de información analógica - digital

3.2.1.- Cuantificación

3.2.3.- Codificación

3.2.3.- Recuperación de la información analógica

3.3.- Características de la información digital

3.3.1.- Comparación

3.3.2.- Reproducción

3.3.3.- Control de errores

3.4.- Escritura y lectura de información binaria

3.4.1.- Formatos y masivos

3.4.2.- Compresión

3.5.- Datos binarios

3.5.1.- Magnitudes

3.5.2.- Símbolos y textos

- 3.5.3.- Imágenes
- 3.5.4.- Sonidos
- 3.5.5.- Videos

4.- TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

- 4.1.- Emisión y recepción de señales digitales
 - 4.1.1.- Características generales de la transmisión
 - 4.1.2.- Codificación de línea analógica
 - 4.1.3.- Codificación – decodificación digital
 - 4.1.4.- Cifrado digital
- 4.2.- Modulación y demodulación digital
 - 4.1.1.- Adaptación al medio de transmisión
 - 4.1.2.- Adaptación al tipo de información
- 4.3.- Eficiencia de la transmisión
 - 4.2.1.- Velocidades
 - 4.2.2.- Información en tiempo real
 - 4.2.3.- Flujos binarios

5.- CONSERVACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- 5.1.- Almacenamiento
 - 5.1.1.- Medios de almacenamiento digital
 - 5.1.3.- Concentración y distribución
 - 5.1.3.- Información permanente
 - 5.1.4.- Información renovable
- 5.2.- Mantenimiento de la información
- 5.3.- Bases de datos

6.- DISTRIBUCIÓN DE LA INFORMACIÓN

- 6.1.- Interconexión de puntos de almacenamiento
- 6.2.- Difusión de la información
- 6.3.- Acceso a bases de datos de referencia

7.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN

- 7.1.- Centros (departamentos) de datos y de cálculo
- 7.2.- Redes de bases de datos
- 7.3.- La Internet

BIBLIOGRAFÍA.

ESQUEMA-RESUMEN.

PROBLEMAS.

1.- INTRODUCCIÓN

Desde la propia denominación de **Informática**, se anuncia que el objeto de esta disciplina, y de sus procedimientos y utilidades, es la información, en sentido amplio; el término Informática se introduce en nuestro idioma a partir del francés *Informatique*, con el significado de conjunto de conocimientos científicos y de técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de máquinas calculadoras”; la herramienta con la que se logra dicho tratamiento automático es el ordenador (también procedente del equivalente francés *ordinateur*).

Así pues, aunque la informática tiene su primer origen en los primitivos intentos de lograr una máquina capaz de realizar automáticamente operaciones de cálculo, y aunque en términos relativos es una disciplina reciente (naciente en los años 60 del pasado siglo XX), su realidad actual es muy distinta, siendo ahora herramienta imprescindible en todos los campos de las ciencias, en cualquier actividad comercial, y siendo característica de la sociedad moderna en los países industrializados, donde se ha acuñado el concepto de **sociedad de la información**, que ha permitido el mayor grado de intercomunicación global entre todos los puntos del planeta.

Denominamos información a todo **conocimiento** comprensible y aprehensible por el ser humano, conocimiento que es susceptible de ser expresado en un lenguaje apropiado (**expresión formal**), y de ser transferido a otros seres humanos (**comunicación formal**), para ser compartido y utilizado; esta es la base de la sociedad de la información, que ha permitido de una forma sistemática (cada nuevo descubrimiento se aprovecha e impulsa el progreso hacia el siguiente), el mayor desarrollo social y tecnológico en la historia de la humanidad.

Los dos conceptos claves sobre el uso y aprovechamiento de la información son, por tanto, ser expresada de la manera más adecuada, para que pueda ser mantenida y aumentada sistemáticamente, y poder ser comunicada de forma eficaz y eficiente a cualquier lugar donde se necesita, y en el momento en que se precisa.; para conseguir estos dos objetivos, se han inventado y desarrollado sucesivamente nuevas herramientas técnicas, basadas en nuevos descubrimientos científicos, que se plasman en nuevos usos tecnológicos.

Con estos desarrollos se han mejorado y perfeccionado aquellas máquinas que se utilizaban para cálculos y operaciones, para convertirlas en sistemas genéricos de **tratamiento y manipulación** de la información; basándose en el concepto de la máquina ordenador, que procesa fragmentos de esta información, expresada adecuadamente, mediante operaciones automáticas definidas sobre ella; como se sabe, la forma de expresión requerida está basada en el código de representación más compacto que existe, que es el de números en base 2 (código binario), que utiliza dos símbolos distinguibles para cualquier operación; sobre este tipo de información se desarrolla la forma de operación de los modernos ordenadores, cuya evolución ha sido (y sigue siendo) muy rápida, lo que permite disponer de grandes capacidades de procesamiento y de almacenamiento, que sostienen el continuo progreso.

El otro gran concepto es el relacionado con la comunicación de la información, lo que implica su transmisión fiable entre puntos geográficos, y su presentación adecuada en el lugar donde se precisa,

y donde puede utilizarse en cada momento; también esta actividad se ha visto soportada y potenciada por el enorme desarrollo paralelo de los nuevos y más perfeccionados **sistemas de telecomunicación**, basados en estos mismos, y otros avances tecnológicos; el desarrollo moderno de estos sistemas también se ha basado en modos de transmisión de información de tipo digital, cuantificada en valores discretos, y codificada en el mismo código numérico binario.

El grado de integración de ambas actividades es total en el momento actual, y se configuran como procedimientos complementarios; la definición clásica de telecomunicación como “conjunto de actividades que tienen como objetivo la comunicación fiable de la información entre cualesquiera lugares del mundo”, se amplía con la idea añadida de “preservación en el tiempo de dicha información”, o que incluye las actividades de tratamiento y mantenimiento; híbrido de ambas denominaciones (telecomunicación e informática), surgió el de **telemática**, ámbito de integración de las actividades automáticas con su objeto en las disciplinas informativas.

Las tecnologías apuntadas están fundamentadas en la construcción de circuitos electrónicos digitales integrados, formados por componentes basados en dispositivos semiconductores, alimentados con tensión eléctrica; estos circuitos realizan operaciones y transacciones sobre la información en forma binaria, representado cada símbolo binario (0 ó 1) por un nivel eléctrico, ó un determinado estado electrónico ó electromagnético diferenciado; estos circuitos están presentes en todos los equipos informáticos, y los equipos dedicados a la telecomunicación.

Esta integración total formal, funcional, y tecnológica está precisamente basada en el tratamiento de la información de tipo digital, y por lo tanto es requerido el paso de todo tipo de información a este tipo de formato; se verá que cualquier tipo de información es susceptible de ser convertida en digital, para su tratamiento y transmisión, y puede ser recuperada fielmente en sus características originales, por medio de la aceptación de unas condiciones previstas, y observar unos criterios de protección y de manipulación.

Se tiene que recalcar en todo caso, que la información es un concepto humano, que sólo la mente humana puede interpretar, utilizar, o aprovecharse de ella, en aplicaciones de toma de decisiones, facilitación de su actividad, o simplemente disfrute; cualquier manipulación automática que se ha expuesto más arriba, por parte de los ordenadores como procesadores, y de los dispositivos de comunicación, y los medios de transmisión, sólo tiene como objetivo acercar, ó facilitar el acceso, mantener ó actualizar, ó presentar adecuadamente esta información a la mente humana.

Aunque en su funcionamiento, muchos de estos elementos automáticos emulan las atribuciones propias de los humanos, únicamente tienen la función de herramienta citada más arriba; aunque a veces se habla de “cerebros electrónicos”, y de inteligencia artificial, se tiene que entender siempre que se trata de buscar una analogía con la funciones propiamente humanas.

2.- MEDIDA DE LA INFORMACIÓN

Como se ha dejado claro, la información, como conocimiento, es objeto de la mente humana, que puede facilitar mediante herramientas su acceso y uso utilitario; por tanto, el concepto de medida de la información es subjetivo a la mente humana, asociado al valor que ésta adjudica al conocimiento que se ha obtenido, y esta atribución depende fundamentalmente de criterios subjetivos como la necesidad, la utilidad, ó de las expectativas.

Tampoco existe una manera de medir lo que pueda ocupar un determinado conocimiento en los órganos humanos de almacenamiento, es decir, una medida de la memoria como capacidad cerebral; por lo tanto, en un primer análisis, la cantidad de información es una apreciación subjetiva, y resulta imposible establecer para ella una magnitud.

Lo que sí es posible es clasificar la naturaleza de la información, de tipos diversos, que el hombre adquiere y usa, y realizar un estudio relativo de las características de estos tipos; cuando esta información se expresa, transforma y manipula para facilitar su uso (objeto de las disciplinas de Informática, ó Telemática, como hemos definido), es posible medir con criterios menos relativos, las cantidades de recursos que ocupan en su expresión formal (como valores, textos, códigos, datos ...), ó los recursos que precisan para ser comunicadas (transformadas, transmitidas y recibidas), por los elementos de telecomunicación.

Otra apreciación menos subjetiva consiste en asumir unas magnitudes para las características subjetivas apreciadas por el hombre (tiempo empleado para obtenerla y usarla, mayor ó menor precisión y detalles de sus contenidos, frecuencia y/ó previsibilidad...); y expresar la medida de la información ponderando y operando con estas otras magnitudes.

2.1.- Tipos de información:

Los tipos de información que son susceptibles de uso u comunicación para el ser humano, pueden ser agrupados en cuatro básicos:

2.1.1.- Magnitudes:

Son valores concretos de una característica de la naturaleza que son conocidos por el hombre, generalmente a través de una comunicación desde el lugar donde se han registrado; son **valores numéricos** (cuantitativos) expresados en una determinada unidad de medida; la información contenida en ellos no depende de su valor absoluto, sino de su significado respecto a otros valores absolutos recibidos anterior y posteriormente.

2.1.2.- Textos:

Son agrupaciones de símbolos especiales (**palabras y numerales**), que son directamente interpretables en el modo humano de expresarse por escrito; cada símbolo es distinguible y legible

por separado, y se compone de símbolos elementales formantes de la comunicación verbal llamados **caracteres** (letras y números, también denominados **caracteres alfanuméricos**).

Se llama **alfabeto** al conjunto básico de símbolos diferentes que componen todas las palabras que se consideran formantes del texto.

La información contenida depende de la interpretación conjunta y combinada por parte del ser humano (**lectura**) del conjunto de símbolos; puede expresarse mayor información mediante un número mayor de símbolos de palabra, pero esta relación no es necesaria (se sabe que hay contenidos enormes de texto que no aportan información significativa).

2.1.3.- Imágenes:

Es el tipo de información que emula a la capacidad humana de la **visión**; y son percibidas directamente como representación del mundo real; cuanto mayores son las dimensiones de la imagen, mayor es la información objetiva aportada, como también es objetivo que la información será mayor cuanto más lo sea la precisión con que la imagen representa el objeto real; esto se expresa con dos conceptos:

- ✓ **Fiabilidad**, que es la similitud entre la imagen y el objeto representado.
- ✓ **Resolución**, que es la cuantificación de la precisión empleada para la representación.

No obstante, existe un componente subjetivo de la cantidad de información de una imagen, que se refiere a la importancia ó valoración otorgada por el ser humano al contenido de la imagen.

2.1.4.- Señales:

Son el tipo de información ligada a la variación de características físicas, que se va percibiendo de forma continuada con el paso del tiempo, como puede ser un flujo continuado de valores, ó como una sucesión más ó menos continua de sonidos y/ó imágenes.

Se puede considerar un concepto de valor de información que se va percibiendo, y otro concepto de valor de la información que se va acumulando; valores como frecuencia de llegada de las señales, calidad de las mismas, precisión de las mismas son baremos para considerar el aumento del valor informativo de las señales.

Otro concepto ligado a la sucesiva percepción ó llegada de las señales, es la mayor valoración de llegada de información diferente respecto a la anterior, ó diferente a la considerada como normal, de la señal que se va recibiendo.

2.2.- Unidades de información:

2.2.1.- Medida de la información:

La manipulación y tratamiento de la información para su expresión, y adecuada comunicación, ha llevado unida la necesidad de algún tipo de medida objetiva de la misma, para diseñar correctamente las herramientas destinadas a este fin.

Se ha desarrollado toda una teoría referente a la forma más adecuada de expresar una medida de la información en términos genéricos, que sea aplicable a cualquier tipo de información, y además sea complementada con los criterios objetivos cuantitativos de estimación propios de cada tipo.

Los conceptos principales utilizados para obtener una medida de la información surgen en la **actividad de comunicación** (transmisión y especialmente recepción) de tipos de información procedentes del lugar ó del momento concreto donde ha surgido su contenido relevante; consideramos como contexto la actitud de estar permanentemente recibiendo información, y considerándola y valorándola de forma continua con respecto a la información recibida previamente en esta actitud, y a la que poseíamos de fondo, como seres humanos, antes de empezar a recibirla en este acto.

Se suele denominar **mensaje** al fragmento de información que se va transfiriendo, ya sea como un todo, ó como una secuencia; nuestra primera tarea es estimar la cantidad de información contenida en estos mensajes.

2.2.2.- Criterios de medida:

El primer criterio de medida de la información que se nos va comunicando, es la relevancia de su contenido debido a lo que este contenido difiere de la información que nos llegaba previamente por el mismo procedimiento, ó a lo que difiere de la información que ya poseíamos; este **choque de contenidos** es valorado subjetivamente como muy informativo; es mucho más relevante (y útil) recibir una información que contraste vivamente con lo que sabíamos, ó que sea novedosa, con contenidos de los que no teníamos conocimientos previos.

A veces se expresa este criterio con la cita de uno de los creadores de las teorías de medida, diciendo que “la información no es otra cosa que la medida de la **originalidad** de un mensaje”, criterio que es básico también para aquellos propósitos de la comunicación que pretenden que fijemos firmemente el contenido del mensaje, como por ejemplo el caso de la **publicidad** comercial.

Otro criterio objetivo de medida es la **precisión** real (dejando aparte la intencionalidad del mensaje), del contenido comunicado, se aprecia mas cantidad de información (en cualquier unidad en que pensemos), en un mensaje cuyo contenido añade detalles, ó describe extensamente el evento que se ha comunicado para diferenciarlo de otros mensajes concurrentes del mismo tipo.

Asimismo, esta precisión también contribuye a fijar y almacenar más fácilmente la información recibida, y facilita su contraste con informaciones inmediatamente anteriores, y con las preexistentes. Al elemento de información en comunicación se le ha llamado mensaje; el elemento de información para almacenamiento, para mantenimiento, se puede llamar, en general **dato**; en este sentido hablamos de almacenamiento y ordenamiento de datos, conservación y organización de los datos, el criterio de medida para la información contenida en estos datos tiene además un componente objetivo de tamaño, que es el espacio (los recursos) necesarios para su almacenamiento.

Los datos son de diversos tipos y formatos, según el tipo de información al que pertenecen (números, textos, imágenes, sonido, video...); de estas características depende su organización, y presentación.

2.2.3.- Homogeneización de la información:

Encontrar una unidad de medida para el contenido informativo unificaría las variedades de datos, y haría sistemática su manipulación; esta medida debe ser coherente con una forma de representación de la información que resulte homogénea para su presentación, y que resulte compacta y manejable para su transmisión fiable.

