

Uno más uno son diez: recursos didácticos para la enseñanza y aprendizaje de los números binarios en educación secundaria

Antonio Joaquín Franco Mariscal

Resumen: Este trabajo recopila distintos recursos didácticos para la enseñanza y el aprendizaje en educación secundaria de los números binarios, un sistema de numeración, en el que el alumnado encuentra grandes dificultades para su comprensión y al que el actual currículo de esta etapa educativa no le presta la importancia que se merece, a pesar de sus múltiples aplicaciones en la vida cotidiana. El artículo realiza un recorrido por las diferentes posibilidades educativas que el docente puede llevar en la práctica de la enseñanza de los números binarios, pasando por el patrón numérico del sistema, sus operaciones aritméticas y sus principales aplicaciones, enfocadas como una búsqueda de información que intenta acercar las matemáticas al estudiante. Entre estas aplicaciones no sólo se analizan aquellas asociadas a una computadora, sino también las relacionadas con el funcionamiento de los dispositivos digitales. En definitiva, el trabajo con números binarios en secundaria permite mostrar al alumnado cómo el mundo de las matemáticas se conecta con la ciencia y la tecnología para producir grandes avances en la sociedad.

Palabras clave: números binarios, recursos didácticos, secundaria, álgebra, aplicaciones.

Abstract: This paper collects several educational resources to the teaching and learning in secondary education of binary numbers, a system that students find great difficulties to understand and that the current curriculum for this education level gives insufficient importance, in spite of its multiple applications in daily life. The paper covers the different teaching possibilities a teacher may carry out when teaching binary numbers, going through the numeric pattern of the system, its arithmetic operations and main applications, focused as a search for information that tries to bring the students closer to mathematics. These applications are not only the ones related to computers, but also to the functioning

Fecha de recepción: 19 de enero de 2008.

of digital devices. In short, this paper on binary numbers in secondary education shows to the students how the world of mathematics is connected to science and technology to produce great advances to society.

Keywords: binary numbers, educational resources, secondary education, algebra, applications.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el conocimiento del sistema de numeración binario en la etapa de educación secundaria se considera imprescindible, ya que además de ser una parte importante del álgebra y de la lógica, es el sistema de representación de la información en la electrónica digital e informática. Así, el conocimiento y manejo del sistema binario ayuda al estudiante a resolver múltiples situaciones que se le plantean con matemáticas binarias y a comprender mejor la ciencia y la tecnología que hace funcionar la mayoría de los dispositivos que nos rodean.

El sistema binario se debe entender como un código matemático útil en la vida cotidiana (De Guzmán, 1995; COMAP, 1998), al igual que se usan otros códigos en la sociedad actual, tales como el ISBN para catalogar los libros de una biblioteca, los códigos de barras para etiquetar productos en un supermercado, etcétera.

El currículo que establece las enseñanzas mínimas para la etapa de secundaria¹ en España introduce los contenidos matemáticos asociados al sistema binario de una manera práctica, al estudiar las aplicaciones de este sistema de numeración en la informática del tercer y cuarto cursos de secundaria.

Desde el punto de vista de la didáctica de las matemáticas, existen muy pocos recursos para el aprendizaje en el aula de los números binarios en secundaria, lo que contribuye a la dificultad de su aprendizaje (Perelman, 1980; Niskizaki, 1990; Karp, 1997; Raft, 2003, 2004; Paenza, 2005).

A causa de la escasez de materiales para trabajar esta unidad, el presente artículo recopila una batería de recursos didácticos para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de este sistema de numeración en la etapa secundaria, a la vez que analiza las implicaciones educativas de éstos.

¹ En España, la educación obligatoria comprende la educación primaria (6-12 años) y la educación secundaria obligatoria (ESO) (13-16 años). La educación primaria consta de seis cursos, mientras que la ESO se compone de cuatro cursos divididos en dos ciclos.

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LOS NÚMEROS BINARIOS

CONTENIDOS

Atendiendo a nuestra experiencia docente, creemos que los contenidos mínimos que debe incluir una unidad didáctica que trabaje los números binarios en secundaria deben ser:

- Diferentes sistemas de numeración.
- Concepto de sistema de numeración binario. Formación de números.
- Conversión del sistema decimal al sistema binario y viceversa.
- Operaciones aritméticas básicas con números binarios (suma, resta, multiplicación y división).
- Aplicaciones de los números binarios en sistemas electrónicos y digitales.

