



3. Sistemas de representación

En este apartado vamos a estudiar la conversión entre distintas bases numéricas con el fin de aprender a pasar valores del **sistema** decimal a otras bases como la binaria, la octal y la hexadecimal. Los dispositivos electrónicos solo saben trabajar con ceros y unos. Sin embargo, las personas hemos creado los sistemas de representación alfanuméricos para poder convertir esos ceros y unos en símbolos que nos permitan expresar cualquier carácter, valor o símbolo de cualquier idioma con cualquier alfabeto que se utilice en el mundo.

Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE), la definición de **sistema** es:

1. m. Conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí.

Y más concretamente, en el ámbito de las matemáticas, un **sistema de numeración** es:

1. m. *Mat.* Conjunto de reglas y signos para representar los números.

De manera más específica, para los sistemas que trabajan en **binario**, se define como:

2. adj. *Mat.* Dicho de un sistema de numeración: de base dos. El sistema binario utiliza como cifras exclusivamente el 0 y el 1.

A. Sistemas numéricos

Los antiguos mayas ya utilizaban un sistema vigesimal (basado en 20 cifras) para contar los días, ya que empleaban para ello todos los dedos de las manos y los pies. Otras civilizaciones, como la nuestra, utilizaban —desde sus orígenes grecorromanos—, la base decimal, pues era más útil y fácil de utilizar. No obstante, su célebre numeración por medio de letras no es la que actualmente empleamos. Fueron los árabes los que nos trasladaron los símbolos numéricos {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} con los que todos aprendemos los cálculos necesarios para nuestro día a día.

Los ordenadores, en cambio, necesitan utilizar otra base más sencilla o simplificada. En su caso, hacen uso de la base binaria, que esta compuesta solo de dos símbolos posibles: 0 y 1. A cada cifra la denominaremos **bit**. En matemáticas este problema ya está resuelto desde hace mucho tiempo. La solución está en los sistemas de numeración (que llamaremos N a partir de ahora). Disponemos de un conjunto de símbolos permitidos (que, de ahora en adelante llamaremos S), es decir, las mencionadas 10 cifras en decimal o las 2 en binario. Las matemáticas nos indican que vamos a necesitar un conjunto de reglas (denotadas como R a partir de ahora) que nos marquen cuáles son las operaciones que están permitidas y cuáles no.

$$\mathcal{N} = (S, \mathcal{R})$$

Fig. 1.4. Fórmula de un sistema de numeración.

Como es lógico, un sistema binario va a necesitar más cifras para representar un valor ya expresado por otro sistema que tenga más símbolos. Por ejemplo, con solo cuatro cifras binarias únicamente

vamos a poder representar los valores del 0 al 15 en decimal. Así pues, para que las personas podamos entender mejor los valores binarios en otras bases con la misma escala que el sistema binario, vamos a aprender también el sistema octal {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}. Este sistema se utiliza, por ejemplo, para los permisos de archivos y carpetas en los sistemas operativos GNU/Linux; por su parte, el sistema hexadecimal {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F} se utiliza, por ejemplo, para los colores en RGB, para las tarjetas MAC o para las IPv6 de todos los sistemas operativos.

En el sistema hexadecimal se ha decidido que las cifras superiores al número 9 sean las primeras letras de nuestro alfabeto, hasta la F que equivale al 15 en hexadecimal —el valor máximo que se puede representar con 4 números binarios (lo que denominaremos *nibble* o medio-byte)—. Con dos cifras hexadecimales conseguiremos representar el valor de un **byte**.

Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE), la definición de **bit** es:

Del ingl. *bit*, acrón. de *binary digit*, dígito binario.

1. m. *Inform.* Unidad de medida de cantidad de información, equivalente a la elección entre dos posibilidades igualmente probables.

La agrupación de 8 bits va a ser entonces un **byte**, cuya definición según la RAE es:

1. m. *Inform.* Unidad de información compuesta generalmente de ocho **bits**.

