

DIGITALIZACIÓN: DEL BIT A LA ERA DIGITAL

Félix Herrera Priano

Por fortuna, hoy en día existen muchas formas de entender, transmitir e interpretar la información. La base de los modernos ordenadores se encuentra en la digitalización. Nos guste o no, vivimos inmersos en un mundo eminentemente digital: redes de comunicación, fuentes de audio, vídeo, CDROM, DVD, tecnologías Internet, etc.

Se habla que todo este tipo de procesos, a los que nos hemos ido incorporando paulatina pero aceleradamente, invitan a un cambio social que se ha producido de manera exponencial. Y hablamos de un factor exponencial porque realmente la tecnología evoluciona de esa forma: cada 18 meses aproximadamente se consigue doblar la potencia de cálculo de los procesadores y se reducen a la mitad los precios. Y es que aún no ha existido otro fenómeno en la historia de la humanidad que haya sufrido semejante desarrollo.

Ya desde hace casi quince años, cuando el desarrollo de la informática no era ni tan sólo parecido a lo actual, un autor británico afirmaba que si el mundo de la automoción se hubiera desarrollado a la par que el de la informática hoy en día se podría disponer de todo un Rolls-Royce por menos de 300 pesetas y su potencia sería equivalente a un moderno transatlántico con capacidad para realizar 1.000.000 de kilómetros con tan sólo un litro de carburante. Incluso ahora podemos afirmar que ese cálculo ha quedado corto respecto a la lógica evolución tecnológica aún más exponencial de la última década.

48

Parece increíble pensar que todo un mundo, en principio tan complejo, pueda basarse en algo tan simple como dos valores de información (normalmente, cero y uno). Pero la magia del soporte de transmisión digital comienza realmente con la combinación de dichos valores.

Fuera de todo perfil técnico, entre las definiciones de bit más sugerentes quizá la que más nos gusta es aquella en que se dice que el bit no tiene color, ni peso y viaja a la velocidad de la luz. O, como define el propio Negroponte en su obra *El mundo digital*, es el "elemento más pequeño en el ADN de la información".

Y aquí comienza la historia: La del interruptor abierto o cerrado, la luz encendida o no, la señal presente o no presente. Todo configura un mundo donde el fenómeno de la Digitalización ha conseguido, entre otras cosas, adentrarnos en lo que muchos autores no dejan de llamar *la tercera ola, la revolución postindustrial* o, simplemente, *la era digital*.