A continuación, se presentan los principales aspectos en los que, según nuestro punto de vista, el docente debe insistir en la enseñanza de estos conceptos, así como los recursos didácticos que en nuestra práctica docente han resultado más adecuados para su aprendizaje.

DIFERENTES SISTEMAS DE NUMERACIÓN

En primer lugar, se debe indicar que, a lo largo de la historia, se han usado multitud de sistemas numéricos. Un buen recurso consiste en mostrar al estudiante ejemplos de las numeraciones escritas más difundidas, como las antiguas egipcia, rusa o griega, la romana, la eslava o la babilónica. Sin duda, los símbolos que utilizaban muchas de estas formas de numeración constituyen un elemento de motivación para introducir la unidad. Algunos ejemplos de estas primeras numeraciones se pueden encontrar en el conocido libro *Aritmética recreativa* de Perelman (1980).

Conviene recordar que los sistemas de numeración de estas civilizaciones no se basaban en el número 10, como hoy día, sino en otros números, tales como el 3, 4 o 5, o números mayores como el 12 (sistema duodecimal de los romanos) o el 60 (sistema sexagesimal de los babilónicos). Incluso algunas tribus en la antigüedad utilizaron un sistema muy simple, el binario. Asimismo, se recordará que algunos de estos sistemas de numeración son posicionales, mientras que otros no.

El docente debe insistir al estudiante que en realidad cualquier número mayor que uno se puede utilizar como base o número de símbolos diferentes necesarios para representar un número cualquiera de los infinitos posibles en el sistema. Por ejemplo, el sistema decimal, utilizado hoy de manera universal, necesita 10 símbolos o dígitos diferentes para representar un número y es, por tanto, un sistema numérico de base 10. Asimismo, debe destacar que el binario, el decimal, el octal y el hexadecimal son los sistemas más utilizados.

SISTEMA DE NUMERACIÓN BINARIO

Una vez expuesta la existencia de los distintos sistemas de numeración y sus diferencias, debemos centrarnos en el sistema binario. Se debe insistir en que en matemáticas el binario es un sistema de numeración que sólo emplea dos cifras, 1 y 0, con las cuales se puede representar un conjunto infinito de números.

Se puede comenzar su estudio realizando un pequeño recorrido histórico de los números binarios, en el que no se debe olvidar el origen del código (Heath, 1972) ni dejar de citar a tres matemáticos importantes. Por un lado, el matemático indio Pingala (siglo III a.C.), que realizó la primera descripción que se conoce del sistema binario, coincidiendo con el descubrimiento del número cero. Por otro, Leibniz (siglo XVII), que documentó en su totalidad el sistema binario moderno y, por último, Boole (siglo XIX), que detalló un sistema de lógica (álgebra de Boole) que desempeñaría un papel fundamental en el desarrollo del sistema binario actual, particularmente en el desarrollo de circuitos digitales.

El estudiante debe asociar el sistema binario con situaciones en las que sólo existen dos posibilidades, 0 o 1. Le puede ayudar a entenderlo situaciones en las que la respuesta sólo pueda ser *Sí* o *No*; algo parecido a lo que sucede al encender un interruptor, o está encendido o está apagado.

Es muy importante resaltar que los dos dígitos (0 y 1) tienen distinto valor, dependiendo de la posición que ocupen, la cual viene determinada por una poten-

Cuadro 1 Valor de la posición en el sistema binario

Notación exponencial	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Resultado numérico	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

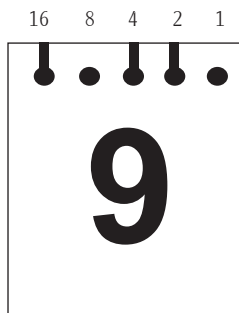
cia de base dos. Se debe poner de manifiesto que, tal y como ocurre en el sistema decimal, la base de la potencia coincide con la cantidad de dígitos utilizados para representar los números. Un buen recurso consiste en presentar ejemplos de la formación de números en el sistema decimal, mostrando el significado de la unidad, decena, centena, etc. Y luego repetir el procedimiento pero en el sistema binario. El cuadro 1 resulta interesante para conocer en base 10 el valor posicional del sistema de base 2.

