

La información

No es ningún secreto que la vida moderna nos da muchas herramientas para hacer las cosas más rápidas, o más fáciles; o para hacer cosas que hace tiempo no se hubieran creído posibles. A través de Internet podemos manejar nuestras cuentas bancarias, consultar los diarios, mirar videos, estudiar, comunicarnos con nuestros amigos y miles de otras cosas. Sacamos fotos con celulares o con cámaras digitales, nos comunicamos con teléfonos móviles, leemos libros electrónicos, jugamos o escuchamos música con dispositivos portátiles. Hasta los autos y los lavarropas tienen una determinada inteligencia para hacer las cosas.

En todos estos casos, hay algo en común: en todas estas situaciones, existe esencialmente algún **dispositivo** que **procesa información**.

Diariamente utilizamos información en casi todo lo que hacemos. La necesitamos para poder desarrollar nuestra vida diaria. En esta materia nos vamos a ocupar de conocer, entre otras cosas, qué es la información, cómo es que se procesa la información por medios automáticos y cómo están contruidos los dispositivos capaces de hacerlo.

Datos e información

Cuando Alicia dice “19/3/95”, nos está comunicando un **dato**. Cuando además nos dice que ese dato es su fecha de nacimiento, nos está dando **información**. La información se compone de datos, pero puestos en contexto de manera que sean relevantes, es decir, importantes, y modifiquen de alguna manera nuestra visión del mundo.

Esta información puede ser producida, almacenada, recuperada, comunicada, procesada, de varias maneras.

- La información se **produce** a raíz de algún **evento** importante, a partir del cual podemos **tomar alguna decisión**.
 - Evento: las tostadas saltan de la tostadora. Información: las tostadas están listas. Decisión: sacarlas de la tostadora y comerlas.
 - Evento: el semáforo para peatones cambia a “caminar”. Información: me toca el paso. Decisión: avanzar y cruzar la calle.
 - Evento: Alicia nos dice "hoy cumpla 18 años". Información: es el cumpleaños de Alicia. Decisión: felicitarla, y quizás hacerle un regalo.
- Cuando la información se **almacena**, es porque queda escrita o registrada de alguna forma en un **soporte** o medio de almacenamiento. Puede tratarse de un papel escrito con la lista de las compras, una pantalla que muestra horarios de llegada de aviones, o un pendrive con canciones.
- La información puede ser **comunicada**. Comunicamos información al recitarle la lista de las compras al almacenero; al decirle por teléfono a alguien a qué hora vamos a llegar mientras miramos la pantalla de los horarios; al escuchar las canciones almacenadas en el pendrive.
- A veces, para poder comunicar información hace falta **copiarla** de un soporte a otro. Ocurre esto al pasar en limpio la lista de compras en otro papel; o al ingresarla en la computadora, o al sacarle una foto.

¿En qué otras situaciones se produce información? Describa situaciones de la vida diaria donde la información se almacene. ¿Qué ejemplos de soportes de información conoce? ¿Se puede perder la

información? ¿Se puede destruir un soporte de información y sin embargo conservarse la información? ¿Puede existir información sin un soporte? ¿Qué otras situaciones de comunicación de información puede describir?

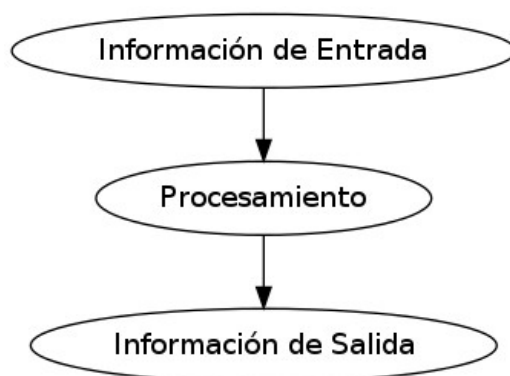
Procesamiento de la información

Cuando decimos que la información es **procesada**, queremos decir que hay alguien o algo que modifica esa información, presentándola de otra manera o combinándola con alguna otra pieza de información. Ese alguien o algo es un **agente** (agente quiere decir "que realiza una acción") de procesamiento de información. Todos procesamos información continuamente, durante todo el día, para varios fines.

El procedimiento exacto que se necesita para modificar la información depende de cada problema, de la forma como está representada la información, y de la forma como se desea obtener al final. Para lograr esa transformación se requiere utilizar la información tal como está representada, y operar con ella para crear una representación diferente.