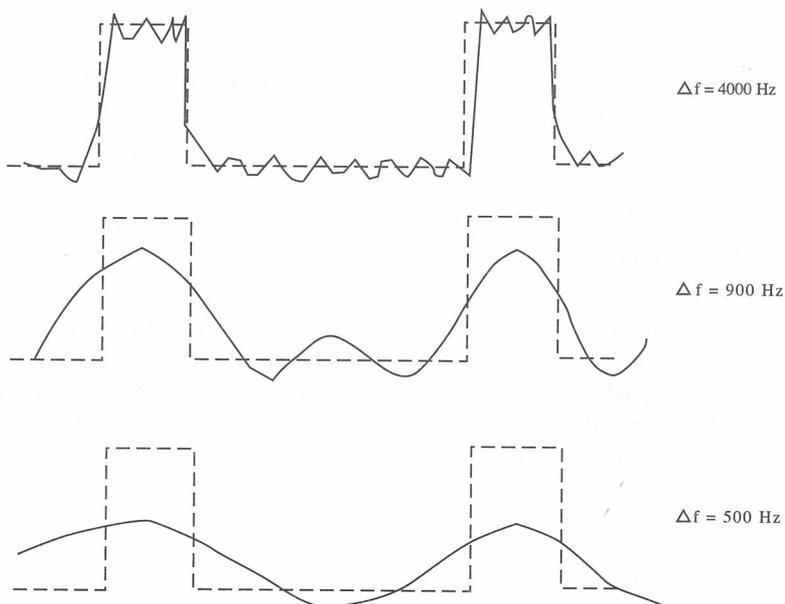
Capacidad y cantidad de información

No hace tanto tiempo que un ingeniero eléctrico llamado Claude E. Shannon enunciaba su conocido teorema de la digitalización. Concretamente en 1948 la *teoría de la información* configuró una descripción matemática de lo que un canal de comunicaciones podía y no podía hacer. Midió entre otras cosas el rendimiento de su eficiencia y la capacidad potencial para que se produjeran errores. Resultó realmente interesante saber cómo sus estudios han conducido a tener en cuenta uno de los grandes retos de la tecnología de hoy: contamos con numerosos medios de transmisión pero su capacidad real de transmisión sigue siendo un *handicap* para la ingeniería actual. Medios como la fibra óptica o técnicas de multiplexación avanzadas permiten utilizar velocidades de transmisión inimaginables hace tan sólo 20 años. Sin embargo los medios de transmisión degradan y atenúan las señales por su propia naturaleza.

Sus trabajos en esta línea se basaron en lo que ya, desde 1924, otro científico llamado Nyquist había observado como la existencia de un límite fundamental en las transmisiones digitales sobre canales analógicos: teorema de Nyquist. Se establecía ya por aquellas fechas que, efectivamente, la velocidad máxima de transmisión que se podía obtener en un canal estaba limitada por la capacidad del mismo para transmitir información (*ancho de banda*). De la misma forma establecía el valor de la eficiencia del canal de comunicación como una relación entre la velocidad de transmisión y el ancho de banda.

Cualquier medio o canal de transmisión tiene una capacidad limitada. Por ejemplo la frecuencia de la voz que utilizan los dispositivos de telefonía convencional son capaces de variar la frecuencia de la misma desde 0 a 3.000

48



veces por segundo. Lógicamente la calidad de audio generada por este tipo de sistemas es bajo pero resulta ser lo suficientemente buena como para poder escuchar y diferenciar las palabras con nitidez en un sistema telefónico.

Shannon también llegó a definir lo que se conoce como la cantidad de unidades de información que, matemáticamente hablando, se interpreta como el logaritmo de la inversa de la probabilidad de ocurrencia del suceso contenido en el mensaje de información. Veamos un ejemplo: Si estuviésemos en una autopista y leemos el parte de tráfico diario podría ocurrirnos que la información recibida fuese del tipo: "atasco durante 2 km", "atasco durante 1 km" y como tercera opción "tráfico fluido y sin atascos".



Claude Shannon

Para una persona habituada a recibir tal información y a encontrarse ese tramo de autopista con atascos en torno a 2 km el primer mensaje prácticamente no le aporta apenas información puesto que para él puede tratarse del estado normal de circulación durante prácticamente todos los días del año. El segundo mensaje supondría cierta variación al estado normal puesto que ahora el atasco se reduce tan sólo a la mitad. Por último, el tercer mensaje contendría una valiosa y completa información puesto que tal condición de "sin atascos" sólo se produce pocas veces al año. Básicamente esto es lo que Shannon nos intenta enseñar a través de sus teoremas. La cantidad de información está condicionada matemáticamente por probabilidad de ocurrencia.

48

La información digital también se degrada

Al igual que para diseñar una canalización que abastezca de agua potable a un pueblo o una aldea resulta siempre recomendable previamente realizar un dimensionamiento de dicha canalización para que todo pueda funcionar sin problemas, en materia de comunicaciones ocurre básicamente lo mismo. El buen funcionamiento de los cables de cobre, las fibras ópticas o los medios radioeléctricos también depende de un correcto dimensionamiento. Lógicamente por una tubería de un diámetro determinado no es posible enviar toda la cantidad de agua que queramos porque es posible que la distancia que queramos recorrer sea excesiva o, simplemente, la fuerza del caudal resulta demasiado elevada para que las paredes puedan resistirlo.

Y es que por mucho que nos empeñemos en utilizar formas digitales de transmisión los medios por los que viajan siguen teniendo una dependencia clara: Desde el punto de vista de las comunicaciones los impulsos eléctricos también se degradan y la distancia a recorrer muchas veces invita a que sean regenerados y reenviados nuevamente al medio. Una vez más los principios matemáticos y físicos vuelven a marcar la pauta tecnológica de la humanidad.