Como se sabe, esta homogeneización de la información se consigue convirtiendo todo tipo de información al modo de **representación digital binaria**.

Coherentemente con este tipo de representación, la medida objetiva de la información se expresa en una escala de valores en base 2 (base binaria); esto es el resultado de toda una teoría de modelo de la información y de la comunicación desarrollada fundamentalmente por Claude Shannon hacia la mitad del siglo XX, que obtuvo una expresión logarítmica de la medida de la información que puede transmitir una **fuentes de información**, que es donde se generan los contenidos de información.

Esta fuente genera mensajes, cuyo valor de información es tanto mayor cuanto menos probable sea su aparición, en teoría estadística, para un mensaje m_i , se le atribuye un valor de información dado por:

$$I_i = \log 1 / P(m_i) = -\log P(m_i), \text{ (mensajes independientes), donde } P(m_i) \text{ es la probabilidad de } m_i$$

Si se supone que una fuente emite en el código más básico y elemental, el binario, se elige para enviar el mensaje entre un repertorio de mensajes de sólo dos posibles símbolos distinguibles (“0” ó “1”), y que son **equiprobables**, pues lo contrario sería presuponer uno de ellos en una información que no conocemos todavía, luego:

$$P(m_i) = P(“1”) = P(“0”) = 1/2 \quad \text{con Información}(m_i) = -\log_2 P(m_i)$$

Y, por lo tanto: $P(\text{mensaje binario}) = -\log_2 (1/2) = \log_2 2 = 1 \text{ bit}$

Y se considera el bit como la unidad elemental de información.

Determinar una información añadiendo bits es equivalente al juego de deducción por descarte binario; se van haciendo sucesivamente preguntas para determinar un posible resultado entre N posibles, donde N puede ser un número muy grande de resultados (ó mensajes); a cada pregunta sólo se puede contestar con un “sí” (“1” binario) ó con un “no” (“0” binario), con cada pregunta se descartan la mitad de los posibles resultados restantes; para determinar el resultado correcto entre los N posibles, basta con formular $\log_2 N$ preguntas binarias, es decir una cantidad de información de $\log_2 N$ bits.

2.3.- La información digital

Le término **digital** referido a un mensaje alude a su característica de poseer un **contenido discreto** concreto, seleccionable entre un **repertorio** finito de posibles mensajes, y la forma de seleccionarlo es medible mediante una cantidad de información de n bits, en el otro lado de la comunicación, el mensaje podrá ser determinado mediante la utilización de los n bits de información que lleva incluidos implícitamente.

El alfabeto de símbolos se reduce a dos, por lo cual se habla de **alfabeto binario**, que admite, por supuesto otros alfabetos o repertorios expresados en base 2, por agrupamiento de M bits; de esta manera, se identifican:

N mensajes posibles, determinables mediante **$\log_2 N$ bits**, que es su medida de información; que son expresables también mediante otro **alfabeto de palabras de M bits**, alfabeto que consta de **$\log_2 (N / M) = \log_2 N - \log_2 M$ palabras**.

Esta forma de medida logarítmica de la información, por lo tanto, es totalmente compatible y coherente con la representación y comunicación binaria de la información, en la filología inglesa, el término “a bit”, como “un poco de” es absorbido por el uso más oficial del acrónimo BIT, como apócope de *Binary digIT*, es decir **digito binario**, expresión que resume esta integración.

2.3.1.- Símbolos:

Los símbolos binarios básicos son dos, representados como dos valores distinguibles, el “0”, y el “1”, que también se corresponden con los valores de la lógica elemental:

“1” \equiv Si lógico \equiv Verdadero (*true*); “0” \equiv No lógico \equiv Falso (*false*);

Y son posibles con ellos cualquier tipo comparación y de operación definida para los valores lógicos (AND, OR, NOT...), dentro de una estructura de valoraciones y operaciones conocida como **álgebra de Boole** utilizada para la expresión formal de la **matemática discreta**, que es la base de la **lógica computacional** utilizada para diseñar el funcionamiento de cualquier ordenador.

La agrupación de esto símbolos en palabras de n símbolos permiten formar símbolos con mayor cantidad de información, que forman un código binario, este código puede ser interpretado e

identificado como un símbolo de otro repertorio de símbolos, como pueden ser valores numéricos, ó letras, formando el repertorio conocido tradicionalmente como alfabeto, base del lenguaje escrito.

En su interpretación numérica, cualquier operación aritmética que se puede realizar entre números representados por guarismos (cifras, 1,2,3,4...,9) arábigos, se puede también realizar en la representación binaria de esos números, que se organiza en una estructura coherente que se desarrolla en una **aritmética binaria**.

Por último, la representación física de los valores de estos dos símbolos es fácilmente realizable en cualquier sistema de computación ó transmisión, asociadas a dos **niveles eléctricos** (ó neumáticos, u ópticos...) definibles en la salida del dispositivo, ó asociadas a **dos posibles estados lógicos**, que de alguna forma se automantienen en el elemento físico.

2.3.2.- Flujos binarios

Asimismo, existe toda una teoría de la comunicación, y de la transmisión de los datos expresados como agrupaciones ó sucesiones de símbolos binarios, quedando además patente que se pueden diseñar sistemas para transmitir la **información** expresada en esta forma **binaria**, igual de eficaces, más eficientes en recursos, y más inmunes a los problemas de transmisión, que la información equivalente, expresada en forma de valores continuos, también llamada **información analógica**.

El **ritmo de transmisión** de la información binaria tiene una medida objetiva, como el número de unidades de información transmitidas por segundo, que es equivalente a la cantidad de símbolos binarios transmitidos por segundo.

La unidad genérica es el **baudio**: **1 baudio** \equiv **1símbolo /1 segundo**

Pero en la práctica, asumiendo que la información que nos llega es totalmente imprevisible ,lo cual nos sitúa en el escenario más general posible, y suponemos los dos símbolos binarios igualmente probables, podemos expresar el ritmo binario en **bits / segundo**, ó en unidades internacionales estándar convertibles, como **Kbits / segundo**, ó **Mbits / segundo**; estas unidades se recuerda de nuevo que son totalmente compatibles con las velocidades de operación (de trasiego y de producción elemental de información) de una máquina procesadora de información.

El término de **flujo binario** se refiere a las distintas velocidades (distintos ritmos de transmisión, y por tanto de recepción) que puede adquirir la información que se nos comunica a través de un sistema de telecomunicación, o procedente de los resultados del procesamiento de un ordenador.

El ritmo binario continuo, ó el flujo binario determina la posibilidad de interpretación correcta de la información; el flujo binario es también característico de los tipos de información que se envían, y es aquel que, en general, es necesario para conseguir su correcta representación (son distintos los flujos de información numérica, de las imágenes, de los necesarios para interpretar sonido, ó para interpretar la información de video).

3.- REPRESENTACIÓN DIGITAL DE LA INFORMACIÓN

3.1.- Codificación de símbolos numéricos

La base de la homogeneización de los contenidos cualesquiera de información es, como se ha visto, su expresión como información binaria digital, es decir, mediante un **código** suficientemente extenso, asociando cualquier tipo de dato de información a una agrupación (ó sucesión formateada, como se verá posteriormente), de dígitos binarios.

En el caso de representación de números, el código binario consiste en un grupo ordenado (palabra binaria) de símbolos binarios (0s y 1s) evaluados en base 2 según su posición; el valor numérico de una palabra de N bits (expresada como: $\{A_{n-1}, A_{n-2}, \dots, A_3, A_2, A_1, A_0\}$) será:

$$X = A_0 \times 2^0 + A_1 \times 2^1 + A_2 \times 2^2 + A_3 \times 2^3 \dots \dots + A_{n-1} \times 2^{n-1}$$

$$\text{Ej: } 10100110 = 0 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^7 = 166$$

Con lo cual, con un código de N bits pueden representarse todos los valores desde 1 a $2^N - 1$, aumentando el tamaño de la palabra código se puede llegar a representar un valor tan grande como queramos.

También es posible codificar el signo de los valores numérico (“1” previo \equiv signo negativo; “0” previo \equiv signo positivo); por último, existen formas de codificación típicamente llamadas de coma flotante, que permiten codificar valores racionales, y el exponente al que se puede elevar dicho valor, para completar la representación de cualquier valor real.

3.1.1.- Binario natural

Es el código digital numérico explicado hasta ahora, basado en dos símbolos que se combinan y agrupan para representar cualquier valor; se recuerda que este código es un grupo ordenado, donde la **posición** de cada símbolo (de cada bit), determina su valor (se dice a veces su **peso**) que se suma relativo **en base 2**; el bit descrito como A_0 se denomina bit menos significativo (*Least significant bit LSB*), y su aportación a la suma puede ser 0 ó 1, y el bit A_N se conoce como bit más significativo (*Most significant bit MSB*), y su valor de suma puede ser 2^{n-1} ó 0.

3.1.3.- Octal

Es un código numérico que expresa las cantidades en base 8 ,por lo tanto, se compone de un repertorio de $2^3 = 8$ símbolos: $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$, con una palabra de m símbolos en **código octal** se puede representar una cantidad absoluta de $2^m \times 2^3 = 2^{m+3} - 1$ valores diferentes.

Es utilizado internamente por ciertas máquinas de computación, cuya estructura de funcionamiento es adaptada a esta escala, y reduce la longitud de las palabras necesarias para expresar cantidades.

3.1.3.- Hexadecimal

Es aquel código numérico que expresa las cantidades en base 16, por lo tanto, se compone de un repertorio de $2^4 = 16$ símbolos: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F, con una palabra compuesta por h símbolos en código hexadecimal se puede representar una cantidad absoluta de $2^h \times 2^4 = 2^{h+4} - 1$ valores diferentes.

Este código es ampliamente usado para representar grandes rangos de números enteros, como por ejemplo, las direcciones de memoria de un ordenador

3.1.4.- Símbolos alfanuméricos y caracteres

Son códigos sin interpretación numérica, formados por grupos de 7 u 8 bits, que representan **letras del lenguaje, y cifras de números** (a esto alude alfanumérico) en representación binaria, para ser manejados internamente por el computador, ó ser transmitidos de forma digital; pueden diferenciar letras mayúsculas y minúsculas con codificaciones diferentes.

El término **carácter** alude a estos símbolos del lenguaje, ampliados con los signos de **puntuación**, los caracteres de **control**, y aquellos para establecer **marcas** en el texto; se representan igualmente con un grupo de bits.

Los códigos más utilizados para estos símbolos:

- Código **A.S.C.I.I.** (*American Standard Code for Information Interchange*):

Utiliza un grupo de 7 bits para codificar 127 caracteres y símbolos de control.

- Código **E.B.C.D.I.C.** (*Extended Binary Coded Decimal Interchange Code*):

Utiliza un grupo de 8 bits para codificar 255 caracteres y símbolos de control.

El código ASCII es el más utilizado y generalizado para su uso en los ordenadores.

3.2.- Conversión de información analógica – digital

Como se ha citado, la información de cualquier tipo se representa de forma homogénea mediante su expresión en forma digital, para lo cual es preciso manipularla y adaptarla bajo ciertas condiciones, y traducirla al código binario digital, los procesos sucesivos necesarios para ello son los siguientes:

3.2.1.- Cuantificación

La información en general es denominada analógica por su naturaleza continua, presentándose en un rango continuo de valores, el primer paso para adaptarla es asumirla tomando valores discretos, es decir, suponiendo que toma, con toda la aproximación que sea posible, sólo un conjunto de valores posibles en el mismo rango.

El proceso se consigue asumiendo valores fijos para todos los valores analógicos comprendidos dentro de un determinado intervalo, y este valor suele ser el valor central del intervalo considerado; el proceso se denomina **cuantificación**, y se puede ver como una valoración de todos los puntos del intervalo iguales al valor central.

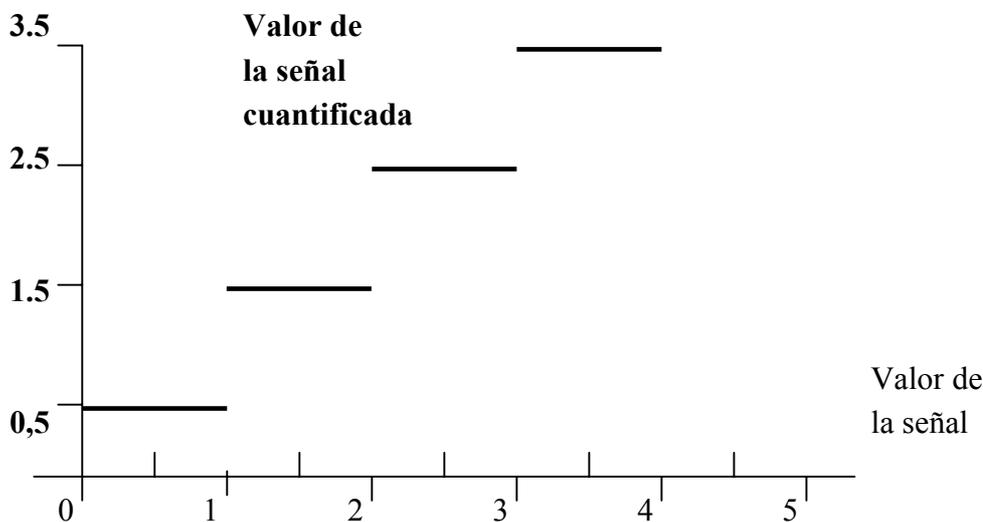


Fig. 1.1 Esquema de cuantificación

Otras variedades de este proceso pueden ser establecidas, eligiendo intervalos de distinta longitud, más pequeños en aquellos rangos de valores donde es necesaria mayor precisión.

El error cometido como diferencia entre el valor efectivo, y el valor central asumido para su representación está limitado por la mitad de la anchura del intervalo; por lo tanto es predecible y controlable.

3.2.3.- Codificación

Una vez reducido el rango continuo a un conjunto de valores discretos, el siguiente proceso es codificar numéricamente estos valores, obteniendo el conjunto de los valores numéricos digitales, en el código binario adecuado.

Las palabras binarias que representan estos valores se pueden almacenar, ó disponer en serie para ser transmitidos por cualquier medio.

3.2.3.- Recuperación de la información analógica

Los valores binarios obtenidos contienen toda la información que contenía su forma analógica, de manera que se puede volver a recuperar ésta, si se han observado las debidas precauciones en los procesos anteriormente explicados.

El caso más general aparece con las señales, tipo de información que presenta valores variables con el tiempo en un rango continuo; su conversión analógica-digital da como resultado un flujo binario de una determinada velocidad; en el dispositivo de presentación, ó al final de la línea de transmisión, se procede a realizar el proceso contrario, una transformación digital-analógica, que vuelve a recuperar la señales su totalidad.