Debe quedar claro, por tanto, que en el sistema binario, la unidad de un orden superior no es 10 veces, sino 2 veces mayor que la unidad de un orden inmediatamente inferior. Así, en el primer lugar de la derecha se hallan las unidades simples (no mayores que 1), en el segundo no están las decenas, sino los “doses”, en el tercero no se encuentran las centenas sino los “cuatros”, y así sucesivamente. Por esta razón, el número 11 (en base dos) no denota $(1 \times 10) + 1$ sino $(1 \times 2) + 1$, es decir, tres (en base 10).

En este sentido, Karp (1997) utiliza varias actividades para explorar el sistema binario basadas en el análisis de estos patrones numéricos de base dos. Una de las actividades propuestas consiste en deducir cualquier cifra decimal a partir de unas pocas cartas que se presentan al alumno y que contienen series numéricas basadas precisamente en la importancia de la posición de la cifra en el número binario. La cifra secreta se puede deducir a través de varias preguntas que tienen como respuestas *Sí* o *No*. El lector interesado en esta actividad puede consultar el trabajo de Karp (1997).

En el mismo trabajo, Karp (1997) también propone otra actividad para conocer el valor de cada posición. Consiste en presentar al estudiante 31 fichas que

Figura 1 Ficha del número 9 de la actividad propuesta por Karp (1997)



Cuadro 2 Formación del número 22 en la actividad propuesta por Raft (2004)

32	16	8	4	2	1
○	●	○	●	●	○
0	1	0	1	1	0

poseen cinco pequeños agujeros en la parte superior y un número del 1 al 31 escrito en el sistema decimal. Cada orificio representa el valor de cada una de las cinco primeras columnas del sistema binario (de izquierda a derecha, 16, 8, 4, 2 y 1, respectivamente). La actividad consiste en construir en cada ficha el número decimal correspondiente, haciendo uso de las cifras superiores. En el caso en el que no se necesite usar alguno de los agujeros, éste se alarga con unas tijeras. Los agujeros no usados se asocian con el dígito 0 y los utilizados, con 1. Así, la construcción del número decimal 9 se hará con $8 + 1$, equivalente en binario a 1001, y la ficha queda como indica la figura 1.

Por su parte, el Departamento de Educación de Raft (2004) propone una idea muy similar a la de Karp (1997), la cual consiste en formar cifras a partir de unos puntos negros (1) o blancos (0) que coloca el propio alumno sobre una tarjeta como la representada en el cuadro 2 para el número 22.

Perelman (1980) propone varios recursos motivadores basados en el valor posicional de la cifra en el sistema binario. Una actividad motivadora para realizar con el alumnado de 3º de ESO es el adivinador de cerillos, que se reproduce a continuación:

Coloca sobre una mesa una caja de cerillos y, en línea con ella y a su izquierda, siete papelitos rectangulares. La persona que propone la actividad se ausenta y pide que se haga lo siguiente: Dejando la mitad de los cerillos en la caja, que se traslade la otra mitad al papelito más próximo. Si el número de cerillos es impar, el cerillo excedente se coloca al lado del papelito. A continuación se dividen en dos partes iguales los cerillos que se encuentran sobre el papelito (sin tocar el que se halla junto); una mitad se coloca en la caja y la otra mitad se pone en el siguiente papelito. En el caso de un número impar, el cerillo que queda se pone junto al segundo papelito. Después se procede de igual manera, devolviendo cada vez a la caja la mitad de cerillos y la otra mitad poniéndola sobre el siguiente papelito, sin olvidar colocar un cerillo al lado cuando sea impar. Al final todos los cerillos, excepto los que se encuentran junto a los papelitos, se devuelven a la caja. Cuando se haya hecho esto,

Cuadro 3 Tabla de conversión de los 15 primeros números en los sistemas decimal y binario

Decimal	Binario		Decimal	Binario
0	0		8	1000
1	1		9	1001
2	10		10	1010
3	11		11	1011
4	100		12	1100
5	101		13	1101
6	110		14	1111
7	111		15	10000

la persona vuelve a la habitación y, a partir de los cerillos que quedan sobre los papelitos, deduce el número total de cerillos en la caja.

Lógicamente, la persona que presenta la actividad puede averiguar el número total de cerillos porque su número está escrito en binarios sobre la mesa (papelitos vacíos, 0, y papelitos con cerillos, 1).

Otro recurso muy conveniente consiste en formar la secuencia de los primeros números binarios, así como construir una tabla de conversión del sistema binario al decimal (cuadro 3).

Un recurso para recordar la secuencia de los números binarios consiste en memorizar alguno de ellos, ya que facilitará la formación de los números sucesivos. Así, por ejemplo, si sabemos que el 1000 corresponde al número decimal 8, es muy sencillo formar el número 9 en el código binario, 1001.