Ese procedimiento necesario, en teoría, puede ser llevado a cabo por una o varias personas. Es lo que hacen, por ejemplo, los docentes en los colegios cuando toman la planilla de notas y calculan la nota final para cada alumno; los empleados contables, cuando toman el registro de asistencias e inasistencias de un empleado junto con su legajo y calculan el monto de lo que debe cobrar; el médico, cuando recibe el análisis de sangre de un paciente y combina esos datos con sus propias observaciones del paciente para formular un diagnóstico; el sistema de navegación automática de un avión, cuando analiza los datos de su posición y velocidad, y calcula la corrección necesaria para mantener el rumbo.

Un agente de procesamiento de información, primero que nada, debe **recuperar** esta información, es decir, leerla del soporte donde está almacenada. La información de la cual se parte para resolver un problema se llama información de entrada, o simplemente **entrada**; y la que produce el agente de procesamiento, información de salida, o simplemente **salida**.



Tratamiento automático de la información

La información es tan importante para nuestras actividades, que resulta interesante comprender y aplicar las formas de procesarla en forma **automática**, es decir, usando máquinas. Las ventajas son, por supuesto, que es posible construir máquinas que ejecuten este procesamiento sin cansarse, sin equivocarse, y en muchísimo menos tiempo. Y como consecuencia de todo esto, a mucho menor costo.

En muchos casos, el procesamiento de información podría hacerse a mano. Lamentablemente, algunos casos de procesamiento de información son tan complicados, o llevan tanto trabajo, que a mano resultan impracticables. En caso de realizarlos a mano, con lápiz y papel, el resultado tardaría tanto en estar disponible que directamente no serviría para nada.

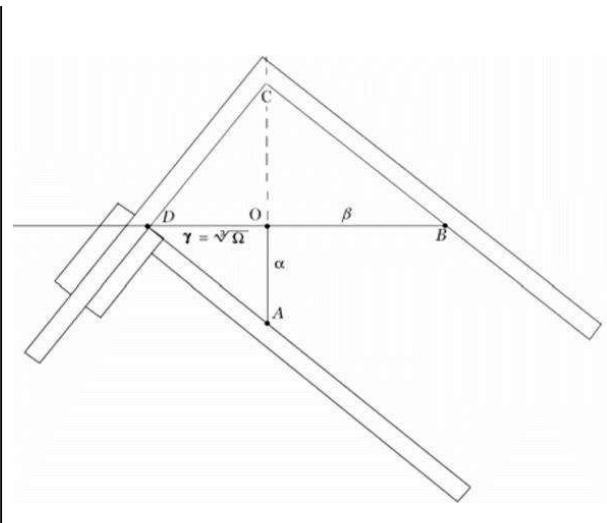
Ejemplo

¿De dónde sale la información que nos da la señorita del pronóstico del tiempo por la televisión? ¿Cómo se computa esta información? ¿Cuánto tiempo le llevaría a una persona realizar esos cálculos? ¿Y a más de una persona?

Perspectiva histórica

En realidad, el procesamiento de información viene de muy antiguo. Todos los pueblos que han desarrollado sistemas de escritura, con alfabetos u otros sistemas de signos, han sido capaces de almacenar información. Inclusive podemos decir que es antiguo el tratamiento de la información por medios más o menos **automáticos**, y más o menos mecánicos. El *ábaco*¹ es un mecanismo de cómputo antiquísimo, extremadamente simple y maravillosamente efectivo, que aún se enseña en las escuelas de algunos países. Los *quipus*² de los incas fueron una forma de almacenamiento de información. Los pueblos antiguos diseñaron máquinas, a veces sumamente complicadas, para ayudarse en el diseño de armas³, o para completar cálculos astronómicos⁴.

Extractor mecánico de raíces cúbicas, inventado por un geómetra griego anónimo de los siglos III o IV. Se utilizaba para calcular el diámetro de las cuerdas de una catapulta.



1 <http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81baco>

2 <http://es.wikipedia.org/wiki/Quipus>

3 <http://www.mlahanas.de/Greeks/war/Catapults.htm>

4 http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanismo_de_Anticitera

—Los alejandrinos han obtenido una fórmula —dijo Arquímedes, satisfecho—. Es probable que tú no la conozcas porque todavía es nueva, pero se han hecho muchas pruebas con ella, y funciona. Se toma el peso que debe ser lanzado y se multiplica por cien, luego se calcula la raíz cúbica, se le suma un décimo, y de ese modo se obtiene el diámetro del calibre en ancho de dedos.

Eudaimon se burló.

—¿Y qué es una raíz cúbica, en nombre de todos los dioses? —preguntó.