Resulta más que curioso saber que, a pesar de la perfección de la polaridad entre el 0 y el 1 los sistemas de transmisión actuales sufren la deformación y degradación a medida que se propagan las señales por los diferentes medios de transmisión. Incluso el estudio de cómo deformar los originales pulsos (bits) a la entrada de las líneas de comunicación para intentar corregir su nivel de degradación a la salida resulta enormemente interesante (son los denominados *solitones*).

Tres pasos hacia la digitalización

Históricamente las redes de telecomunicación han funcionado a través de la transmisión de señales analógicas donde, para adecuarlas correctamente al medio de transmisión, se varía alguno de sus parámetros fundamentales en función del tiempo como puede ser la amplitud, la fase o la frecuencia.

48 Cuando se transmiten datos por un canal analógico (por ejemplo las líneas telefónicas convencionales) es preciso modificar la naturaleza de la señal original para adecuarla al medio y, posteriormente, devolverla a su estado original: Es lo que comúnmente denominados modular y demodular una señal (por ejemplo a través de un módem). De forma contraria cuando se envía una señal analógica por un canal digital se debe *codificar* en origen y *decodificarla* en el destino (tales dispositivos se denominan conversores analógico-digitales aunque también se suele utilizar la denominación de códecs). Por ejemplo, un sistema de videoconferencia convierte una señal analógica (imagen tomada por una cámara) en una señal digital que a su vez puede ser transportada al otro lado del planeta para ser vista desde un ordenador.

Realmente una señal pasa por tres fases antes de su plena digitalización: El periodo de *muestreo*, la *cuantificación* y su posterior *codificación*.

Supongamos que tenemos una gran fuente de información como puede ser una enorme biblioteca formada por más de cuatro millones de volúmenes. Si repentinamente tuviésemos que realizar un viaje interestelar donde la capacidad de nuestra nave estuviese limitada y quisiéramos llevar parte de la información más representativa lo lógico sería tomar una muestra significativa como podrían ser los volúmenes más relevantes de los diferentes campos de las Ciencias y las Letras como auténtica representación del saber humano (Matemáticas, Física, Química, Biología, Filología, Psicología, etc.). Si ésta fuera la base de crear y desarrollar una nueva civilización y, si hemos realizado bien la selección, posiblemente estas obras podrían ser la fuente de donde brotaría nuevamente el saber humano (hemos muestreado para poder reproducir nuestro conocimiento). Por eso cuando muestreamos (tomamos valores

discretos) de una señal si pretendemos reproducir el original partiendo de esas muestras dependerá en gran medida de la cantidad y frecuencia con que hayan sido tomadas.

Cuantificar sería el segundo proceso al que vamos a someter a nuestra señal ya muestreada. Podríamos comparar tal proceso como el intentar describir a alguien el color de la pared de nuestra casa (supongamos que es de color gris). Lo lógico sería aportar una serie de datos con respecto a la cantidad de color, brillo, intensidad, etc. aunque posiblemente sería más fácil describirle que se trata de un color más oscuro que el blanco y más claro que el negro. De manera más simple podríamos rápidamente acudir a definiciones del tipo "es gris como ..." intentando compararla con algún objeto por él conocido. Sin embargo, percibir esa sensación de forma numérica para un ordenador cuyo corazón sólo está formado por un conjunto de bits que fluyen a través de circuitos digitales, la forma más fácil de realizarlo sería definiendo una cota superior e inferior de tonalidad para después centrarnos en el color que realmente tiene la pared. Es decir, dentro de una escala ficticia, si el 0 equivale al blanco y el cien equivale al negro completo, mi pared es de color 50. Es decir, un gris formado por la combinación del blanco y el negro al 50% en proporción cada uno de ellos. Si quisiéramos darle mayor o menor intensidad bastaría con describir una cantidad en esa escala de 0 a 100 que hemos utilizado como referencia de color. Los seres humanos somos expertos, porque nuestra capacidad intelectual así nos lo permite, en que a su vez el color dependiendo de su intensidad, pueda sugerirnos diferentes sensaciones. Incluso para un daltónico como el que les escribe es posible que llegue a confundirlo y sea un azul cielo cuasi-perfecto. Pero por el momento las máquinas, por fortuna o desgracia, seguirán interpretando dicha cantidad como un valor numérico.