Para que toda la información contenida en la señal analógica esté contenida en su transformación digital, se deben respetar las condiciones:

- El error de cuantificación ha de estar determinado, como se ha dicho, y los procesos opuestos en los dos lados de la manipulación (ó transmisión), han de ser simétricos, y análogos en sus parámetros (tamaño ó tamaños de intervalo, rangos equivalentes de valores...), para ser efectivos.
- La codificación utiliza el mismo código, y con los mismos parámetros que la decodificación en el otro extremo, y se dispone del tiempo necesario para esta operación opuesta, lo cual implica que la velocidad de transmisión debe ser suficiente para presentar los valores digitales en un ritmo suficiente.
- Para que la señal variable con el tiempo conserve toda la información en su transformación digital, es preciso que los valores que se han de cuantificar sean leídos en momentos precisos con la suficiente frecuencia; se llama muestreo al proceso de lectura cada cierto tiempo de valores de la señal variable en el tiempo, para que sean cuantificadas; esta frecuencia se llama frecuencia de muestreo; esta frecuencia de muestreo ha de ser al menos el **doblo de la mayor frecuencia** con que varía en el tiempo la señal analógica (este resultado se conoce como **teorema de Nyquist**).

3.3.- Características de la información digital:

La ventaja de manipular y comunicar la información de todo tipo en forma digital, se basa en las características que presentan los valores digitales, y las señales digitales para su tratamiento y para su transmisión.

3.3.1.- Comparación

Los valores, imágenes, sonidos, y señales en forma digital hacen posible comparar dos informaciones semejantes de forma plena y completa, pues se trata de combinar comparaciones **numéricas** entre datos, en lugar de comparaciones de valores ó comportamientos continuos (analógicos), a veces inabordables por otro procedimiento.

Esta propiedad permite además hallar diferencias entre informaciones sucesivas, y realizar en el ámbito digital operaciones de **filtrado**, **ecualización** y **reparación** de sonidos, de imágenes ó de señales de cualquier naturaleza.

3.3.2.- Reproducción

Una señal almacenada en forma digital puede mantenerse indefinidamente, y cuando es recuperada vuelve a producir la señal analógica con toda fiabilidad, si se ha obtenido en su origen con las precauciones citadas más arriba; por tanto, constituye una forma de registro prácticamente inalterable. Por otra parte, la señal digital en transmisión hace posible que los repetidores no sólo mantengan la calidad de la información, sino que lleven a cabo una regeneración digital: detectando la secuencia, y volviéndola a reponer a su salida con su valor de entrada, en el mismo nivel que al principio de la línea de la transmisión.

3.3.3.- Control de errores

Se habla aquí de error como diferencia entre señal analógica a la entrada y a la salida del proceso, y producida por efecto del mismo:

- El error de cuantificación es, como se ha dicho, controlable según los parámetros del proceso, con lo cual es posible una ecualización para obtener como resultado una señal analógica muy fiel.
- En transmisión, la regeneración digital consigue mantener inalterados los símbolos del código, salvo circunstancias muy adversas; además la transmisión digital es muy inmune a las interferencias, y a las distorsiones asociadas a variaciones indeterminadas del valor de la señal (en las señales transmitidas en forma digital, estas variaciones de la señal están cuantificadas, y localizadas, por así decirlo, en una cierta base de tiempos).
- El nivel de estos errores se puede reducir adecuadamente, y en todo caso, por debajo del **umbral de percepción** del ser humano; como se explicó al principio, la información es objeto del conocimiento humano, y es percibida con unos órganos sensoriales, que son dispositivos analógicos, basados en reacciones físicas y químicas; su precisión no es infinita, lo que hace que no sean distinguibles pequeñas diferencias entre señales analógicas antes y después del procesamiento digital.
- Por ejemplo, es psicológico apreciar la diferencia entre la reproducción de un registro sonoro en **forma analógica** y en **forma digital**; el oído no puede discernir diferencias en la variación de un sonido que se produzcan con intervalos inferiores a $1 / 20.000$ de segundo; cualquier reproducción digital maneja información a velocidades cientos de veces mayores; la calidad de una reproducción sonora depende en más de un 95% de los elementos transductores utilizados (micrófonos, amplificadores de salida, altavoces...), y el tipo de registro de sonido digital es preferible por el resto de las características.

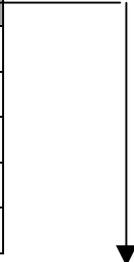
3.4.- Escritura y lectura de información binaria

La información de tipo binario está directamente preparada para su almacenamiento en estructuras de memoria con **organización matricial**, y **estructura organizada**, como son las utilizadas en todos los recursos de memoria de los ordenadores digitales.

En tales estructuras, se guardan los bits que conforman los códigos como enormes bloques de símbolos elementales (1s y 0s), y su agrupación lógica e **interpretación** de un grupo como el código de un determinado tipo de dato, lo determina el funcionamiento del procesador que controla la operativa del dato, es decir, la interpretación de un código leído, como un dato de su tipo correspondiente de información depende de su ubicación (su **posición** en estas estructuras), y se ha determinado en el momento de ser escrito en dicha posición.

Posición

0A30	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	
0A31	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0
0A32	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
0A33	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
0A34	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
0A35	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
0A36	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1
0A37	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
0A38	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
0A39	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
0A3A	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1
0A3B	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1



Dato para interpretar

Fig. 1.2 Esquema de una memoria.

Por ejemplo, se ha de pensar que se almacenan datos tan dispares como: el número 2.5, valor de color A de un punto de una imagen, valor de voltaje de un generador en un instante dado, volumen de una muestra de sonido en un instante dado, el carácter ‘s’, la posición izquierda de un punto en un entorno gráfico...,etc.

3.4.1.- Formatos y masivos

Es fundamental, por tanto, que el almacenaje en la memoria sea regido por una serie de **formatos**, adaptados al tipo de datos que se contienen, lo que significa el mantenimiento de una serie de marcas intercaladas con la información binaria, delimitando bloques en ella, así como las reglas que las reconocen e interpretan.

Se puede hablar, por tanto de formatos de texto, de audio, de video..., que son considerados para tratar correctamente los tipos de bloques de información.

Existen informaciones que precisan gran cantidad de código, y por tanto de espacio de registro para ser almacenadas, como sucede por ejemplo con los formatos de video; los datos son de tamaños muy grandes, y se almacenan masivamente, en espacios que se denominan en un primer nivel genérico **ficheros** (ficheros binarios); además del formato de almacenamiento, que ha de intentarse que sea ligero (que emplee poca información), se ha de señalar explícitamente su tipo para ser reproducido por una aplicación ó aplicaciones específicas.

El término **archivo** (archivo binario ó digital) se suele usar en un sentido más específico para expresar un bloque de información digital formateado, e identificado para ser usado por una determinada aplicación.

3.4.2.- Compresión:

Las informaciones que precisan de datos digitales muy grandes para su representación, van a ocupar grandes cantidades de recursos de las máquinas, tanto para su almacenamiento como para su transmisión, como estos recursos son limitados, se ha de pensar en hacer más eficiente los sistemas.

La representación digital de la información permite aprovechar las características de **redundancia** de los datos; si se considera que los datos masivos pueden ser la información referida a una muestra de una imagen, ó de un audio, ó de un video, se pueden hallar pequeñas diferencias predecibles entre valores de muestras sucesivas, ó de muestras adyacentes, y se puede codificar estas diferencias con menos información, y deshacerse en el formato de grupos de datos.

Esta manipulación se denomina compresión de los datos, y la información de compresión ha de ser suficiente para recuperar el formato digital tras ser recibida, ó leída, mediante una operación opuesta de descompresión.

3.5.- Datos binarios

La información binaria básica formada por 0s y 1s ha de resolverse necesariamente en algún tipo de dato, pues carece de significado al intentar leer los símbolos sin algún criterio preciso de agrupamiento y de utilización.

3.5.1.- Magnitudes

Son expresadas como números binarios, según su tipo:

- **Enteros**, cuantificados en binario natural, en grupos de N bits para contar hasta 2^N-1 valores sin signo; el signo puede codificarse con un bit inicial ($0 \equiv$ mas, $1 \equiv$ menos), con lo cual, con N bits representamos el rango $-2^{N-1}-1, \dots, -1, 0, 1, \dots, 2^{N-1}-1$.

- **Decimales**, codificando por separado los números a ambos lados de la coma, y la posición de la misma coma.

La ponderación binaria a ambos lados de la coma se realizan por el método, respectivamente, de **divisiones sucesivas por 2**, y de **multiplicaciones sucesivas por 2**, con el siguiente esquema:

Ejemplo: codificar 165.345

$165 \div 2$ $1 \quad 82 \div 2$ $0 \quad 41 \div 2$ $1 \quad 20 \div 2$ $0 \quad 10 \div 2$ $0 \quad 5 \div 2$ $1 \quad 2 \div 2$ $0 \quad 1$	$0.375 \times 2 = 0.75$ $0.75 \times 2 = 1.5$ $0.5 \times 2 = 1$ <p style="text-align: right;">Hasta acabar con la parte fraccionaria</p>
	$165.34 \equiv 10100101,011$

- **Reales**, codificando la expresión denominada coma flotante, con una base decimal, y un exponente entero, con la forma: **base.decimal E+/- exponente**

Los dos componentes y el signo se codifican para conformar el dato

3.5.2.- Símbolos y textos

Los textos son la expresión del lenguaje humano escrito, y se representan codificando por separado cada uno de los símbolos que lo componen, que, como se ha adelantado, se denominan en general **caracteres**, que son:

- ✓ Letras del un alfabeto.
- ✓ Cifras numerales, sin correspondencia con su valor numérico.
- ✓ Signos de puntuación, y caracteres especiales.
- ✓ Caracteres de control, tabulación y alineación.

La codificación se realiza mediante los códigos **ASCII** y **EBCDIC**, especialmente el primero.

Los caracteres son ya una codificación de símbolo independiente del valor numérico en binario natural, u otro código básico, por lo que cualquier información digital binaria (en un fichero binario cualquiera) se puede agrupar en bloques, e interpretarse directamente como un conjunto de caracteres.

Existen sistemas software que tratan todos los archivos que usan como si fueran ficheros conteniendo caracteres (se dice que se tratan como **ficheros de texto**)

3.5.3.- Imágenes

Se codifican como datos:

- Los límites de la imagen, **tamaño y marco**.
- La posición de cada elemento de imagen en las dos dimensiones, generalmente llamado **píxel**; en el esquema más general que se suele llamar **mapa de bits BMP**.
- Los valores que definen su **color**, como niveles relativos de un conjunto de colores elementales, y algunas otras informaciones de **brillo, contraste...**,etc; se pueden llamar **canales** cada uno de las características que toman valores para describir el punto de imagen.
- Otros formatos de imagen son definidos para hacerlos compatibles con otros tipos de archivos, donde puedan ser incluidos, se pueden citar JPEG ó JPG, TIFF, DWG..., etc.

Estos últimos tipos de archivos emplean menos cantidad de información que el genérico mapa de bits, a cambio de una cierta pérdida de **resolución** en la imagen; también es posible la **compresión** digital basándose en la similitud en la información de los puntos de imagen adyacentes, aunque este uso de la compresión está limitada por la pérdida de calidad.

3.5.4.- Sonidos

Los archivos de audio se forman organizando las muestras codificadas de la señal analógica sonora; sus formatos son bastante genéricos y compatibles, para poder ser reproducidos fácilmente por la multitud de aplicaciones existentes para todos los sistemas software.

Existe la posibilidad de generar archivos de audio no procedentes de conversión de señales analógicas, sino creados mediante un **sintetizador** que genera secuencias de audio, combinando el uso de modelos de los parámetros básicos del sonido:

- **Tono** básico de frecuencia, con gradaciones de agudos y graves.
- **Volumen** en potencia del sonido, ó **nivel** de la señal de audio.
- **Timbre** ó combinación ponderada de las frecuencias que forman el sonido.

Este modelo de los parámetros básicos es utilizado también para comprimir las señales digitales de audio, y conseguir que ocupen menos espacio en una memoria, ó en un registro sonoro (cinta, disco...); la **compresión** conseguida es más radical que la conseguida para las imágenes estáticas.

Formatos conocidos de audio son CDA (*Compact disc audio*), WMA (para reproductores PC), MP3 (formato comprimido capa 3)...,etc.

3.5.5.- Videos

Se consideran imágenes en movimiento, lo que equivale a una sucesión de imágenes a un ritmo suficiente para crear la percepción de movimiento; para la información digital de video, este es exactamente el esquema, con las imágenes sucesivas codificadas; su presentación es gestionada en el ordenador (al igual también que la de audio), por un hardware específico (tarjetas gráficas y de audio), controlado por programas especializados.

Suelen combinarse en los archivos las informaciones de video y de sonido, lo que se consigue incluyendo la información sonora intercalada dentro del formato del video.

Los formatos digitales de registros de video más conocidos son VCD, SVCD, AVI y DIVX, XVID, DVD...; los flujos de la información están bastante estandarizados, con ritmos crecientes MPEG 1, MPEG 2, MPEG 3, MPEG 4...

La compresión de la información está implícita, y es característica de la combinación, y conversión entre los distintos formatos de video.

4.- TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

4.1.- Emisión y recepción de señales digitales

La transmisión de información digital entre distintos puntos geográficos es la actividad principal de la comunicación de información de este tipo, que resulta más eficaz y eficiente, como se ha adelantado más arriba, que la transmisión de información en forma analógica.

4.1.1.- Características generales de la transmisión

Se llama transmisión al acto de transportar la información entre puntos separados en el espacio, por medio de señales que se propagan a través de un medio **físico** (conductores, aire, agua, materiales adaptados...) que se encuentra en contacto con estos puntos; en los dos extremos de la transmisión se encuentran los dispositivos que envían y reciben información, (ó que hacen alternativamente ambas cosas), y que se denominan **emisor** y **receptor**.

Estos dispositivos adaptan las señales al medio, discriminando y utilizando las características de este medio para establecer un camino identificable y distinguible denominado **canal de transmisión**; el canal se dice que conecta emisor y receptor para las señales utilizadas.

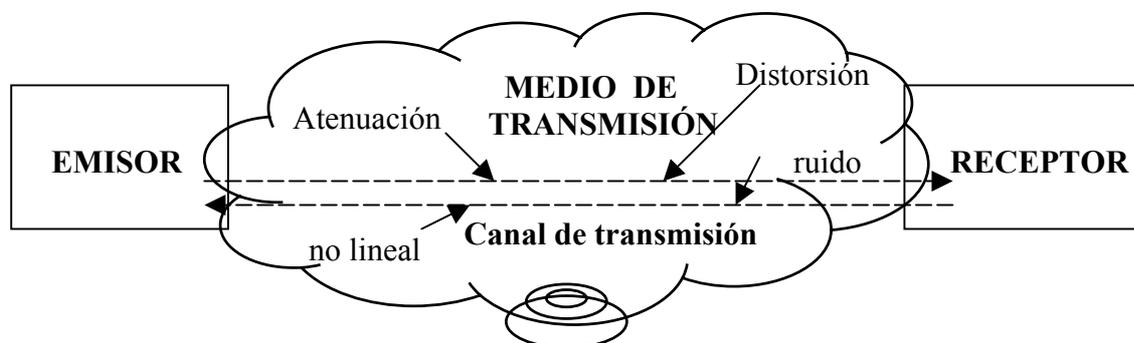


Fig. 1.3 Sistema de transmisión

Nuestro contexto en este TEMA es de transmisión como parte de la comunicación de la información, representada en forma digital, y basada en el tratamiento automático de la información, y el **sistema de transmisión** que consideramos está basado en señales electromagnéticas de carácter digital (con

un conjunto finito de señales) transportada por un canal físico; este canal físico, aunque no sea formado por conductores, se suele llamar línea, como expresión de camino de transporte.