Arquímedes lo observó, demasiado asombrado para poder hablar. «La solución al problema délico —pensó—, la piedra angular de la arquitectura, el secreto de la dimensión, la diversión de los dioses.» ¿Cómo era posible que alguien que fabricaba catapultas no supiese lo que era una raíz cúbica?

Eudaimon lo miró con desagrado. Luego arrugó el papiro con furia, simuló limpiarse el trasero con él y lo arrojó al suelo.

Fragmento de *El Contador de Arena*, de Gillian Bradshaw.

Lo que nos diferencia de estos pueblos antiguos es que con la tecnología moderna podemos tratar cantidades muchísimo más grandes de información, en tiempos muchísimo más reducidos, y con formas de procesamiento muchísimo más complicadas, usando, claro está, computadoras.

Representación analógica y digital

Esos dispositivos de la antigüedad tienen además una diferencia importante con las computadoras modernas. Las computadoras que usamos hoy sólo pueden tratar la información cuando está expresada, o representada, mediante **valores discretos**, es decir, **numerables**⁵. Por esto se dice que las computadoras modernas son **sistemas digitales** (es decir, basados en dígitos, o números).

Contrariamente, algunos de los dispositivos antiguos que hemos visto, como el extractor de raíces cúbicas, son una forma de **computadoras analógicas**. Los sistemas analógicos tratan con la información representada como un conjunto de **valores continuos**. Las variables físicas (peso, temperaturas, distancias, tiempos) suelen tomar valores continuos: un objeto puede pesar 2Kg, 3 Kg, o cualquier valor intermedio. En cambio, la cantidad de objetos es un valor digital.

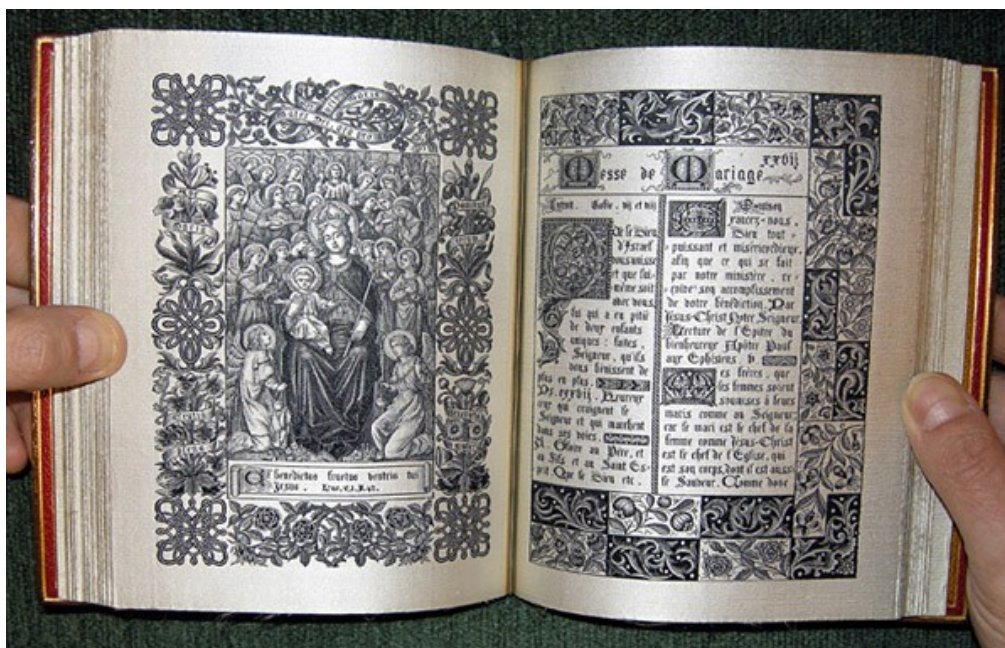
En una computadora digital no pueden representarse todas las cantidades que pueden tomar las variables analógicas. Si bien en Matemática tenemos perfectamente definido el valor de “raíz de 2” (que es *el número que, elevado al cuadrado, da 2*), en computación no podemos representarlo con toda precisión. En un sistema digital sólo podemos trabajar con **aproximaciones** a $\sqrt{2}$, porque al ser un irracional **tiene infinitos decimales**. Lo mismo pasa con cualquier otro número irracional (como **Pi**), y con muchos números racionales. Y además, tenemos limitaciones para trabajar con enteros demasiado grandes, o demasiado pequeños. Todo esto se debe a que los **recursos físicos** de una computadora digital para almacenar dígitos de información siempre son limitados.