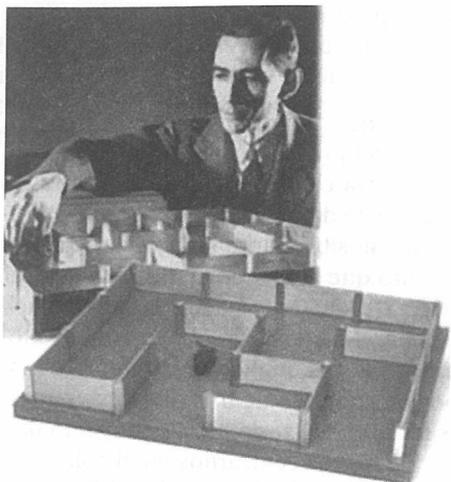
48

Ya por último sólo nos quedaría transmitir esa información cuantificada del color por una línea de comunicaciones donde los valores aceptados fueran sólo ceros y unos. Debemos establecer un código que nos permita enviar de forma binaria los valores antes mencionados. Es decir, deberemos pasar el número 50 a formato binario para que posteriormente el receptor pueda recibirlo en el otro extremo.

Conclusión analógico-digital

Vivimos inmersos en un mundo donde nuestra percepción analógica de las cosas pasa por una interpretación digital de los datos. Desde las grandes líneas de comunicaciones que atraviesan el espacio como enlaces de satélites a las profundidades de los cables submarinos o las comunicaciones inalámbricas en los móviles más sofisticados de última generación, todo pasa por un submundo digital.

Nuestra capacidad de recibir y procesar la información está limitada. De ahí que utilicemos y nos apoyemos en sistemas telemáticos para evolucionar rápidamente. De todas formas los receptores principales de toda esa información seguimos siendo humanos y, como tales, nos vemos indefectiblemente sometidos a nuestra capacidad de entenderla e interpretarla correctamente.



Laberinto lógico utilizado por Shannon

Se dice desde hace algunos años que la información es el poder, sin embargo y, bajo el modesto punto de vista de este autor, vivimos inmersos en un mundo donde la capacidad de obtenerla fácil y rápidamente ha sido superada con creces. Entramos ahora en una nueva revolución: la *selección de información* donde el nuevo concepto de poder se basará en la capacidad para seleccionar la fuente más correcta y fiable.

En cualquier caso la digitalización es el fenómeno que, sin duda, ha marcado la calidad y la velocidad de muchas de las ven-

tajas tecnológicas que disfrutamos hoy en día. Posiblemente el siguiente paso sea el buscar paradojas como las comunicaciones sin medios de comunicación o un desarrollo extraordinario de la mente al límite de la ciencia-ficción para realizar gran parte de estos procesos.

48 En contra de otras opiniones, un mundo digital no ha de ser un mundo impersonal. Se dice que la tecnología está al servicio del hombre aunque a veces no deja de parecer incongruente. Hace apenas unos meses hemos vivido intensamente el tan hablado *efecto 2000* del que, a buen seguro, las futuras generaciones tomarán como referencia. No nos quepa duda que seremos objeto de la crítica más aguda cuando, posiblemente un ciber-profesor desde un ciber-museo informará a sus ciber-alumnos que hace unos pocos años y en plena era digital la humanidad gastó el equivalente a 90 billones de pesetas en solucionar un problema porque creyó erróneamente que la tecnología estuvo a su servicio.

En apenas unas líneas hemos intentado analizar este mundo de transiciones. De hecho usted, lector, si ha llegado hasta este punto significa, entre otras cosas, que habrá recorrido amablemente estos párrafos con su percepción e interpretación analógica. Yo, por el momento me conformaré con seguir escribiendo mis conclusiones analógicas a través de un cómodo formato digital.