CONVERSIÓN DEL SISTEMA DECIMAL AL SISTEMA BINARIO Y VICEVERSA

Una vez introducido el sistema binario, se deben indicar las reglas para realizar la conversión del sistema decimal al binario y viceversa. En primer lugar, se debe hacer hincapié en que cualquier número decimal se puede expresar en el siste-

Cuadro 4 Ejemplo de conversión del número 81 en el sistema decimal a binario

División	Cociente	Resto
81 ÷ 2	40	1
40 ÷ 2	20	0
20 ÷ 2	10	0
10 ÷ 2	5	0
5 ÷ 2	2	1
2 ÷ 2	1	0



ma binario. Esta conversión es sencilla, ya que simplemente requiere divisiones sucesivas entre dos hasta llegar al 1 indivisible. Esto se debe a que el sistema binario sólo tiene dos dígitos. En este momento, se cuenta el último cociente, es decir el 1 final (todo número binario excepto el 0 empieza por 1), seguido de los resultados obtenidos como resto en las divisiones realizadas, pero colocados del más reciente al más antiguo. El cuadro 4 muestra como ejemplo la conversión del decimal 81 a binario (1010001). La flecha indica el orden en el que tenemos que tomar el último cociente y todos los restos para formar el número binario.

Si, por el contrario, se quiere expresar un número binario en el sistema decimal, se calcula la cantidad binaria asociada a cada posición y se suman los valores de las potencias de 2 correspondientes a las posiciones de todos sus dígitos cuyo valor sea 1, tal como se indica en el ejemplo del cuadro 5.

En definitiva, todo número de cualquier base se puede representar mediante la siguiente ecuación polinómica:

$$N = a_1 \cdot b^n + a_2 \cdot b^{n-1} + a_3 \cdot b^{n-2} + \dots + a_0 \cdot b^0 + a_{-1} \cdot b^{-1} + \dots$$

Donde b es la base del sistema de numeración. Se cumplirá que $b > 1$; a_i es un número perteneciente al sistema que cumple la siguiente condición: $0 \leq a_i < b$.

Al realizar estas conversiones, se debe insistir de nuevo en la importancia del valor de la posición. En este punto, es interesante que el alumno se familiarice con el nuevo sistema de numeración. Con la idea de comprobar si los estudiantes han comprendido el concepto de sistema binario, se puede proponer que comente los siguientes enunciados: “Hay 10 tipos de personas, los que entienden el código binario y los que no” o “1 más 1 son 10”.

Cuadro 5 Ejemplo de conversión del número binario 1010001 al sistema decimal

Número binario	1	0	1	0	0	0	1
Valor posicional	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
	64	32	16	8	4	2	1
Operaciones	64×1	32×0	16×1	8×0	4×0	2×0	1×1
	64	+ 0	+ 16	+ 0	+ 0	+ 0	+ 1
Número decimal	81						

A continuación, se incluyen algunas propuestas divertidas para trabajar con los números binarios.

- Escribir la secuencia de los 20 primeros números binarios, o bien, indicar cómo se realizaría la cuenta atrás de una nave espacial en código binario.
- Construir un reloj para el aula con las horas representadas por números binarios.
- Escribir cifras en números binarios significativas para el alumno, tales como su edad, su fecha de nacimiento, su número de teléfono, la matrícula de su coche o moto, etcétera.
- Escribir mensajes cifrados en código binario. En este sentido, Niskizaki (1990) propone de una manera sencilla la construcción de una pulsera que indique nuestro cumpleaños de forma cifrada. Se trata de escribir la fecha de nacimiento como DD-MM-AAAA, pero con números binarios. Su construcción sólo requiere una cuerdecita y algunas bolitas de tres colores (uno para representar la cifra 1, otro para el 0 y el tercero, para las separaciones). Formada la combinación binaria, se insertan todas las bolitas en la cuerda.
- Construir el mes actual del calendario en números binarios.
- Construir un marcador que indique en binario los resultados de los partidos de fútbol o baloncesto que se disputen en el patio del instituto.
- Mostrar al alumno una ficha de dominó, pero en código binario, para que proponga posibles fichas que puedan unirse a ella.
- Juegos basados en los números binarios. Por ejemplo, un estudiante piensa un número binario y el resto de la clase tiene que deducirlo a partir de preguntas con contenidos matemáticos en las que las únicas respuestas

Cuadro 6 Pasatiempo binario

1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1
0	0	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	1

sean *Sí* o *No*. Otra posible actividad consiste en resolver un pasatiempo binario, tal como una sopa de letras (cuadro 6) que esconde de forma horizontal o vertical los diez primeros números binarios, pero en la que se deben emplear todas las cifras y cada una de ellas sólo se puede utilizar una única vez.