La idea de representar **digitalmente** la información, de todos modos, no es algo exclusivo de nuestros días. A principios del siglo XIX ya existía el telar de Jacquard⁶, ingenioso dispositivo para tejer telas usando tarjetas perforadas. Estas tarjetas eran una forma **digital** de representación de

5 http://es.wikipedia.org/wiki/Variable_discreta_y_variable_continua

6 http://es.wikipedia.org/wiki/Telar_de_Jacquard

información; en este caso, de patrones de diseño bidimensionales. Como suele ocurrir en ciencia y tecnología, este aparato inspiró a otros, entre ellos a Charles Babbage⁷, quien ideó lo que se considera la primera computadora, y a Herman Hollerith⁸, quien desarrolló una computadora digital electromecánica que sirvió para automatizar los primeros censos de la inmigración europea hacia América del Norte. Estas máquinas son una forma de primitivas computadoras digitales de **programa almacenado**.



"Libro de Plegarias" impreso en 1886 sobre seda, utilizando el telar de Jacquard con tarjetas perforadas. ¡Un antecesor del libro electrónico!

La información como objeto matemático

No hay una única definición de información, ya que cada ciencia o disciplina utiliza el concepto en forma diferente. Un epistemólogo define la información como "una diferencia que importa"⁹. Wikipedia dice que la información es "una secuencia de símbolos que puede ser interpretada como un mensaje"¹⁰. Si preguntamos a una persona cualquiera qué significa para ella información, es posible que lo primero que se le venga a la cabeza sean las noticias del diario o de la TV.

Aunque todo lo anterior resulta correcto en su contexto, nosotros hablaremos de información en un sentido más preciso. Esto implica considerar la información desde un punto de vista matemático.

Siempre que los matemáticos consideran cosas del mundo real para trabajar, tratan de quedarse con lo esencial de esas cosas, aquello que puede ser reducido a cantidades y propiedades esenciales. Este procedimiento mental se llama **abstracción**. Cuando pensamos en la información en forma abstracta, no nos importa cómo está construido el mensaje (la **sintaxis**) ni lo que quiere decir (la **semántica**). Al abstraer datos, símbolos y mensajes, dejamos afuera su forma y su significado, sacando todo lo que sobra, y nos queda... *la información*. Ahora esta información puede ser medida y reducida a unidades.

⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Charles_Babbage

⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Herman_Hollerith

⁹ http://es.wikipedia.org/wiki/Gregory_Bateson

¹⁰ <http://es.wikipedia.org/wiki/Informaci%C3%B3n>

Para ejemplificar, volvamos al episodio de la tostadora que eyecta sus tostadas listas. Ésta era una situación de producción de información. Si comenzamos a abstraer propiedades no esenciales de esa situación, ¿qué nos queda? Para el matemático no es importante que se trate de una tostadora, ni de tostadas, ni que el evento sea exactamente la eyección de una tostada. Lo importante es que *antes no había ocurrido el evento, y ahora sí*. En el caso del semáforo, no es importante que se trate de un semáforo, ni la altura a la cual está puesto, ni siquiera el color. Lo importante es que se ha producido el evento. Antes no había ocurrido el evento, y ahora sí. Antes, el símbolo era uno, y ahora es otro. Esta diferencia en el tiempo es lo que genera la información, no la tostadora, ni la tostada, ni el semáforo.

Si alguien no pudiera ver la tostadora, o el semáforo, y necesitara tomar una decisión, podría preguntar a alguien más si el evento ya ha ocurrido, y ese alguien más podría responderle "**sí**" o "**no**". Esa persona le estaría comunicando la información necesaria para tomar la decisión. Ésta es la "diferencia que importa" y es la mínima unidad de información que se puede comunicar.

Las preguntas "de sí o no" se llaman preguntas **binarias**, porque su respuesta tiene dos posibilidades. Esa respuesta permite tomar una decisión entre dos posibles acciones (retirar la tostada/no retirar la tostada; avanzar/no avanzar). No hay una decisión más simple, ¡porque no se puede tomar una decisión entre **menos** posibilidades!

La cantidad de información que es aportada por la respuesta a una pregunta binaria recibe el nombre de **bit**. Un bit es, en definitiva, una pieza de información que puede tomar uno de dos valores. Esos dos valores suelen representarse con **0** y **1**, que como veremos más adelante, son los dos dígitos del **sistema de numeración binario**. El dígito binario, o, abreviadamente, "bit", es la **mínima unidad de información** en Informática. Al haber identificado esa unidad mínima de información, ahora podemos medir la "cantidad de información" de cualquier pieza de información.

Si quisiéramos diseñar un artefacto de comunicación de información muy simple, podríamos hacerlo con una luz eléctrica provista de un interruptor. Cuando la persona interesada en comer la tostada viera la luz encendida, recibiría la información de que la tostada está lista. Nuestro dispositivo de comunicación habría acabado de comunicar **un bit de información**.