Decimal	Octal	Binario	Hexadecimal
0	000	0000 0000	0x00
1	001	0000 0001	0x01
2	002	0000 0010	0x02
3	003	0000 0011	0x03
4	004	0000 0100	0x04
5	005	0000 0101	0x05
6	006	0000 0110	0x06
7	007	0000 0111	0x07
8	010	0000 1000	0x08
9	011	0000 1001	0x09
10	012	0000 1010	0x0A
11	013	0000 1011	0x0B
12	014	0000 1100	0x0C
13	015	0000 1101	0x0D
14	016	0000 1110	0x0E
15	017	0000 1111	0x0F
16	020	0001 0000	0x10
...
253	0375	1111 1101	0xFD



254	0376	1111 1110	0xFE
255	0377	1111 1111	0xFF
256	0400	100 000 000	0x100

Tabla 1.2. Valores equivalentes entre los cuatro sistemas numéricos. Los números binarios están agrupados en dos nibbles, cada uno equivalente a una cifra hexadecimal (0xNúmeroHexadecimal). El último valor, 256, se ha agrupado en bloques de tres cifras binarias para que puedas ver la equivalencia directa con cada cifra octal, a la que anteponeamos un cero para distinguirlo de las cifras en decimal (0NúmeroOctal).

B. Sistemas de representación alfanuméricos

Utilizando los sistemas de representación de la información alfanumérica podemos realizar agrupaciones de bytes que nos permitan gestionar conjuntos de bits de manera más cómoda. Y haciendo uso de las tablas de conversión, se decide que un conjunto de bits con sus valores va a representar un símbolo de nuestro alfabeto.

En 1963, el hardware era muy caro. El Instituto Estadounidense de Estándares Nacionales (ANSI) decidió que con 7 bits era suficiente para colocar en una tabla de conversiones todo el alfabeto inglés. La denominaron ASCII básico o inicial o US-ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*, Código Estándar Americano para el Intercambio de Información).

Tendríamos cuatro bloques diferenciados de símbolos:

- Letras minúsculas [a-z].
- Letras mayúsculas [A-Z]
- Cifras numéricas del sistema decimal [0-9]
- Otros símbolos necesarios para poder completar frases, como los símbolos de interrogación o exclamación, entre otros.

Con 7 bits, es decir, con las 128 combinaciones diferentes de valores que resultan de elevar al número 7 la base 2. Así fue como empezaron a funcionar los primeros ordenadores, los cuales consiguieron, entre otros hitos, realizar los cálculos necesarios para llevar al ser humano a la Luna en 1969.

A pesar de todo lo anterior, esta tabla no servía para el resto de los alfabetos de otros países europeos. Por este motivo, a finales de la década de los 1970 se decidió ampliar en un bit la tabla ASCII, que pasó a llamarse **ASCII extendido**. De este modo, con 128 símbolos nuevos, la mayoría de los símbolos de cada lengua se pudieron incorporar para así poder utilizar los primeros ordenadores personales con todas las letras necesarias para otros idiomas.



IMPORTANTE

Puedes consultar las tablas de valores ASCII iniciales con 7 bits y de ASCII extendido con 256 símbolos en el siguiente enlace: <https://elcodigoascii.com.ar>.



El último cambio no fue efectuado hasta 1991, cuando la Organización Internacional de Normalización (ISO) creó un nuevo sistema denominado UNICODE con la intención de que fuera completamente universal.

UNICODE utiliza 16 bits, es decir, 2 bytes juntos para representar los símbolos de esta nueva tabla, lo que supone disponer de 65.536 símbolos diferentes, lo cual permitió introducir los alfabetos de otras lenguas como las asiáticas o árabes e incluso las lenguas muertas que aún se estudian en las universidades.



IMPORTANTE

En el módulo de Lenguajes de Marcas y Sistemas Gestores de Información aprenderéis con más detalles los formatos UTF (*Unicode Transformation Format*), que son versiones simplificadas de la tabla UNICODE (ISO 10646) y que utilizan símbolos de longitud variable. Los más utilizados son UTF-8, UTF-16 y UTF-32.

Como curiosidad, por ejemplo, los símbolos de las piezas blancas y negras del ajedrez también están en la tabla UNICODE, que representa los símbolos con valores hexadecimales por comodidad. Esto permite a las personas diferenciar las piezas con ayuda de solo cuatro cifras.

2654 ♔	265A ♚
2655 ♕	265B ♛
2657 ♖	265D ♜
2658 ♗	265E ♝
2656 ♘	265C ♞
2659 ♙	265F ♟

Tabla. 1.3. Muestra de algunos de los símbolos UNICODE.

Fuente: <https://www.unicode.org/charts/PDF/U2600.pdf>