El docente no debe olvidar citar que el uso de este sistema es poco conveniente para una numeración escrita y fija, ya que se obtienen números excesivamente largos. Sin embargo, como se verá a continuación, esto se compensa porque se simplifican al máximo las tablas de adición y multiplicación. Esto no significa que el sistema binario no sea útil, sino todo lo contrario, es muy adecuado en una serie de investigaciones teóricas y actualmente es la base de la producción de cálculo en las máquinas computadoras electrónicas, como veremos en un apartado posterior.

OPERACIONES ARITMÉTICAS

Las operaciones aritméticas con números binarios son muy sencillas, ya que sólo existen dos cifras y tienen un mecanismo similar al empleado en el sistema decimal. Así, para la suma solamente es necesario recordar que $1 + 1 = 10$, es decir, ponemos cero y nos llevamos (se arrastra) una; ya que el resto de posibles combinaciones son obvias: $0 + 0 = 0$; $0 + 1 = 1$ y $1 + 0 = 1$. Las reglas básicas para el algoritmo de la resta en binarios son también sencillas: $0 - 0 = 0$; $1 - 1 = 0$ y $1 - 0 = 1$. En cuanto a la resta $0 - 1$ se resuelve, igual que en el sistema decimal, tomando una unidad prestada de la posición siguiente. Entonces, $10 - 1 = 1$ y me llevo 1, lo que equivale a decir en decimal $2 - 1 = 1$. Esa unidad prestada se debe devolver, sumándola, a la posición siguiente.

A pesar de la sencillez de los procedimientos, es fácil que el alumno se confunda, porque tiene interiorizado el sistema decimal y ha aprendido a sumar y restar de manera mecánica, sin detenerse a pensar en el significado del arrastre.

Por su parte, el producto de binarios es especialmente sencillo, ya que el 0 multiplicado por cualquier número da 0, y el 1 es el elemento neutro del producto. La tabla de multiplicar del sistema binario, se reduce, por tanto a $1 \times 1 = 1$. En cuanto a la división, la única diferencia con el sistema decimal es que, a la hora de hacer restas dentro de la división, éstas se realizan en binario.

A continuación, se incluye un ejemplo de cada tipo de operación y su comprobación en el sistema decimal.

Ejemplo A Suma de números binarios

	1	0	1	1	0			2	2									
+	1	0	0	1	0	+	1	8										
	1	0	1	0	0			4	0									

Ejemplo B Resta de números binarios

	1	0	0	0	1			1	7								
-	0	1	0	1	0	-	1	0									
	0	0	1	1	1			7									

Ejemplo C Multiplicación de números binarios

				1	1	0	1	0					2	6				
				×	1	1	0	1	×	1	3							
				1	1	0	1	0			7	8						
				0	0	0	0	0			2	6						
				1	1	0	1	0			3	3	8					
				1	1	0	1	0										
				1	0	1	0	0										
				1	0	1	0	0										

Con este ejemplo se puede comprobar la sencillez de la multiplicación binaria y comparar con el trabajo engorroso de aprender todas las tablas de multiplicar en decimal.

Ejemplo D División de números binarios

	1	1	1		1	0					7		2					
-	1	0			1	1					1		3					
	0	1	1															
	-	1	0															
		0	1															

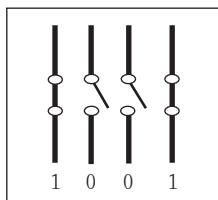
Para la enseñanza y aprendizaje de estas operaciones se recomienda la realización de una gran batería de ejercicios y a continuación la comprobación de los resultados en el sistema decimal.

Paenza (2005) propone algunas actividades y ejemplos curiosos al operar con números binarios. Por último, un recurso didáctico reciente para practicar estas operaciones aritméticas es el denominado Sudoku binario. Esta variante de Sudoku se puede presentar con diferentes niveles de dificultad. La más sencilla consiste en tableros de cuatro celdas (dos filas y dos columnas) en las que se indica una posición (0 o 1). Existen diez tableros posibles que se pueden resolver. Una variante algo más complicada consiste en utilizar los cuatro primeros números binarios (00, 01, 10 y 11) y sustituirlos en el tablero como 0, 1, 2 o 3 de modo que se cumplan las reglas básicas de un Sudoku clásico.