Los problemas asociados a la transmisión están relacionados con la naturaleza del medio físico de transporte, que no tiene una respuesta “digital”, sino que tiene propiedades físicas intensivas y extensivas (inercia, resistencia al cambio, elasticidad, interacción de desgaste con las señales que lo atraviesan...) cuyo efecto en conjunto es la degradación de la señal transmitida, que llega alterada al punto de recepción; los problemas asociados a la transmisión de señales, se pueden enunciar como:

- **Distorsión**, que consiste, de forma esencial en alteraciones de la forma de la señal, por características no lineales de respuesta del medio, y por afectar de forma diferenciada a valores de parámetros de la señal (a distintos valores de frecuencia, a distintos valores de fase, a distintas amplitudes...,etc.).
- **Atenuación ó pérdidas** de potencia (y por ende de nivel de señal) debido al desgaste.
- **Alteración de la temporización**, a causa de retardos, y tiempos de transmisión diferentes para distintas formas de señales.
- **Ruido**, término general con que se denominan las señales eléctricas no deseadas que acompañan a la señal enviada, y que aparecen en recepción debido a su paso por el medio, y que en ocasiones pueden ocultarla, y, en todo caso dificultar su detección.
- **Error (de bit)** es, en este contexto, la cantidad de errores (0s interpretados como 1s, y viceversa) que aparecen tras la detección, a causa de los efectos anteriores.

El tipo de canal de transmisión, tipo de información, tipo de señales, tecnología de los dispositivos, y procedimientos de uso de los recursos, constituyen un **sistema de telecomunicación**.

4.1.2.- Codificación de línea analógica

Aunque estamos hablando de información de tipo digital, los medios de transmisión utilizados tienen una característica, y un comportamiento analógico, determinado por el transporte físico de las señales eléctricas que contienen la información en alguno de sus parámetros; por lo tanto, las señales que se transmiten por el medio son analógicas, aunque transportando secuencias de símbolos digitales.

Es necesario, por lo tanto, una nueva **adaptación al medio analógico** que se denomina codificación de línea, que consiste en generar, para cada símbolo binario, una señal que se adapte a las características del medio y que conserve el carácter digital, que va a ser transmitida alternativamente por la línea.

Esta adaptación analógica permite además evitar las principales causas de pérdida de calidad que afectan a las señales analógicas, especialmente la distorsión ó variación de forma de la señal.

4.1.3.- Codificación – decodificación digital

Este concepto se refiere a la posibilidad de transformar la propia información digital para una adaptación, y posteriormente deshacer la codificación, que en el caso digital es exacta y simétrica; el conjunto de la manipulación digital, y el efecto se llama codificación-decodificación, y se llama **codec** al dispositivo empleado.

4.1.4.- Cifrado digital

Puesto que la transmisión utiliza un medio común físico, la información contenida en las señales puede ser accesible por otros sistemas, para ser leída, ó para ser alterada, ambas situaciones son altamente peligrosas.

Las características de la información digital permite un proceso de codificación-decodificación completamente digital, que haga ininteligible la información ante cualquier acceso a ella de sistemas que no conozcan el tipo de codificación ó sus parámetros; el proceso inverso, en el punto de recepción, es perfectamente reversible.

Esta codificación es previa a la codificación de línea explicada más arriba, que no es totalmente digital; en recepción, la decodificación de cifrado es posterior a la decodificación de línea, la cual es parte del problema de recuperación de la información recibida.

4.2.- Modulación y demodulación digital

Es la ampliación general del problema de adaptación de la información digital para la transmisión; dada la naturaleza digital (forma no continua y sobre base de tiempos conocida) de la información, el problema de recuperar correctamente la información, en el punto de recepción, no consiste en intentar obtener una señal idéntica a la enviada, sino a la discriminación entre un conjunto finito de señales posibles que se han colocado en la emisión.

Una vez discriminada la señal entre las posibles del repertorio, es descodificada en el código binario (bit ó grupo de bits), que se han querido transmitir; este repertorio de señales admite los tipos de modulaciones posibles para las señales analógicas, con la información contenida en un parámetro, ó en la variación de ese parámetro respecto a la señal recibida previamente.

Estos parámetros propios de la señal analógica son:

- La **amplitud**, que permite la modulación analógica de amplitud, *Amplitude modulation AM*.
- La **frecuencia**, que permite la modulación analógica de frecuencia, *Frequency modulation FM*.
- La **fase**, que permite la modulación analógica de fase, *Phase modulation PM*.

Y también son posibles combinaciones de las anteriores modulaciones.

4.2.1.- Adaptación al medio de transmisión

La motivación fundamental de las modulaciones digitales es la generación de señales, portadoras de información digital, que tengan propiedades ventajosas para ser discriminadas (demoduladas ó detectadas) correctamente en recepción, presentando mayor inmunidad a la degradación de la señal en el canal.

Para ampliar la selección básica de dos señales de línea para los dos símbolos binarios, se diseñan repertorios de N señales, y se elige un determinado tipo de modulación de estas señales digitales adaptadas analógicamente.

Cada una de las N señales se descodifica una vez demodulada en un grupo de $\log_2 N = m$ bits, ó dicho de otro modo, podemos codificar cada grupo de m bits con un conjunto de $2^m = N$ señales, las cuales son moduladas para ser enviadas por el canal de transmisión.

4.2.2.- Adaptación al tipo de información

Lógicamente, también son seleccionables los tipos de modulación más eficaces, y eficientes para la transmisión de los tipos de información presentados anteriormente (caracteres, textos, imágenes, flujos de audio, flujos de video...).

La principal adaptación es la relativa al ritmo de transmisión:

Para la transmisión de flujos binarios de gran velocidad (audio y especialmente video) son más aconsejables modulaciones rápidas y ligeras, y que empleen un repertorio mayor de señales, lo que permite portar en paralelo una mayor cantidad de información con cada señal; por otra parte, el gran tamaño de los datos, hace que un error de interpretación sea menos relevante (se puede apuntar que cuantas más señales se utilicen para la transmisión será más complicado discriminarlas, y aumentará la tasa de errores.

4.3.- Eficiencia de la transmisión

Como se ha dicho, la transmisión digital es ventajosa, respecto a la analógica, en cuanto a la calidad de la señal, y por tanto en cuanto a fiabilidad en la transmisión, y a fidelidad al recuperar la señal recibida; además puede ser ventajosa en eficiencia, mediante la elección apropiada del tipo de modulación, y de los parámetros de cada tipo; los tipos de modulación digital básicos, son los análogos a los tipos de modulación analógica; y se pueden señalar:

- Modulación digital por **cambio de frecuencia**, (*Frequency shift keying, FSK*); cambiando la frecuencia de la señal analógica portadora para cada símbolo transmitido, durante su intervalo de transmisión.

- Modulación digital por **cambio de fase**, (*Phase shift keying, PSK*); cambiando la fase absoluta de la señal analógica portadora para cada símbolo transmitido, durante su intervalo de transmisión.
- Modulación digital por **cambio de amplitud**, (*Frecuency shift keying, ASK*); cambiando la amplitud de la señal analógica portadora para cada símbolo transmitido, durante su intervalo de transmisión; existe una modulación combinada APK (*Ampiltude-Phase Keying*).

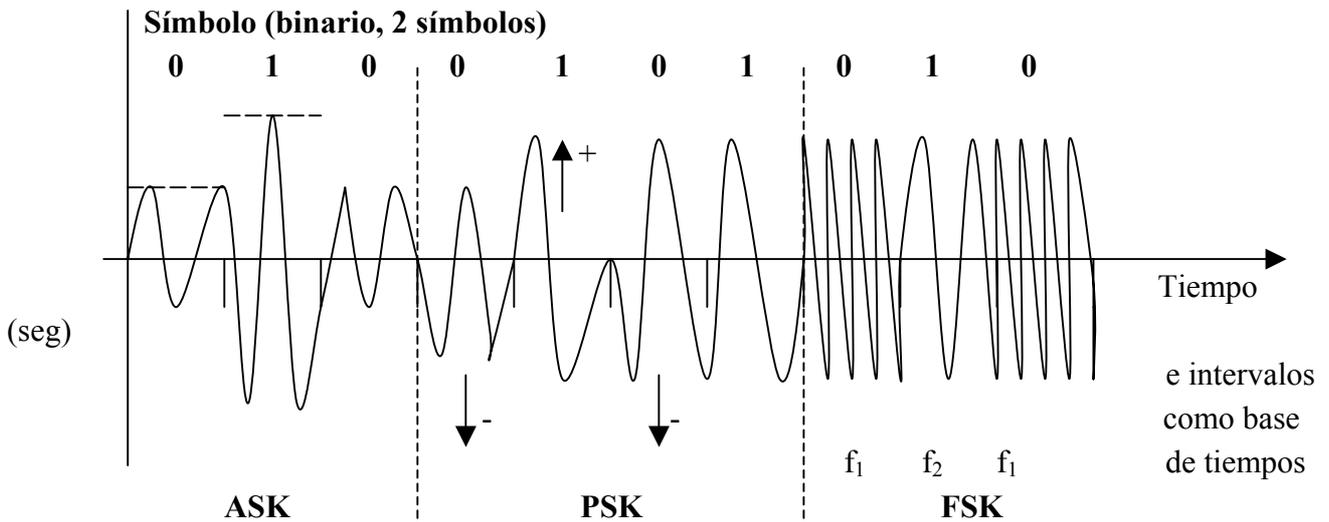


Fig. 1.4 Modulaciones digitales básicas

Y se mencionan aquí dos tipos de modulación digital muy conocidos y ampliamente empleados:

- ✓ Modulación de pulsos codificados, **MIC** ó **PCM** (*Pulse coded modulation, PCM*), que es modulación de amplitud de códigos binarios, procedentes del muestreo de señales, está asociada a transmisión de digital de señales de audio, y empleada ellos sistemas de telefonía digital.
- ✓ Modulación gaussiana digital ó **GMSK**, que es complicada, y emplea elementos de las anteriores, pero que se cita como notable por ser la base de la modulación del sistema de telefonía móvil GSM.

4.3.1.- Velocidades

La transmisión digital se caracteriza por un parámetro, que es la velocidad binaria, expresada en baudios (símbolos por segundo), ó en la medida homogénea de **bits / Kbits / Mbits por segundo**, que se denomina **ritmo binario** ó **régimen binario**.

El flujo binario recibido viene dado en estos términos, y es la medida de la eficiencia de la transmisión; ha de ser suficiente para la correcta interpretación del tipo de información transmitida; el

tipo de la modulación ha de garantizar este régimen binario en la misma base de tiempos en que funciona el elemento receptor.

4.3.2.- Información en tiempo real

El sistema de transmisión puede utilizarse para emitir y recibir información de forma interactiva, de forma que la información ha de llegar en el instante absoluto de tiempo, en que sea precisa, y haga posible enviar una respuesta (ocasionalmente siendo procesada previamente) para poder intervenir en el punto de emisión en el momento adecuado; el sistema que trabaja de esta forma se dice que funciona en tiempo real, tanto en proceso como en transmisión de información.

La transmisión digital funciona de forma primaria con una base de tiempos común, y se dice que presenta una **sincronización**, lo que la hace compatible con el funcionamiento interno de los elementos de emisión, recepción, y de los computadores; puede adaptarse, sin embargo, para trabajar en tiempo real, manteniendo una alta eficiencia de transmisión y procesamiento, y emulando un comportamiento no sincronizado gestionando, y colocando los eventos del tiempo real adecuadamente como tareas en su base de tiempos.

4.3.3.- Multiplexación

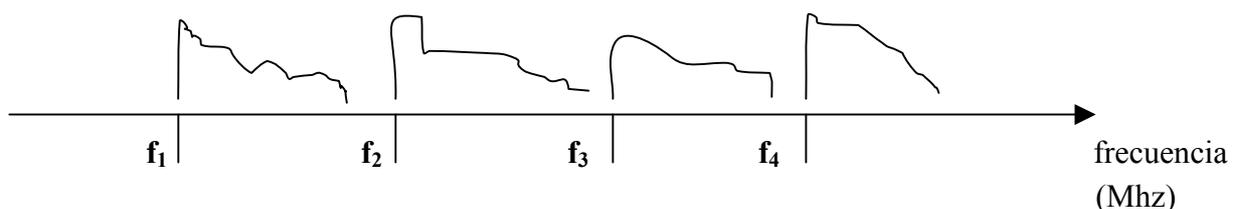
Los tipos de modulación digital (al igual que los analógicos), permiten una utilización eficiente de los recursos del medio físico mediante el uso de la **multiplexación**, que lleva implícito la combinación de distintas comunicaciones digitales en el medio que se comparte, y la discriminación de estas comunicaciones en el punto de recepción.

Este método consiste en establecer distintos canales de transmisión en el mismo medio de transmisión, que se discriminan mediante algún criterio, para establecer distintas comunicaciones en el mismo camino, sin que interfieran entre sí, los sistemas de multiplexación más conocidos son:

Multiplexación en Frecuencia, FDM (*Frequency division multiplex*) usando señales portadoras de símbolos con frecuencias distintas, para distintas comunicaciones; cada canal va asociado a una frecuencia distinta.

Multiplexación en el Tiempo, TDM (*Time division multiplex*) usando distintos intervalos de tiempo para distintos canales de comunicación; cada canal va asociado a un intervalo de la base de tiempos que usa la sincronización.

Multiplexación en frecuencia (FDM) de 4 canales



Multiplexación en el tiempo (TDM) de 4 canales

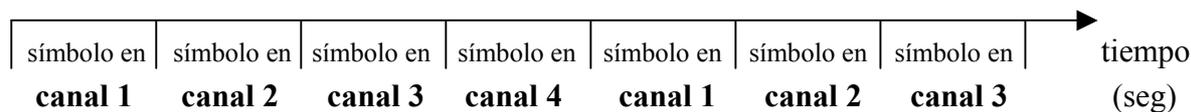


Fig. 1.5 Multiplexación

5.- CONSERVACIÓN DE LA INFORMACIÓN

5.1.- Almacenamiento

En algún momento de su manipulación, ó como registro permanente, la información necesita ser almacenada, y la forma de representación digital permite los procedimientos más sistemáticos de almacenamiento, apoyándose en la gestión realizada por los computadores digitales.

5.1.1.- Medios de almacenamiento digital

El medio de almacenamiento de información digital está constituido por los elementos conocidos como **memorias digitales**, que están presentes en los computadores, y en los dispositivos emisores y receptores, y son bloques donde se guardan los datos en forma de símbolos binarios.

Los contenidos definitivos ó permanentes de información digital se almacenan en medios que conservan indefinidamente inalterable la información, una vez que se ha introducido en ellos; son los elementos que se han llamado en este TEMA **registros de información**, y que se han especificado como registros de audio, de texto, de imágenes, de video...,etc.

5.1.2.- Concentración y distribución

El uso de la información determina su localización más adecuada; en ocasiones es muy útil poder concentrarla en grandes estructuras de memorias y registros para poder ser consultada y comparada en un mismo lugar, en el sitio en que se produce, ó bien en un centro de información donde pueda ser utilizada y procesada.

En otras ocasiones, es más eficaz mantener la información distribuida en los puntos donde se utiliza, con lo que se elimina la posible redundancia, y las comparaciones sin utilidad.