EL CIRCUITO ELECTRÓNICO COMO PRINCIPAL APLICACIÓN DEL SISTEMA BINARIO

En este punto, se debe recordar de nuevo que los números binarios tienen interés en situaciones en las que sólo existen dos posibilidades, y que esto es ideal para trabajar con circuitos electrónicos, ya que éstos utilizan internamente dos niveles de voltaje, es decir, una forma de operar binaria, encendido “1” y apagado “0”. En definitiva, las computadoras, los números binarios y la electricidad son tres elementos difícilmente separables en el área científica y tecnológica (Pappas, 1989). El docente debe insistir en que ésta es su principal aplicación, pero no la única.

Para comprender esta aplicación, es de interés que el estudiante visualice cómo opera el código binario en un circuito electrónico. Para ello, se indica que el estado de un interruptor se puede representar como “1”, cuando está encendido, y como “0”, cuando está apagado. A continuación, se presenta una serie de interruptores colocados en paralelo y se pide al alumno que represente el

Figura 2 Modo de operar el código binario en un circuito con cuatro interruptores

estado de todos ellos mediante los números binarios, como muestra la figura 2 para 1001.

El estudiante puede construir sistemas similares al representado en la figura 2 y estudiar nuevas posibilidades. En este sentido, Paenza (2005) explica en detalle cómo se puede aplicar la matemática binaria para resolver problemas prácticos y elaborar modelos útiles. Uno de los recursos que propone es muy similar al expuesto, ya que consiste en un tablero con varias luces que pueden estar apagadas o encendidas. En este caso, el alumno debe ir especificando todas las posibles configuraciones o combinaciones en las que puede estar un número determinado de luces, hasta determinar el patrón numérico binario. Otro recurso presentado por este autor consiste en analizar las posibilidades que existen para hacer un regalo a partir de cuatro objetos. Como último símil, propone que las computadoras funcionan como si se estuvieran ante una barrera que sube o baja para dejar pasar un coche. Depende de si el tren está o no por venir. Si la barrera está bajada, uno no puede pasar, pero si está levantada, sí. Esto correspondería a impulsos eléctricos. O bien la barrera está bajada, en cuyo caso se representa con un cero (porque no se puede pasar), o bien la barrera está levantada, en cuyo caso se representa con un uno. Luego, como los circuitos que componen las computadoras o bien dejan pasar la electricidad o no, eso se indica con combinaciones de unos y ceros.

Tras esta idea, el docente debe insistir en que de esta manera tan simple el sistema binario permite que una computadora represente números y lleve a cabo operaciones aritméticas, del mismo modo que las personas utilizan el sistema decimal, y que resulta más sencillo, ya que la máquina sólo tiene que distinguir entre dos dígitos para realizar cualquier operación o para ejecutar cualquier orden, y no entre diez, como hubiera sucedido de haberse adoptado el sistema numérico decimal. Asimismo, se debe indicar que no sólo el sistema binario es útil en las computadoras, sino que también lo son los sistemas de base 16 (hexadecimal) y base 8 (octal).

LA BÚSQUEDA DE APLICACIONES PARA EL SISTEMA BINARIO

El estudio de las aplicaciones del sistema binario no se debe limitar a su uso en los circuitos electrónicos que hacen funcionar una computadora. Es más, los estudiantes deben ser conscientes de la gran potencialidad que tiene este sistema de numeración en las aplicaciones en la sociedad, especialmente electrónicas y digitales. Para ello, un recurso didáctico muy interesante es proponer al alumnado la búsqueda de aplicaciones o utilidades cuyo funcionamiento se base en el sistema binario. Esta propuesta se ha realizado durante el curso 2006/2007 con 70 estudiantes pertenecientes a tres grupos de 3^º de ESO del IES Javier de Uriarte de Rota (Cádiz). De entre todas las aplicaciones, el profesor seleccionó las más interesantes y adecuadas al nivel de secundaria, para que los propios estudiantes las expusieran en clase a sus compañeros. Algunas de las aplicaciones propuestas se resumen a continuación, incluyendo algunos recursos didácticos para trabajarlas.