5.1.3.- Información permanente

Es la destinada a ser mantenida en el tiempo, y los sistemas que se ocupan de ello son básicamente los registros inalterables, y memorias acumulativas, así como dispositivos para la presentación de esta información; y son **receptores finales** de información.

5.1.4.- Información renovable

Es la destinada a actualizarse continuamente renovando sus contenidos si varían los datos reales que reflejan, los sistemas que tratan esta información son sistemas de adquisición de datos, y sistemas de procesamiento de datos, y pueden trabajar en tiempo real.

Ambas funciones están basadas en la manipulación digital realizada mediante ordenadores, y en las técnicas de comunicación digital que se han expuesto; y por supuesto, un sistema informático, como conjunto de recursos organizados funcionalmente, puede englobar el tratamiento de ambos tipos de información, si en sus finalidades están incluidas estas funciones.

5.2.- Mantenimiento de la información, bases de datos

Las **bases de datos** son un uso de las funciones de manipulación y transformación de la información conceptuadas más arriba; son sistemas con gran capacidad de almacenamiento, que mantienen de forma centralizada enormes cantidades de información.

El sentido de mantenimiento aquí empleado se entiende por adecuación total de los datos a los conocimientos que contienen, así como la actualización de los datos que puedan ser cambiantes, con objeto de prestar la información más fiable posible.

La característica fundamental, y principal función de estas bases de datos es su propia **organización**, que le permite inmediatamente:

- Presentar con gran rapidez todos sus datos para la consulta, lo que implica la localización exacta de ellos, con un criterio fijo que facilita su búsqueda, así como la referencia de otros datos relacionados.
- Reorganizar sus datos, colocando debidamente los datos nuevos adquiridos, y recolocando los datos actualizados, aplicando un cierto criterio de relación entre ellos.
- Mantener su propio funcionamiento y organización, y mantener en el mismo sentido, el propio criterio de organización.

6.- DISTRIBUCIÓN DE LA INFORMACIÓN

6.1.- Interconexión de puntos de almacenamiento

La eficiencia y fiabilidad de los medios de transmisión digital permiten la interconexión de los puntos donde se almacena la información entre sí, y entre estos centros y los puntos donde se produce la información, y los puntos desde donde se solicita; esta interconexión supone por tanto:

- Posibilidad de comunicación de información en ambos sentidos entre centros de mantenimiento de ésta, y de actualización de datos entre estos.
- Posibilidad de comunicación de información en ambos sentidos entre puntos de producción de información y centros, y entre centros y puntos de utilización de la información, y por tanto, de compartición de la información que se genera, ó que es utilizada entre puntos cualesquiera conectados a los centros.
- Integración de los sistemas de comunicación con los sistemas de almacenamiento, formando una red de recursos compartida por todos los puntos conectados; conceptualmente, el conjunto es un sistema.

6.2.- Difusión de la información

Otro tipo de comunicación de la información de manera general es la difusión de esta información hacia todos los puntos que tengan un medio de recibirla, es decir, tengan posibilidad de conexión con el punto que emite información.

Es una comunicación indiscriminada, y en un solo sentido, y es utilizada para informar de forma masiva a un gran número de puntos geográficos, e incluso de individuos; generalmente es controlada por una organización con un fin particular, ó por una institución pública con fines de interés general. Las organizaciones que establecen este tipo de distribución de la información, si difunden sus contenidos con destino a todos los individuos interesados en recibirla son conocidas como **medios de comunicación de masas** ó *mass media*, y su desarrollo está absolutamente basado en las posibilidades de las formas de representación y comunicación digital presentadas a lo largo de este TEMA.

6.3.- Acceso a bases de datos de referencia

También son organizaciones públicas ó privadas las que establecen las bases de datos, con una finalidad particular ó general, pero en este caso el acceso a su contenido sí esta controlado por la organización, que establece unos procedimientos, restricciones, y **condiciones de acceso a la base**, basadas en las mismas tecnologías en que están construidos centros y conexiones.

Se llaman de referencia puesto que su **consulta** está permitida de forma general, con las condiciones y restricciones que se han expresado, pero no así su modificación, pues difícilmente sería mantenible una base de datos que se pudiera modificar de forma discrecional por cualquiera que accediera a ella, modificando la información que está siendo consultada por otros usuarios.

7.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Como se ha adelantado más arriba, la integración funcional, tecnológica y formal de los medios de procesamiento, de almacenamiento, y de comunicación de información, permiten considerar como **sistemas globales**:

- Sus recursos están **organizados**, y responden a la finalidad común cuyo objeto es la actividad informativa.
- Sus **funciones** son la gestión de tareas informativas comunes de todos los usuarios.
- Su interconexión, formando una **red de recursos**, permite un acceso organizado, y permite interfaces con otros sistemas.

7.1.- Centros (departamentos) de datos y de cálculo

Dentro de una organización de finalidad general, se suelen llamar **departamentos informáticos**, sus elementos (máquinas, cableados, ordenadores...) están distribuidos por la sede de la organización y son aquellos departamentos que se dedican a las operaciones de administración, de gestión, y de desarrollo del sistema informático y de telecomunicaciones corporativo (que son aquellos que son pertenecientes a la empresa que lo usa, aunque no sea la informática su actividad principal).

Este sistema informático da soporte a las herramientas (las aplicaciones) que realizan ó facilitan las tareas en otros departamentos de la empresa; difícilmente se encuentra un departamento de la organización (logística, comercial, marketing, contabilidad, recursos humanos...) que no utilice estos medios, por lo que funcionalmente es transversal a los demás departamentos.

En ocasiones estos departamentos se identifican como **departamentos TI** (Tecnologías informáticas).

Los recursos están estructurados, en un esquema general, como una **red de área local (LAN)**, con elementos accesibles mediante conexión, y un protocolo de permisos:

- **Servidores**, grandes ordenadores que contienen las aplicaciones principales.
- Ordenadores personales (tipo PC, tipo Mac, estaciones UNIX), como terminales de la red.
- Una **red de conexión** mediante cableado extenso, con repartidores, encaminadores (routers)...
- **Recursos** diversos de presentación y de comunicación (impresoras, faxes, scaneres...etc).
- Un **interfaz** con las redes de telecomunicación exteriores, como por ejemplo **conexiones externas** desde el elemento router de la red.
- Una **plataforma** de gestión (administración), en la que se ejecutan las aplicaciones, por ejemplo tipo NT, tipo UNIX...etc.

En aquellas organizaciones que si tienen por objeto en parte la informática, como empresas técnicas, entidades nacionales ó multinacionales, Universidades y centros de estudios...etc, los departamentos

TI adquieren una gran relevancia, constituyendo **centros de datos y cálculo**, que pueden ocupar un espacio específico (una planta) del edificio corporativo, e incluso una sede propia.

En estos casos, además de dar soporte a otros departamentos, adquiere gran complejidad, y realiza funciones propias de desarrollo, incluso de Investigación y Desarrollo (I+D), que elabora productos y herramientas informáticas para la organización y para sus clientes.

7.2.- Redes de bases de datos

Están basadas en redes de telecomunicación más extensas que las de área local, como las de área extendida, ó de ámbito nacional ó global, y permiten accesos generales y universales a bases de datos, públicas ó privadas, simplemente mediante el acceso a la red de telecomunicación.

Es una extensión de las redes privadas, las bases de datos pueden tener único dueño ó varios dueños, aunque no sean éstos, a su vez, dueños de ó responsables de la red.

Otras veces, grandes organizaciones como Institutos Oficiales, ó empresas multinacionales establecen redes de bases de datos que son propietarias, conectadas mediante redes y recursos de comunicación de otras empresas, los empleados que estén autorizados de estas organizaciones pueden modificar y actualizar las bases de datos a través de un acceso autorizado a la red, y también a la base.

7.3.- La Internet

Llamada en ocasiones la red de redes, es el paradigma de la comunicación global, y del intercambio universal de información entre usuarios; se apoya en los siguientes principios:

- Los recursos de la internet están esparcidos por todo el planeta.
- La internet está formada por máquinas individuales, llamadas **hosts** y **routers**, y la infraestructura de comunicación que las conecta.
- Un protocolo basado en direcciones globales (**direcciones IP**), localiza los recursos; no existen dos máquinas que pertenezcan a la red con la misma dirección IP absoluta; las máquinas del interior de las LAN tienen un número que las identifica dentro de la **subred**, que viene dada por su identificación de acceso (número de la tarjeta de red local) al medio común que se comparte en las LAN.
- En la red de interconexión, los routers encaminan los mensajes, los hosts reciben y envían peticiones.
- Los hosts y routers se localizan por su dirección IP; los hosts que pertenecen a una red tienen una dirección absoluta añadiendo una dirección de host a la dirección del router.
- Los routers son la **interfaz** con las redes que se interconectan a través de la internet.
- Los ordenadores personales que no son hosts, se han de conectar a un servidor que actúe de router en la internet; mediante éste se localiza un servidor especial de una organización que proporciona conectividad a internet; la organización se conoce como **ISP** (*Internet Service Provider*).
- Una aplicación distribuida entre la red se encarga de gestionar los mensajes:

- Una **parte cliente** de la aplicación se ejecuta en los hosts y realiza peticiones de conexión y requerimientos de información cuando está conectado.
- Una **parte servidor** de la aplicación se ejecuta en los routers, y en los servidores conectados tras el router y responde a los requerimientos de los clientes conectados.
- La internet no está controlada por autoridad alguna; los servidores se localizan por un nombre, y un dominio, relacionado con un país, ó un tipo de servicios; el procedimiento de asignación se llama **DNS** (*Domain Name Server*); un servidor llamado **URL** (*Universal Resources Locutor*) resuelve la dirección IP del recurso buscado a partir del nombre DNS.

Hoy en día no se podría imaginar ninguna organización con visión global, y de mercado, que no haga uso de Internet; los contenidos de la red no están controlados, lo que conlleva ciertos peligros de información promiscua, e incluso falsa, y casi siempre con una determinada finalidad.

Pero en todo esto, comparte estas mismas características con la comunicación humana por otros medios; lo que posibilita la Internet es la comunicación **universal entre individuos**, en todas las variedades posibles (conversaciones, discusiones, difusión y propaganda, compartición de conocimientos, consulta universal y requerimientos generales de información, dejando al entendimiento humano, como siempre, la tarea de discernir y discriminar toda la información compartida disponible.

BIBLIOGRAFÍA.

Centre d'étude et de promotion de la lecture, plusieurs auteurs, « *Los mass media* »

Ed. Enciclopedia Ciencias de la Comunicación, Asuri editores 1982

García Guerra, Antonio, “*Sistemas digitales, ingeniería de los microprocesadores*”

Ed. Servicio Publicaciones E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación 1987

Levine, Guillermo, “*Computación y programación moderna*”

Ed. Pearson Education Mexico 2001

Proakis, John G., “*Digital communications*” 2nd edition

Ed. McGraw Hill 1989

Sklar, Bernard, “*Digital communications*”

Ed. Prentice_Hall International editions 1988

Tanenbaum, Andrew S., “*Computer Networks*” 3rd edition

Ed. Prentice Hall 1996

ESQUEMA-RESUMEN:

Denominamos información a todo **conocimiento** comprensible y aprehensible por el ser humano, conocimiento que es susceptible de ser expresado en un lenguaje apropiado (**expresión formal**), y de ser transferido a otros seres humanos (**comunicación formal**), para ser compartido y utilizado; esta es la base de la sociedad de la información, que ha permitido de una forma sistemática (cada nuevo descubrimiento se aprovecha e impulsa el progreso hacia el siguiente), el mayor desarrollo social y tecnológico en la historia de la humanidad.

Los dos conceptos claves sobre el uso y aprovechamiento de la información son, por tanto, ser **expresada** de la manera más adecuada, para que pueda ser **mantenida** y aumentada sistemáticamente, y poder ser **comunicada** de forma eficaz y eficiente a cualquier lugar donde se necesita, y en el momento en que se precisa; para conseguir estos dos objetivos, se han inventado y desarrollado sucesivamente nuevas herramientas técnicas, basadas en nuevos descubrimientos científicos, que se plasman en nuevos usos tecnológicos; de forma esencial han mejorado y perfeccionado aquellas máquinas que se utilizaban para cálculos y operaciones, para convertirlas en sistemas genéricos (computadores digitales) de **tratamiento y manipulación** de la información.

La forma de expresión requerida está basada en un **tratamiento digital** de la información, como un conjunto de símbolos discretos, y no como un continuo de valores, denominándose **analógica** a este tipo de información continuo, que es como aparece la información en la naturaleza; la información digital se expresa mediante el código más compacto que existe, que es el de números en base 2 (**código binario**), que utiliza dos símbolos distinguibles (0s y 1s), para cualquier tipo de dato; sobre este tipo de información se desarrolla la forma de operación de los modernos ordenadores.

El otro gran concepto es el relacionado con la comunicación de la información, lo que implica su **transmisión fiable** entre puntos geográficos, y su **presentación adecuada** en el lugar donde se precisa, y donde puede utilizarse en cada momento; también esta actividad se ha visto soportada por el enorme desarrollo paralelo de los nuevos y más perfeccionados **sistemas de telecomunicación**, basados en estos mismos avances tecnológicos y en la **transmisión** de información de tipo digital, **cuantificada** en valores discretos, y **codificada** en el mismo código numérico binario.

El grado de integración de ambas actividades es total en el momento actual, y se configuran como procedimientos complementarios; formando una disciplina específica de tratamiento de la información, conocida como **telemática**, que es híbrido de ambas denominaciones (telecomunicación e informática); esta **integración total formal, funcional, y tecnológica** está precisamente basada en el tratamiento de la información de tipo digital, con codificación binaria, y por lo tanto es requerido el paso de todo tipo de información a este tipo de forma digital; cualquier tipo de información es susceptible de ser convertida en digital, para su tratamiento y transmisión, ser recuperada posteriormente con sus características originales.

La medida de la información es, en principio, subjetiva al ser humano, lo que sí es posible es clasificar su naturaleza en tipos diversos, y realizar un estudio relativo de las características de estos

tipos, y de los criterios usados para su apreciación; cuando esta información se expresa y manipula en forma digital, es posible medir con criterios menos relativos, las cantidades de **recursos** que ocupan en su **expresión** formal (como valores, textos, códigos, datos ...), ó los recursos que precisan para ser **comunicadas** (transformadas, transmitidas y recibidas); otros criterios no totalmente subjetivos son:

- El **tiempo** empleado para obtenerla y usarla.
- La mayor ó menor **precisión** y detalles de sus contenidos.
- Su mayor ó menor **previsibilidad**.