Código ASCII

Los números binarios no sólo nos permiten introducir, operar y extraer la información de las computadoras, sino también comunicarnos con ella a través de los caracteres del alfabeto, por ejemplo, para escribir una carta en un procesador de textos. Esto es posible a través del denominado código ASCII, que representa todas las letras del alfabeto y otros símbolos, mediante combinaciones de ceros y unos. Así, una computadora entiende la letra A por el código binario 01000001, equivalente al número 65.

Como actividad de aula, a partir de los caracteres del código ASCII que se recogen en la cuadro 7, se puede proponer al alumnado que escriba su nombre o que descifre mensajes escritos en este código.

Aplicaciones asociadas a ordenadores

Puesto que casi todo se puede controlar mediante una computadora, son múltiples las aplicaciones de los números binarios en la sociedad. De este modo, es posible efectuar grandes cálculos matemáticos o recuentos numéricos que no se pueden realizar a mano, trazar planos o almacenar y recuperar grandes cantidades de datos. Especial mención tienen las aplicaciones en dispositivos elec-

Cuadro 7 Algunos caracteres del código ASCII (configuración española)

48	0	63	?	78	N	93	J	108	l
49	1	64	@	79	O	94	^	109	m
50	2	65	A	80	P	95	_	110	n
51	3	66	B	81	Q	96	`	111	o
52	4	67	C	82	R	97	a	112	p
53	5	68	D	83	S	98	b	113	q
54	6	69	E	84	T	99	c	114	r
55	7	70	F	85	U	100	d	115	s
56	8	71	G	86	V	101	e	116	t
57	9	72	H	87	W	102	f	117	u
58	:	73	I	88	X	103	g	118	v
59	;	74	J	89	Y	104	h	119	w
60	<	75	K	90	Z	105	i	120	x
61	=	76	L	91	[106	j	121	y
62	>	77	M	92	\	107	k	122	z

trónicos que contienen un microprocesador (chip) y que permiten, por ejemplo, poner a funcionar un electrodoméstico, regular el aire acondicionado o cambiar de canal de televisión con el mando a distancia.

También es interesante que el estudiante analice por qué muchos dispositivos que integran una computadora o se utilizan en ella, tales como las memorias RAM, los lápices de memoria o MP3, se venden en el mercado con capacidades en potencias de base dos.

Dispositivos digitales

La mayoría del alumnado utiliza en su vida cotidiana tecnología digital. Antes de explicar cómo actúan los números binarios en estos dispositivos, se deben acla-

rar las diferencias entre los sistemas analógico y digital. Esto se puede entender estudiando el funcionamiento de un termómetro de mercurio y otro digital. En el primero, se puede observar el cambio de temperatura desde 36.0 a 37.0 °C lentamente, viendo cómo el termómetro va subiendo y pasa por 36.1, 36.2, 36.3 °C, hasta llegar a 37.0 °C. Sin embargo, en un termómetro digital, como los que se encuentran en las calles de las ciudades, se observa un salto de golpe desde 36 °C a 37 °C. De este ejemplo, se deduce que las señales analógicas son señales continuas que varían con el tiempo, mientras que las señales digitales son señales discontinuas en el tiempo.

Igualmente, el paso de una señal analógica a digital es bastante sencillo. Basta con dividir la señal continua que varía con el tiempo en pequeños intervalos y asignar a cada uno de ellos un valor para obtener una lista de valores discontinuos. Luego, debemos transmitir dicha lista, decodificarla en corriente eléctrica y, por último, convertirla de nuevo en lo que significaba inicialmente (sonido, imagen, etc.). En otras palabras, los valores se convierten al código binario y lo que se transmite son largas listas de ceros y unos.

En definitiva, los dispositivos que trabajan con señales digitales pueden transformar el código binario en audio o en imagen. Así, un teléfono inalámbrico con tecnología digital transforma los números binarios en sonido, de la misma manera que un disco compacto (CD) o un MP3 los transforman en música. Por su parte, una cámara digital, una de video, una pantalla TFT de televisión o un cartel publicitario luminoso combinan la imagen con números binarios. Por último, un MP4 transforma los ceros y unos en imágenes y música.

Aplicaciones en los automóviles

El sistema binario también ha encontrado aplicación en muchos de los dispositivos que utilizan los automóviles, principalmente en aquellos que se refieren a la seguridad en el vehículo. Así, el encendido electrónico, los frenos ABS, la bolsa de aire, el control de la velocidad del vehículo al tomar una curva o la regulación automática de la velocidad no serían actualmente posibles sin el conocimiento de este sistema de numeración.