Los tipos de información usados pueden ser agrupados en cuatro básicos:

- **Magnitudes**, que son valores concretos de una característica de la naturaleza que son conocidos por el hombre, son **valores numéricos** (cuantitativos) expresados en una determinada unidad de medida.
- **Textos**, que son agrupaciones de símbolos especiales (**palabras y numerales**), que son directamente interpretables en el modo humano de expresarse por escrito; cada símbolo es distinguible y legible por separado, y se compone de símbolos elementales formantes de la comunicación verbal llamados **caracteres** (letras y números, también denominados **caracteres alfanuméricos**); se llama **alfabeto** al conjunto básico de símbolos diferentes que componen todas las palabras formantes del texto.
- **Imágenes**, que es el tipo de información que emula a la capacidad humana de la **visión**; son percibidas directamente como representación del mundo real y su valor de información será mayor cuanto más lo sea su tamaño, y la precisión con que la imagen representa el objeto real; esto se expresa con los conceptos de **fiabilidad** ó similitud entre la imagen y el objeto representado, y de **resolución** ó precisión empleada para la representación.
- **Señales**, que son el tipo de información ligada a la variación de características físicas, que se va percibiendo de forma continuada con el paso del tiempo, como puede ser un flujo continuado de valores, ó como una sucesión más ó menos continua de sonidos y/ó imágenes; valores como frecuencia de llegada de las señales, calidad de las mismas, precisión de las mismas son criterios para considerar el valor informativo de las señales; otro criterio es la **previsibilidad** de su llegada, ó de su contenido.

Los conceptos principales utilizados para obtener una medida de la información surgen en la **actividad de comunicación** (transmisión y especialmente recepción) de tipos de información procedentes del lugar ó del momento concreto donde ha surgido su contenido relevante; se suele denominar **mensaje** al fragmento de información que se va transfiriendo; el primer criterio de medida es el **choque de contenidos**; es mucho más relevante (y útil) recibir una información que contraste vivamente con lo que sabíamos, ó que sea novedosa, con contenidos de los que no teníamos conocimientos previos; también se puede expresar como una medida de la **originalidad** del mensaje.

Otro criterio objetivo de medida es la **precisión** real del contenido comunicado, se aprecia mayor cantidad de información en un mensaje cuyo contenido añade detalles, ó describe extensamente el evento que se ha comunicado para diferenciarlo de otros mensajes concurrentes del mismo tipo; y asimismo, esta precisión también contribuye a fijar y almacenar más fácilmente la información recibida, y facilita su contraste con informaciones inmediatamente anteriores, y con las preexistentes.

Al elemento de información en comunicación se le ha llamado **mensaje**; el elemento de información para almacenamiento, para mantenimiento, se puede llamar, en general **dato**; en este sentido hablamos de almacenamiento y ordenamiento de datos, conservación y organización de los datos, el criterio de medida para la información contenida en estos datos tiene además un componente objetivo de tamaño, que es el **espacio necesario** para su almacenamiento.

Encontrar una unidad de medida para el contenido informativo unifica las variedades de datos, y hace sistemática su manipulación; esta medida debe ser coherente con una forma de representación de la información que resulte homogénea para su presentación, y que resulte compacta y manejable para su transmisión fiable; esta **homogeneización** de la información se consigue convirtiendo todo tipo de información al modo de **representación digital binaria**.

Coherentemente con este tipo de representación, la medida objetiva de la información se expresa en una escala de valores en base 2 (base binaria); esto es el resultado de toda una teoría de **modelo de la comunicación** que obtuvo una medida logarítmica de la información que puede transmitir una **fente de información**, que es donde se generan los contenidos de información; esta fuente genera mensajes, cuyo valor de información es tanto mayor cuanto menos probable sea su aparición, según la teoría estadística, para un mensaje m_i , se le atribuye un valor de información dado por:

$I_i = \log 1 / P(m_i) = -\log P(m_i)$, (mensajes independientes), donde $P(m_i)$ es la probabilidad de m_i

Si se supone que una fuente emite en el código más básico y elemental, el binario, se elige para enviar el mensaje entre un repertorio de mensajes de sólo dos posibles símbolos distinguibles (“0” ó “1”), y que son **equiprobables**, pues lo contrario sería presuponer uno de ellos en una información que no conocemos todavía, luego: $P(m_i) = P(“1”) = P(“0”) = 1/2$ con $\text{Información}(m_i) = -\log_2 P(m_i)$

Y, por lo tanto: $P(\text{mensaje binario}) = -\log_2 (1/2) = \log_2 2 = 1 \text{ bit}$, que se considera como la unidad elemental de información.

El término **digital** referido a un mensaje alude a su característica de poseer un **contenido discreto** concreto, elegible entre un **repertorio** finito de posibles mensajes, y la forma de seleccionarlo se puede medir mediante una cantidad de información de n bits, en el otro lado de la comunicación, el mensaje podrá ser determinado mediante la utilización de los n bits de información que lleva incluidos implícitamente; el alfabeto de símbolos se reduce a dos, por lo cual se habla de **alfabeto binario**, que admite, por supuesto otros alfabetos o repertorios expresados en base 2, por agrupamiento de M bits; de esta manera, se identifican **N mensajes posibles**, determinables mediante **$\log_2 N$ bits**, que es su medida de información; que son expresables también mediante otro **alfabeto de palabras de M bits**, alfabeto que constaría de **$\log_2 (N / M) = \log_2 N - \log_2 M$ palabras**; esta forma de medida logarítmica de la información, por lo tanto, es totalmente compatible y coherente con la representación y comunicación binaria de la información, de donde se toma el acrónimo BIT, como apócope de *Binary digIT*, es decir **digito binario**, expresión que resume esta integración.

Los símbolos binarios básicos son dos, representados como dos valores distinguibles, el “0”, y el “1”, que también se corresponden con los valores de la lógica elemental, con la convención:

“1” \equiv Si lógico \equiv Verdadero (*true*); “0” \equiv No lógico \equiv Falso (*false*);

Y son posibles con ellos cualquier tipo comparación y de operación definida para los valores lógicos (AND, OR, NOT...), dentro de una estructura de valoraciones y operaciones conocida como **álgebra de Boole** utilizada para la expresión formal de la **matemática discreta**, que es la base de la **lógica computacional** utilizada para diseñar el funcionamiento de cualquier ordenador.

En su interpretación numérica, cualquier operación aritmética que se realiza entre números representados por guarismos (cifras, 1,2,3,4...,9) arábigos, se puede también realizar mediante la representación binaria de esos números, que se organiza en una estructura coherente que se desarrolla en una **aritmética binaria**.

Por último, la representación física de los valores de estos dos símbolos es fácilmente realizable en cualquier sistema de computación ó transmisión, asociadas a dos **niveles eléctricos** (ó neumáticos, u ópticos...) definibles en la salida del dispositivo, ó asociadas a **dos posibles estados lógicos**, que de alguna forma se automantienen en el elemento físico.

Asimismo, existe toda una teoría de la comunicación, y de la transmisión de los datos expresados como agrupaciones ó sucesiones de símbolos binarios, quedando además patente que se pueden diseñar sistemas para transmitir la **información** expresada en esta forma **binaria**, igual de eficaces, más eficientes en recursos, y más inmunes a los problemas de transmisión, que la información equivalente, expresada en forma de valores continuos, también llamada **información analógica**.

El **ritmo de transmisión** de la información binaria tiene una medida objetiva, como el número de unidades de información transmitidas por segundo, que es equivalente a la cantidad de símbolos binarios transmitidos por segundo: la unidad genérica es el **baudio**: **1 baudio \equiv 1 símbolo / 1 segundo**

En la práctica, asumiendo que la información que nos llega es totalmente imprevisible, lo cual nos sitúa en el escenario más general posible, y suponemos los dos símbolos binarios igualmente probables, podemos expresar el ritmo binario en **bits / segundo**, ó en unidades internacionales estándar convertibles, como **Kbits / segundo**, ó **Mbits / segundo**; estas unidades se recuerda que son totalmente compatibles con las velocidades de operación de una máquina procesadora de información.

El término de **flujo binario** se refiere a las distintas velocidades (distintos ritmos de transmisión, y por tanto de recepción) que puede adquirir la información que se nos comunica a través de un sistema de telecomunicación, o procedente de los resultados del procesamiento de un ordenador.

La base de la homogeneización de los contenidos cualesquiera de información es su expresión como información binaria digital, es decir, mediante un **código** suficientemente extenso, asociando

cualquier tipo de dato de información a una agrupación (ó sucesión formateada), de dígitos binarios; en el caso de representación de números, el código binario consiste en un grupo ordenado (palabra binaria) de símbolos binarios (0s y 1s) evaluados en base 2 según su posición; el valor numérico de una palabra de N bits (expresada como: $\{A_{n-1}, A_{n-2}, \dots, A_3, A_2, A_1, A_0\}$) será:

$$X = A_0 \times 2^0 + A_1 \times 2^1 + A_2 \times 2^2 + A_3 \times 2^3 \dots \dots + A_{n-1} \times 2^{n-1}$$
 con lo cual, con un código de N bits pueden representarse todos los valores desde 1 a $2^N - 1$, aumentando el tamaño de la palabra código se puede llegar a representar un valor numérico tan grande como queramos; el código digital numérico explicado hasta ahora, se llama **binario natural** basado en dos símbolos que se combinan y agrupan para representar cualquier valor; se recuerda que este código es un grupo ordenado, donde la **posición** de cada símbolo (de cada bit), determina su valor (se dice a veces su **peso**) que se suma relativo **en base 2**; el bit descrito como A_0 se denomina bit menos significativo (*Least signifiant bit LSB*), y su aportación a la suma puede ser 0 ó 1, y el bit A_N se conoce como bit más significativo (*Most signifiant bit MSB*), y su valor de suma puede ser 2^{n-1} ó 0.

El **código octal** es un código numérico que expresa las cantidades en base 8 ,por lo tanto, se compone de un repertorio de $2^3 = 8$ símbolos: $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$, con una palabra de m símbolos en **código octal** se puede representar una cantidad absoluta de $2^m \times 2^3 = 2^{m+3} - 1$ valores diferentes.

El código **hexadecimal**, también numérico que expresa las cantidades en base 16, por lo tanto, se compone de un repertorio de $2^4 = 16$ símbolos: $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F\}$, con una palabra compuesta por h símbolos en código hexadecimal se puede representar una cantidad absoluta de $2^h \times 2^4 = 2^{h+4} - 1$ valores diferentes.

Los símbolos **alfanuméricos** y los **caracteres**, son códigos sin interpretación numérica, formados por grupos de 7 u 8 bits, que representan **letras del lenguaje**, y **cifras de números** (a esto alude el término alfanumérico) en representación binaria, para ser manejados internamente por el computador, ó ser transmitidos de forma digital; pueden diferenciar letras mayúsculas y minúsculas mediante codificaciones diferentes; el término **caracter** alude a estos símbolos del lenguaje, ampliados con los signos de **puntuación**, los caracteres de **control**, y aquellos para establecer **marcas** en el texto; se representan igualmente con un grupo de bits. Los códigos más utilizados son el código **ASCII**. (*American Standard Code for Information Interchange*), que utiliza un grupo de 7 bits para codificar 127 caracteres y símbolos de control; y el código **EBCDIC** (*Extended Binary Coded Decimal Interchange Code*), que utiliza un grupo de 8 bits para codificar 255 caracteres y símbolos de control.

Para adaptar y transformar cualquier información a la forma digital, se han de llevar a cabo dos tareas fundamentales:

- La **cuantificación**, para convertir la información analógica (de naturaleza continua), asumiendo que va a tomar, con toda la aproximación que sea posible, sólo un conjunto de valores posibles en el mismo rango; esto se consigue asumiendo un valor fijo para todos los valores analógicos comprendidos dentro de un determinado intervalo, y este valor suele ser el valor central del intervalo considerado.

- La **codificación**: una vez reducido el rango continuo a un conjunto de valores discretos, el siguiente proceso es codificar numéricamente estos valores, obteniendo el conjunto de los valores numéricos digitales, en el código binario adecuado.

Los valores binarios obtenidos contienen toda la información que contenía su forma analógica, de manera que se puede volver a recuperar ésta, si se han observado las debidas precauciones en los procesos anteriormente explicados; el caso más general aparece con las **señales**, tipo de información que presenta valores variables con el tiempo en un rango continuo; su **conversión analógica-digital** da como resultado un flujo binario de una determinada velocidad; en el dispositivo de presentación, ó al final de la línea de transmisión, se procede a realizar el proceso contrario, una transformación digital-analógica, que vuelve a recuperar la señal en su totalidad; para que toda la información contenida en la señal analógica esté contenida en su forma digital, se deben respetar las condiciones:

- El **error de cuantificación** ha de estar determinado, y los procesos opuestos en los dos lados de la manipulación (ó transmisión), han de ser simétricos, y análogos en sus parámetros (tamaño ó tamaños de intervalo, rangos equivalentes de valores...).
- La codificación utiliza el mismo **código**, y con los mismos parámetros que la descodificación en el otro extremo, y se dispone del tiempo necesario para esta operación, esto implica que la velocidad de transmisión es capaz de presentar los valores digitales en un ritmo suficiente.
- Para que la señal variable con el tiempo conserve toda la información en su transformación digital, es preciso que los valores que se han de cuantificar sean leídos en momentos precisos con la suficiente frecuencia; se llama **muestreo** al proceso de lectura cada cierto tiempo de valores de la señal variable en el tiempo, para que sean cuantificadas; esta frecuencia se llama frecuencia de muestreo; esta frecuencia de muestreo ha de ser al menos el **doblo de la mayor frecuencia** con que varía en el tiempo la señal analógica (este resultado se conoce como **teorema de Nyquist**).

La ventaja de manipular y comunicar la información de todo tipo en forma digital, se basa en las características que presentan los valores y las señales digitales para su tratamiento y su transmisión: Los valores, imágenes, sonidos, y señales en forma digital hacen posible la comparación de dos informaciones semejantes (digitales), de forma plena y completa, pues se trata de combinar comparaciones **numéricas** entre datos, en lugar de comparaciones de valores ó comportamientos continuos (analógicos), a veces inabordables por otro procedimiento; esta propiedad permite además hallar diferencias entre informaciones sucesivas, y realizar en el ámbito digital operaciones de **filtrado**, **ecualización** y **reparación** de sonidos, de imágenes ó de señales de cualquier naturaleza.

Una señal **almacenada** en forma digital puede mantenerse indefinidamente, y cuando se recupera vuelve a producir la señal analógica con toda fiabilidad, si se ha obtenido en su origen con las precauciones citadas más arriba; por tanto, constituye una forma de registro prácticamente inalterable.

Por otra parte, la señal digital en transmisión hace posible que los repetidores no sólo mantengan la calidad de la información, sino que lleven a cabo una **regeneración digital**: detectando la secuencia, y volviéndola a reponer a su salida con su valor de entrada, en el mismo nivel que al principio de la

línea de la transmisión; el error, como diferencia entre señal analógica a la entrada y a la salida del proceso, y producida por efecto del mismo, es controlable:

La información de tipo binario está directamente preparada para su **almacenamiento** en estructuras de memoria con **organización matricial**, y **estructura organizada**, como son las utilizadas en todos los recursos de memoria de los **ordenadores** digitales; en tales estructuras, se guardan los bits que conforman los códigos como enormes bloques de símbolos elementales (1s y 0s); la agrupación lógica e **interpretación** de un grupo de símbolos como el código de un determinado tipo de dato, lo determina el funcionamiento del procesador que controla la operativa; es decir, la interpretación de un código leído, como un dato de su tipo correspondiente de información depende de su ubicación (su **posición** en estas estructuras), y se ha determinado en el momento de ser escrito en dicha posición.

El almacenaje de los datos en la memoria es regido por una serie de **formatos**, adaptados al tipo de datos que se contienen, lo que significa el mantenimiento de una serie de **marcas** intercaladas con la información binaria, delimitando bloques en ella, así como las reglas que las reconocen e interpretan. Se puede hablar, por tanto de formatos de texto, de audio, de video..., que son considerados para tratar correctamente los tipos de bloques de información.

Existen informaciones que precisan gran cantidad de código, y por tanto de espacio de registro para ser almacenadas, como sucede por ejemplo con los formatos de video; los datos son de tamaños muy grandes, y se almacenan masivamente, en espacios que se denominan en un primer nivel genérico **ficheros** (ficheros binarios); además del formato de almacenamiento, que ha de intentarse que sea ligero (que emplee poca información), se ha de señalar explícitamente su tipo para ser reproducido por una aplicación ó aplicaciones específicas; el término **archivo** (archivo binario ó digital) se suele usar en un sentido más específico para expresar un bloque de información digital formateado, e identificado para ser usado por una determinada aplicación.

La representación digital de la información permite aprovechar las características de **redundancia** de los datos; si se considera que los datos masivos pueden ser la información referida a una muestra de una imagen, ó de un audio, ó de un video, se pueden hallar pequeñas diferencias predecibles entre valores de muestras sucesivas, ó de muestras adyacentes, y se puede codificar estas diferencias con menos información, y deshacerse de grupos de datos dentro del formato; esta manipulación se denomina **compresión** de los datos, y la información de compresión ha de ser suficiente para recuperar el formato digital tras ser recibida, mediante una operación opuesta de descompresión.

La información binaria básica formada por 0s y 1s ha de resolverse necesariamente en algún **tipo de dato**, pues carece de significado leer símbolos sin un criterio de agrupamiento y de utilización.

Las **magnitudes** son expresadas como números binarios, según su tipo:

- ✓ **Enteros**, cuantificados en binario natural, más codificación del signo.
- ✓ **Decimales**, codificando por separado los números a ambos lados de la coma, y su posición.

- ✓ **Reales**, codificando la expresión denominada coma flotante, con una base decimal, y un exponente entero, con la forma: **base.decimal E+/- exponente** ; los dos componentes y el signo se codifican para conformar el dato.

Los textos son la expresión del lenguaje humano escrito, y se representan codificando por separado cada uno de los símbolos que lo componen, que, como se ha adelantado, se denominan en general **caracteres**, que pueden ser letras del un alfabeto, cifras numerales, sin correspondencia con su valor numérico, signos de puntuación, y caracteres especiales, y caracteres de control, y alineación.

La codificación se realiza mediante los códigos **ASCII** y **EBCDIC**, especialmente el primero.

Los caracteres son ya una codificación de símbolo independiente del valor numérico en binario natural, u otro código básico, por lo que cualquier información digital binaria (en un fichero binario cualquiera) se puede agrupar en bloques, e interpretarse directamente como un conjunto de caracteres. Existen sistemas software que tratan todos los archivos que usan como si fueran ficheros conteniendo caracteres (se dice que se tratan como **ficheros de texto**)

Para crear las **imágenes** digitales se codifican como datos los límites de la imagen, **tamaño y marco**, la posición de cada elemento de imagen en las dos dimensiones, generalmente llamado **píxel**; en el esquema más general que se suele llamar **mapa de bits BMP**, y los valores que definen su **color**, como niveles relativos de un conjunto de colores elementales, y algunas otras informaciones de **brillo, contraste...**,etc; se pueden llamar **canales** cada uno de las características que toman valores para describir el punto de imagen.

Los archivos de **audio** se forman organizando las muestras codificadas de la señal analógica sonora; sus formatos son bastante genéricos y compatibles, para poder ser reproducidos fácilmente por la multitud de aplicaciones existentes para todos los sistemas software; existe la posibilidad de generar archivos de audio no procedentes de conversión de señales analógicas, sino creados mediante un **sintetizador** que genera secuencias de audio, combinando el uso de modelos de los parámetros básicos del sonido, siendo estos el **tono** ó frecuencia, el nivel de señal ó **volumen**, y el **timbre** característico.

Los **videos** se consideran imágenes en movimiento, lo que equivale a una sucesión de imágenes a un ritmo suficiente para crear la percepción de movimiento; para la información digital de video, este es exactamente el esquema usado, como las imágenes sucesivas codificadas; suelen combinarse en los archivos las informaciones de video y de sonido, lo que se consigue incluyendo la información sonora intercalada dentro del formato del video. Los formatos digitales de registros de video más conocidos son VCD, SVCD, AVI, DVD; la compresión de la información está implícita, y es característica de la combinación, y conversión entre los distintos formatos de video.

Se llama transmisión al acto de transportar la información entre puntos separados en el espacio, por medio de señales que se propagan a través de un medio **físico** (conductores, aire, agua, materiales adaptados...) que se encuentra en contacto con estos puntos; en los dos extremos de la transmisión se

encuentran los dispositivos que envían y reciben información, (ó que hacen alternativamente ambas cosas), y que se denominan **emisor** y **receptor**; estos dispositivos adaptan las señales al medio, discriminando y utilizando las características de este medio para establecer un camino identificable y distinguible denominado **canal de transmisión**; el canal se dice que conecta emisor y receptor para las señales utilizadas; los problemas asociados a la transmisión están relacionados con la naturaleza del medio físico de transporte, que no tiene una respuesta “digital”, sino que tiene propiedades físicas intensivas y extensivas (inercia, resistencia al cambio, elasticidad, interacción de desgaste con las señales que lo atraviesan...) cuyo efecto en conjunto es la degradación de la señal transmitida, que llega alterada al punto de recepción; los problemas asociados a la transmisión de señales, se pueden enunciar como:

- **Distorsión**, que consiste, de forma esencial en alteraciones de la forma de la señal, por características no lineales de respuesta del medio, y por afectar de forma diferenciada a valores de parámetros de la señal (a distintos valores de frecuencia, a distintos valores de fase, a distintas amplitudes...,etc.).
- **Atenuación ó pérdidas** de potencia (y por ende de nivel de señal) debido al desgaste.
- **Alteración de la temporización**, a causa de retardos, y tiempos de transmisión diferentes para distintas formas de señales.

Aunque transmitimos información de tipo digital, los medios de transmisión utilizados tienen una característica, y un comportamiento analógico, determinado por el transporte físico de las señales eléctricas que contienen la información en alguno de sus parámetros; por lo tanto, las señales que se transmiten por el medio son analógicas, aunque transportando secuencias de símbolos digitales.

Es necesario, por lo tanto, una nueva **adaptación al medio analógico** que se denomina **codificación de línea**, que consiste en generar, para cada símbolo binario, una señal que se adapte a las características del medio conservando el carácter digital, al ser transmitida alternativamente por la línea; esta adaptación analógica permite además evitar las principales causas de pérdida de calidad que afectan a las señales analógicas, especialmente la distorsión ó variación de forma de la señal; la **codificación – decodificación digital** está referida a la posibilidad de transformar la propia información digital para una adaptación, y posteriormente deshacer la codificación, que en el caso digital es exacta y simétrica; el conjunto de la manipulación digital, y el efecto se llama codificación-decodificación, y se llama **codec** al dispositivo empleado.

Puesto que la transmisión utiliza un medio común físico, la información contenida en las señales puede ser accesible por otros sistemas, para ser leída, ó para ser alterada, ambas situaciones son altamente peligrosas; las características de la información digital permite un proceso de codificación-decodificación completamente digital, llamado **cifrado**, que haga ininteligible la información ante cualquier acceso a ella de sistemas que no conozcan el tipo de codificación ó sus parámetros; el proceso inverso, en el punto de recepción, es perfectamente reversible.

La **modulación-demodulación** digital es la ampliación general del problema de adaptación de la información digital para la transmisión; dada la naturaleza digital (forma no continua y sobre base de tiempos conocida) de la información, el problema de recuperar correctamente la información, en el

punto de recepción, no consiste en intentar obtener una señal idéntica a la enviada, sino a la discriminación entre un conjunto finito de señales posibles que se han colocado en la emisión.

Una vez discriminada la señal entre las posibles del repertorio, es descodificada en el código binario (bit ó grupo de bits), que se han querido transmitir; este repertorio de señales admite los tipos de modulaciones posibles para las señales analógicas, con la información contenida en un parámetro, ó en la variación de ese parámetro respecto a la señal recibida previamente.

La motivación fundamental de las **modulaciones digitales** es la generación de señales, **portadoras** de información digital, que tengan propiedades ventajosas para ser discriminadas (demoduladas ó detectadas) correctamente en recepción, presentando mayor inmunidad ala degradación de la señal en el canal; para ampliar la selección básica de dos señales de línea para los dos símbolos binarios, se diseñan repertorios de N señales, y se elige un determinado tipo de modulación de estas señales digitales adaptadas analógicamente.

La transmisión digital es ventajosa, respecto a la analógica, en cuanto a la calidad de la señal, y por tanto en cuanto a fiabilidad en la transmisión, y a fidelidad al recuperar la señal recibida; además puede ser ventajosa en eficiencia, mediante la elección apropiada del tipo de modulación, y de los parámetros de cada tipo; los tipos de modulación digital básicos, son los análogos a los tipos de modulación analógica; y se pueden señalar:

- ✓ Modulación digital por **cambio de frecuencia**, (*Frequency shift keying, FSK*); cambiando la frecuencia de la señal analógica portadora para cada símbolo transmitido, durante su intervalo de transmisión.
- ✓ Modulación digital por **cambio de fase**, (*Phase shift keying, PSK*); cambiando la fase absoluta de la señal analógica portadora para cada símbolo transmitido, durante su intervalo de transmisión.
- ✓ Modulación digital por **cambio de amplitud**, (*Frequency shift keying, ASK*); cambiando la amplitud de la señal analógica portadora para cada símbolo transmitido, durante su intervalo de transmisión; existe una modulación combinada APK (Amplitude-Phase Keying).

La transmisión digital se caracteriza por un parámetro, la **velocidad binaria**, expresada en baudios (símbolos por segundo), ó en la medida homogénea de **bits / Kbits / Mbits por segundo**, que se denomina **ritmo binario** ó **régimen binario**; ha de ser suficiente para poder decodificar la señal.

El sistema de transmisión puede utilizarse para emitir y recibir información de forma interactiva, de forma que la información ha de llegar en el instante absoluto de tiempo, en que sea precisa, y haga posible enviar una respuesta (ocasionalmente siendo procesada previamente) para poder intervenir en el punto de emisión en el momento adecuado; el sistema que trabaja de esta forma se dice que funciona en **tiempo real**, tanto en proceso como en transmisión de información; la transmisión digital funciona de forma primaria con una base de tiempos común; se dice que presenta una **sincronización**, lo que la hace compatible con el funcionamiento interno de los elementos de emisión, recepción, y de los computadores; puede adaptarse, sin embargo, para trabajar en tiempo real, manteniendo una alta eficiencia de transmisión y procesamiento, y emulando un

comportamiento no sincronizado colocando los eventos del tiempo real adecuadamente como tareas en su base de tiempos.

Los tipos de modulación digital (al igual que los analógicos), permiten una utilización eficiente de los recursos del medio físico mediante el uso de la **multiplexación**, que permite la combinación de distintas comunicaciones digitales en el medio que se comparte, y la discriminación de estas comunicaciones en el punto de recepción.; los principales:

- ✓ **Multiplexación en Frecuencia, FDM** (*Frequency division multiplex*) usando señales portadoras de símbolos con frecuencias distintas, para distintas comunicaciones; cada canal va asociado a una frecuencia distinta.
- ✓ **Multiplexación en el Tiempo, TDM** (*Time division multiplex*) usando distintos intervalos de tiempo para distintos canales de comunicación; cada canal va asociado a un intervalo de la base de tiempos que usa la sincronización

La forma de representación digital permite el almacenamiento sistemático de la información, apoyándose en la gestión realizada por los computadores digitales; el medio de almacenamiento de información digital está constituido por los elementos conocidos como **memorias digitales**, que están presentes en los computadores, y en los dispositivos emisores y receptores, y son bloques donde se guardan los datos en forma de símbolos binarios; los contenidos definitivos ó permanentes de información digital se almacenan en medios que conservan indefinidamente inalterable la información, una vez que se ha introducido en ellos; son los elementos que se han llamado en este TEMA **registros de información**, especificados como registros de audio, de texto, de imágenes, de video...,etc.

El uso de la información determina su localización más adecuada; en ocasiones es muy útil poder **concentrarla** en grandes estructuras de memorias y registros para poder ser consultada y comparada en un mismo lugar, en el sitio en que se produce, ó bien en un centro de información donde pueda ser utilizada y procesada; en otras ocasiones, es más eficaz mantener la información **distribuida** en los puntos donde se utiliza, con lo que se elimina la posible redundancia, y las comparaciones sin utilidad.

Hay un tipo de **información permanente** destinada a ser mantenida en el tiempo, y los sistemas que se ocupan de ello son básicamente los registros inalterables, y memorias acumulativas, así como dispositivos para la presentación de esta información; y son **receptores finales** de información; hay otro tipo, que se puede llamar **información renovable**, destinada a actualizarse continuamente renovando sus contenidos si varían los datos reales que reflejan, es tratada por sistemas de **adquisición de datos**, y sistemas de **procesamiento de datos**, y pueden trabajar en tiempo real.

Las **bases de datos** son un uso de las funciones de manipulación y transformación de la información citadas más arriba; son sistemas con gran capacidad de almacenamiento, que mantienen de forma centralizada enormes cantidades de información; el sentido de mantenimiento es aquí entendido como adecuación total de los datos a los conocimientos que contienen, así como la actualización de los datos que puedan ser cambiantes, con objeto de prestar la información más fiable posible; la

característica fundamental, y principal función de estas bases de datos es su propia **organización**, por medio de criterios de relación entre sus datos

La eficiencia y fiabilidad de los medios de transmisión digital permiten la interconexión de los puntos donde se almacena la información entre sí, y entre estos centros y los puntos donde se produce la información, y los puntos desde donde se solicita; esta interconexión supone:

- Posibilidad de comunicación de información en ambos sentidos entre centros de mantenimiento de ésta, y de **actualización** de datos entre estos.
- Posibilidad de comunicación de información en ambos sentidos entre puntos de producción de información y centros, y entre centros y puntos de utilización de la información, y por tanto, de compartición de la información **entre puntos cualesquiera** conectados a los centros.
- Integración de los sistemas de comunicación con los sistemas de almacenamiento, formando una red de recursos compartida por todos los puntos conectados; el conjunto es un **sistema**.

Otro tipo de comunicación de la información de manera general es la **difusión** de esta información hacia todos los puntos que tengan un medio de recibirla, es decir, tengan posibilidad de conexión con el punto que emite información; es una comunicación indiscriminada, y en **un solo sentido**, y es la forma utilizada para informar de forma masiva a un gran número de puntos geográficos, e incluso de individuos; generalmente es controlada por una organización con una finalidad particular, ó por una institución pública con fines de interés general; las organizaciones que difunden sus contenidos con destino a todos los individuos interesados en recibirla son conocidas como **medios de comunicación de masas** ó *mass media*.

También son organizaciones públicas ó privadas las que establecen las bases de datos, con una finalidad particular ó general, pero en este caso el acceso a su contenido sí esta controlado por la organización, que establece unos procedimientos, restricciones, y **condiciones de acceso a la base**; se llaman de referencia puesto que su **consulta** está permitida de forma general, con las condiciones y restricciones que se han expresado, pero no así su modificación, pues difícilmente sería mantenible si se pudiera modificar de forma discrecional por cualquiera que accediera a ella, modificando la información que está siendo consultada por otros usuarios.