CONCLUSIONES

Este trabajo recopila un conjunto de recursos didácticos útiles que permiten trabajar en la etapa de educación secundaria los contenidos matemáticos relativos al tema “Números binarios”, una unidad donde existen grandes dificultades para su comprensión, enseñanza y aprendizaje.

El conocimiento y empleo del sistema de numeración binario en esta etapa tiene interés por varias razones. En primer lugar, ayuda a desmitificar la idea que tiene el estudiante acerca del sistema decimal como único sistema de numeración que existe. Por otro lado, el alumno tiene la posibilidad de aplicar las operaciones básicas en otro sistema, lo que le permite darse cuenta del significado de cada operación aritmética, las cuales pasan inadvertidas en el sistema decimal al realizarse de una manera mecánica o a través de una calculadora. El sistema binario también ayuda a establecer y describir patrones de numeración, así como a conocer el significado del valor de cada posición de un número en cualquier sistema. En este sentido, el docente debe resaltar que el patrón numérico que utiliza el sistema binario es 1, 2, 4, 8, 16, etc., basado en potencias de dos y no de base diez como el decimal. Por último, el profesor debe recordar que el sistema binario sólo tiene aplicabilidad en aquellos casos en los que existen dos posibilidades de trabajo: sí o no, paso o no de corriente eléctrica, etc., situaciones muy frecuentes en la vida cotidiana. De ahí la importancia de su utilidad en la sociedad actual. Sobre todo, se debe corregir la idea del alumno de que el sistema binario sólo tiene aplicaciones en las computadoras, ya que, como hemos visto, éstas constituyen sólo una parte.

Por otro lado, también se debe insistir en que, a pesar de sus ventajas (múltiples aplicaciones, realización de operaciones de manera muy simple), el principal inconveniente para trabajar con este sistema son las largas listas de ceros y unos que hay que utilizar, manejables de forma rápida sólo por computadoras. Precisamente, ésta es la razón por la cual no ha sustituido al sistema decimal como numeración escrita y fija. A pesar de ello, se debe dar a esta numeración la importancia que merece, al tratarse de un sistema capaz de conectar las matemáticas con la ciencia y la tecnología.

Finalmente, se debe recordar al alumnado que los sistemas binario y decimal no son los únicos sistemas de numeración. Por ello, resulta conveniente proponerle la realización de operaciones en otros sistemas, como el cuaternario o el hexadecimal, ya que las reglas son idénticas a las establecidas para los sistemas decimal o binario, y les permite conocer sus ventajas e inconvenientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMAP (1998), *Las matemáticas en la vida cotidiana* (Director del proyecto S. Garfunkel), Madrid, Addison-Wesley, Universidad Autónoma de Madrid.
- De Guzmán, M. (1995), *Aventuras matemáticas*, Madrid, Pirámide.
- Heath, F. G. (1972), "Origin of the binary code", *Scientific American*, vol. 227, pp. 76-83.
- Karp, K. y R. Robert (1997), "Birthdays and the binary system: a magical mixture", *Mathematics Teaching in Middle School*, vol. 3, núm. 1, pp. 6-12.
- Niskizaki, C. (1990), *Binary Birthday Bracelets*, Raft Education Department, Resource Area For Teachers; fuente: <http://www.raft.net/index.php?pg=ideareresults&dtl=M> (consulta: 14/01/08).
- Paenza, A. (2005), *Matemática... ¿estás ahí? Sobre números, personajes, problemas y curiosidades*, capítulo 2, Buenos Aires, Siglo XXI Editores Argentina.
- Pappas, T. (1989), *Computers, Counting and Electricity. The Joy of Mathematics*, San Carlos, Wide World Publ.
- Perelman, Y. (1980), *Aritmética recreativa*, Moscú, Mir.
- Raft Education Department (2003), *Binary Weaving*, Resource Area For Teachers; fuente: <http://www.raft.net/index.php?pg=ideareresults&dtl=M> (consulta: 14/01/08).
- Raft Education Department (2004), *Binary Dots*, Resource Area For Teachers; fuente: <http://www.raft.net/index.php?pg=ideareresults&dtl=M> (consulta: 14/01/08).

DATOS DEL AUTOR

Antonio Joaquín Franco Mariscal

IES Caepionis, Chipiona, Cádiz, España
antoniojoaquin.franco@uca.es