Dentro de una organización de finalidad general, se suelen definir **departamentos informáticos**; sus elementos (máquinas, cableados, ordenadores...) están distribuidos por la sede de la organización y son aquellos departamentos que se dedican a las operaciones de administración, de gestión, y de desarrollo del sistema informático y de telecomunicaciones corporativo (que son aquellos que son pertenecientes a la empresa que lo usa, aunque no sea la informática su actividad principal); los recursos están estructurados, en un esquema general, como una **red de área local (LAN)**, con elementos accesibles mediante conexión, y un protocolo de permisos.

En aquellas organizaciones que si tienen por objeto en parte la informática, como empresas técnicas, entidades nacionales ó multinacionales, Universidades y centros de estudios...etc, los departamentos TI adquieren una gran relevancia, constituyendo **centros de datos y cálculo**, que pueden ocupar un espacio específico (una planta) del edificio corporativo, e incluso una sede propia; las **redes de bases**

de datos son una extensión de las redes privadas, estas bases pueden tener único dueño ó varios dueños, aunque no sean éstos, a su vez, dueños de ó responsables de la red; otras veces, grandes organizaciones como Institutos Oficiales, ó empresas multinacionales establecen redes de bases de datos propias, conectadas mediante redes y recursos de comunicación de otras empresas.

La Internet es el paradigma de la comunicación global, y del intercambio universal de información entre usuarios; se apoya en unos recursos esparcidos por todo el planeta, sin estar controlados de forma global por ninguna organización; está formada por máquinas individuales, llamadas **hosts** y **routers**, y la infraestructura de comunicación que las conecta; un protocolo basado en direcciones globales (**direcciones IP**), localiza los recursos.

Los routers son la **interfaz** con las redes que se interconectan a través de la internet; los ordenadores personales que no son hosts, se han de conectar a un servidor que actúe de router en la internet; mediante éste se localiza un servidor especial de una organización que proporciona conectividad a internet; la organización se conoce como **ISP** (*Internet Service Provider*).

Una aplicación distribuida entre la red se encarga de gestionar los mensajes, donde una **parte cliente** de la aplicación se ejecuta en los hosts y realiza peticiones de conexión y requerimientos de información cuando está conectado, y una **parte servidor** de la aplicación se ejecuta en los routers, y en los servidores conectados tras el router y responde a los requerimientos de los clientes conectados.

PROBLEMAS:

- 1.- EXPLIQUE COMO SE CONSIGUE LA MEDIDA OBJETIVA DE LA INFORMACIÓN, Y SE DEFINE SU UNIDAD DE MEDIDA, EL BIT.

- 2.- ENUMERE LOS TIPOS DE DATOS QUE PUEDE CONTENER UNA INFORMACIÓN EXPRESADA EN FORMA DIGITAL, Y LAS CARACTERÍSTICAS DE ÉSTOS; CITE LOS TIPOS DE FORMATOS DIGITALES QUE CONOZCA DE CADA UNO.

- 3.- ENUMERE LOS PROBLEMAS QUE ESTÁN PRESENTES EN UNA TRANSMISIÓN DIGITAL DE SEÑALES DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DE UN MEDIO FÍSICO.

- 4.- PRESENTE LOS TIPOS QUE CONOZCA DE MODULACIONES DIGITALES, EXPRESANDO SUS CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES.

- 5.- EXPLIQUE EN QUE ELEMENTOS SE BASA EL FUNCIONAMIENTO DE LA INTERNET, Y EN QUE CONCEPTOS ESTÁ FUNDAMENTADA.

RESPUESTAS:

1.- El primer criterio de medida de la información que se nos va comunicando, es la relevancia de su contenido debido a lo que este contenido difiere de la información que nos llegaba previamente por el mismo procedimiento, ó a lo que difiere de la información que ya poseíamos; este choque de contenidos es valorado subjetivamente como muy informativo; a veces se expresa este criterio diciendo que la información es la medida de la originalidad de un mensaje; otro criterio objetivo de medida es la precisión real del contenido comunicado, se aprecia mas cantidad de información (en cualquier unidad en que pensemos), en un mensaje cuyo contenido añada detalles, ó extensamente describe el evento comunicado para diferenciarlo de otros mensajes concurrentes del mismo tipo.

La medida objetiva de la información se expresa en una escala de valores en base 2 (base binaria); esto es el resultado de toda una teoría de modelo de la información y de la comunicación desarrollada hacia la mitad del siglo XX, que obtuvo una expresión logarítmica de la medida de la información que puede transmitir una fuente de información, que es donde se generan los contenidos de información.

Esta fuente genera mensajes, cuyo valor de información es tanto mayor cuanto menos probable sea su aparición, en teoría estadística, para un mensaje m_i , se le atribuye un valor de información dado por:

$$I_i = \log_2 1 / P(m_i) = - \log_2 P(m_i), \text{ (mensajes independientes), donde } P(m_i) \text{ es la probabilidad de } m_i$$

Si se supone que una fuente emite en el código más básico y elemental, el binario, se elige para enviar el mensaje entre un repertorio de mensajes de sólo dos posibles símbolos distinguibles (“0” ó “1”), y que son equiprobables, pues lo contrario sería presuponer uno de ellos en una información que no conocemos todavía, luego:

$$P(m_i) = P(“1”) = P(“0”) = 1/2 \quad \text{con Información}(m_i) = - \log_2 P(m_i)$$

Y, por lo tanto: $P(\text{mensaje binario}) = -\log_2 (1/2) = \log_2 2 = 1 \text{ bit}$

2.- Se pueden enumerar:

Magnitudes: son expresadas como números binarios, según su tipo:

- ✓ Enteros, cuantificados en binario natural, en grupos de N bits para contar hasta 2^N-1 valores sin signo; el signo puede codificarse con un bit inicial ($0 \equiv \text{mas}$, $1 \equiv \text{menos}$), con lo cual, con N bits representamos el rango $- 2^{N-1} -1, \dots, -1, 0, 1, \dots, 2^{N-1} -1$.
- ✓ Decimales, codificando por separado los números a ambos lados de la coma, y la posición de la misma coma.
- ✓ Reales, codificando la expresión denominada coma flotante, con una base decimal, y un exponente entero, con la forma: $\text{base.decimal } E \pm \text{ exponente}$
- ✓ Los dos componentes y el signo se codifican para conformar el dato

Símbolos y textos: los textos son la expresión del lenguaje humano escrito, y se representan codificando por separado cada uno de los símbolos que lo componen, llamados en general caracteres, que pueden leerse como:

- ✓ Letras del un alfabeto.
- ✓ Cifras numerales, sin correspondencia con su valor numérico.
- ✓ Signos de puntuación, y caracteres especiales.
- ✓ Caracteres de control, tabulación y alineación.

La codificación se realiza mediante los códigos ASCII y EBCDIC, especialmente el primero.

Los caracteres son ya una codificación de símbolo independiente del valor numérico en binario natural, u otro código básico, por lo que cualquier información digital binaria (en un fichero binario cualquiera) se puede agrupar en bloques, e interpretarse directamente como un conjunto de caracteres. Existen sistemas software que tratan todos los archivos que usan como si fueran ficheros conteniendo caracteres (se dice que se tratan como ficheros de texto)

Imágenes: se codifican como datos las siguientes características de una imagen:

- ✓ Los límites de la imagen, tamaño y marco.
- ✓ La posición de cada elemento de imagen en las dos dimensiones, generalmente llamado píxel; en el esquema más general que se suele llamar mapa de bits BMP.
- ✓ Los valores que definen su color, como niveles relativos de un conjunto de colores elementales, y algunas otras informaciones de brillo, contraste...,etc; se pueden llamar canales cada uno de las características que toman valores para describir el punto de imagen.

Mas formatos de imagen son definidos para hacerlos compatibles con otros tipos de archivos, donde puedan ser incluidos, se pueden citar JPEG ó JPG, TIFF, DWG..., etc.

Todos estos últimos tipos de archivos emplean menos cantidad de información que el genérico mapa de bits, a cambio de una cierta pérdida de resolución en la imagen; también es posible la compresión digital basándose en la similitud en la información de los puntos de imagen adyacentes, aunque este uso de la compresión está limitado por la pérdida de calidad.

Sonidos: los archivos de audio se forman organizando las muestras codificadas de la señal analógica sonora; sus formatos son bastante genéricos y compatibles, para poder ser reproducidos fácilmente por la multitud de aplicaciones existentes para todos los sistemas software.

Existe la posibilidad de generar archivos de audio no procedentes de conversión de señales analógicas, sino creados mediante un sintetizador que genera secuencias de audio, combinando el uso de modelos de los parámetros básicos del sonido:

- Tono básico de frecuencia, con gradaciones de agudos y graves.
- Volumen en potencia del sonido, ó nivel de la señal de audio.
- Timbre ó combinación ponderada de las frecuencias que forman el sonido.

Este modelo de los parámetros básicos es utilizado también para comprimir las señales digitales de audio, y conseguir que ocupen menos espacio en una memoria, ó en un registro sonoro (cinta, disco...); la compresión conseguida es más radical que la conseguida para las imágenes estáticas.

Formatos conocidos de audio son CDA (*Compact disc audio*), WMA (para reproductores PC), MP3 (formato comprimido capa 3)...,etc.

Videos: se consideran imágenes en movimiento, lo que equivale a una sucesión de imágenes a un ritmo suficiente para crear la percepción de movimiento; para la información digital de video, este es exactamente el esquema, con las imágenes sucesivas codificadas; suelen combinarse en los archivos las informaciones de video y de sonido, lo que se consigue incluyendo la información sonora intercalada dentro del formato del video.

Los formatos digitales de registros de video más conocidos son VCD, SVCD, AVI y DIVX, XVID, DVD...; los flujos de la información están bastante estandarizados, con ritmos crecientes MPEG 1, MPEG 2, MPEG 3, MPEG 4...; la compresión de la información está implícita, y es característica de la combinación, y conversión entre los distintos formatos de video.

3.- Los problemas asociados a la transmisión están relacionados con la naturaleza del medio físico de transporte, que no tiene una respuesta “digital”, sino que tiene propiedades físicas (inercia, resistencia al cambio, elasticidad, interacción de desgaste con las señales que lo atraviesan...) cuyo efecto en conjunto es la degradación de la señal transmitida, que llega alterada al punto de recepción; los problemas asociados a la transmisión de señales, y sus efectos, se pueden enunciar como:

- ✓ Distorsión, que consiste, de forma esencial en alteraciones de la forma de la señal, por características no lineales de respuesta del medio, y por afectar de forma diferenciada a valores de parámetros de la señal (a distintos valores de frecuencia, a distintos valores de fase, a distintas amplitudes...,etc.).
- ✓ Atenuación ó pérdidas de potencia (y por lo tanto de nivel de señal) debido al desgaste.
- ✓ Alteración de la temporización, a causa de retardos, y tiempos de transmisión diferentes para distintas formas de señales.
- ✓ Ruido, término general con que se denominan las señales eléctricas no deseadas que acompañan a la señal enviada, y que aparecen en recepción debido a su paso por el medio, y que en ocasiones pueden ocultarla, y, en todo caso dificultar su detección.
- ✓ Error (de bit) es, en este contexto, la cantidad de errores (0s interpretados como 1s, y viceversa) que aparecen tras la detección, a causa de los efectos anteriores.

4.- Los tipos de modulación digital básicos, son los análogos a los tipos de modulación analógica, mediante la variación de uno de los parámetros básicos de la señal portadora, y se pueden señalar:

- ✓ Modulación digital por cambio de frecuencia, (*Frequency shift keying, FSK*); cambiando la frecuencia de la señal analógica portadora para cada símbolo transmitido, durante su intervalo de transmisión.
- ✓ Modulación digital por cambio de fase, (*Phase shift keying, PSK*); cambiando la fase absoluta de la señal analógica portadora para cada símbolo transmitido, durante su intervalo de transmisión.
- ✓ Modulación digital por cambio de amplitud, (*Frequency shift keying, ASK*); cambiando la amplitud de la señal analógica portadora para cada símbolo transmitido, durante su intervalo de transmisión; existe una modulación combinada APK (Amplitude-Phase Keying).

Y otros tipos de modulación digital ampliamente empleados, son:

- ✓ Modulación de pulsos codificados, MIC ó PCM (*Pulse coded modulation, PCM*), que es modulación de amplitud de códigos binarios, procedentes del muestreo de señales, está asociada a transmisión de digital de señales de audio, y empleada en los sistemas de telefonía digital.
- ✓ Modulación gaussiana digital ó GMSK, que es muy complicada, y emplea elementos de las anteriores, pero que se cita como notable por ser la base de la modulación del sistema de telefonía móvil GSM.

5.- Las facilidades suministradas por la transmisión digital hacen posible interconectar recursos de información, como bases de datos, y puntos de suministro de información, y asimismo permiten interconectar entre sí las redes de área local que poseen las empresas; un usuario, ya sea una empresa, ó un individuo, puede tener acceso a todos los recursos de información, simplemente con conectarse al sistema formado por la red de conexión, y los recursos diversos citados más arriba.

La Internet, llamada en ocasiones la red de redes, se basa en este paradigma de comunicación global, y del intercambio universal de información entre usuarios; se apoya en los siguientes principios:

- ✓ Los recursos de la internet están esparcidos por todo el planeta.
- ✓ La internet está formada por máquinas individuales, llamadas hosts y routers, y la infraestructura de comunicación que las conecta.
- ✓ Un protocolo basado en direcciones globales (direcciones IP), localiza los recursos; no existen dos máquinas que pertenezcan a la red con la misma dirección IP absoluta; las máquinas del interior de las LAN tienen un número que las identifica dentro de la subred, que viene dada por su identificación de acceso (número de la tarjeta de red local) al medio común que se comparte en las LAN.
- ✓ En la red de interconexión, los routers encaminan los mensajes, los hosts reciben y envían peticiones.
- ✓ Los hosts y routers se localizan por su dirección IP; los hosts que pertenecen a una red tienen una dirección absoluta añadiendo una dirección de host a la dirección del router.
- ✓ Los routers son la interfaz con las redes que se interconectan a través de la internet.
- ✓ Los ordenadores personales que no son hosts, se han de conectar a un servidor que actúe de router en la internet; mediante éste se localiza un servidor especial de una organización que proporciona conectividad a internet; la organización se conoce como ISP (*Internet Service Provider*).
- ✓ Una aplicación distribuida entre la red se encarga de gestionar los mensajes:
- ✓ Una parte cliente de la aplicación se ejecuta en los hosts y realiza peticiones de conexión y requerimientos de información cuando está conectado.
- ✓ Una parte servidor de la aplicación se ejecuta en los routers, y en los servidores conectados tras el router y responde a los requerimientos de los clientes conectados.
- ✓ La internet no está controlada por autoridad alguna; los servidores se localizan por un nombre, y un dominio, relacionado con un país, ó un tipo de servicios; el procedimiento de asignación se llama DNS (*Domain Name Server*); un servidor llamado URL (*Universal Resources Locator*) resuelve la dirección IP del recurso buscado a partir del nombre DNS.