En una escena de una película muy popular, de no hace mucho tiempo, hay un dispositivo similar para comunicar el inicio de una guerra... ¿Recuerdan la escena? ¿De cuál película estamos hablando?



¿Cómo se analiza esta escena en términos de información? ¿Qué operaciones tienen lugar sobre la información durante toda la secuencia? ¿Cuánta información se transmite? ¿Quiénes son los agentes de procesamiento?

Cantidad de información

El semáforo para peatones del ejemplo comunica un bit de información, porque nos permite decidir entre avanzar y no avanzar. Uno compuesto, como los semáforos para automovilistas que indican permiso de avanzar y permiso de giro, nos permite decidir entre más posibilidades. Representemos esas posibilidades:

Semáforo de avanzar	Semáforo de giro a izquierda	Interpretación
Verde	Verde	Puedo avanzar o girar
Verde	Rojo	Puedo avanzar pero no girar
Rojo	Verde	No puedo avanzar pero sí girar
Rojo	Rojo	No puedo ni avanzar ni girar

Los dos elementos del semáforo compuesto, independientes pero combinados, suman **dos bits** y nos dan la decisión entre **cuatro** posibilidades. Sin embargo, tomados individualmente, cada elemento del semáforo sigue comunicando un bit de información. Cada vez que agrego un bit de información, **multiplico por dos** las posibles decisiones.

¿Cuántas situaciones posibles nos da un semáforo que tiene **tres elementos**: luz de avanzar, luz de giro a izquierda y luz de giro a derecha? Digamos que la luz de giro a la izquierda puede estar encendida o apagada, y que es el primer elemento del semáforo. Lo mismo la luz de avanzar, y supongamos que es el segundo elemento. Lo mismo para el tercer elemento, que es la luz de giro a la derecha. Utilicemos una notación muy resumida para especificar este semáforo de tres elementos. Escribamos una luz encendida como “1” y una luz apagada como “0”. No es coincidencia que elijamos precisamente esos símbolos, que son los dígitos del **sistema binario** de numeración.



Entonces, un estado posible del semáforo sería **011**, que quiere decir: **no puedo girar a la izquierda, pero sí puedo avanzar, o girar a la derecha**. Si escribimos todas las combinaciones posibles de tres símbolos 0 y 1 tendremos las ocho posibilidades:

000

001

010

011

100

101

110

111

Como puede verse, hay una relación muy directa entre la cantidad de posibilidades para un evento, la cantidad de información que necesitamos para describir completamente ese evento (es decir, para representar todas sus posibilidades), y los números binarios de una cierta cantidad de dígitos.

- ¿Cuántos bits necesitamos para representar un evento que tiene **16** posibilidades?
- ¿Cuál es la fórmula general para conocer la cantidad de bits (o de dígitos binarios) necesarios para describir un evento de **n** posibilidades? Si numeramos las posibilidades de ese evento con números decimales, comenzando desde 0, ¿qué número le corresponde a la última posibilidad?
- ¿Cuántas posibilidades puedo representar con un conjunto de **ocho bits**?
- Ana piensa un número entre **0** y un número máximo conocido, **M**, y Belén tiene que adivinarlo. A Belén se le permite hacer la pregunta “**¿Es mayor que X?**” para cualquier X que Belén elija, y Ana contesta correctamente. ¿Cuáles deben ser esas preguntas? ¿Cuánta información le da a Belén cada respuesta? Si se sabe que el número pensado por Ana está entre 0 y 7 inclusive, ¿en cuántas preguntas puede Belén adivinar el número pensado? Dicho en otras palabras, ¿cuántos bits de información necesita Belén? ¿Y si el número pensado por Ana está entre 0 y 15? ¿Y entre 0 y 255? ¿Y entre 0 y 1023?

Información y computadoras

Si bien el tratamiento de la información tiene una existencia independiente de la computación, hoy prácticamente toda la información se trata mediante **computadoras**. El Diccionario de la Lengua de la Real Academia Española dice que el término **Informática** viene del francés y designa el "conjunto de conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de ordenadores"¹¹.

11 <http://lema.rae.es/drae/?val=inform%C3%A1tica>

Sin embargo, hay que tener presente que la información y su tratamiento presentan muchos problemas interesantes para la ciencia aun sin necesidad de pensar en utilizar computadoras, o aunque las computadoras nunca se hubieran inventado. Es decir: **Informática y Computación** son dos disciplinas diferentes, aunque estrechamente relacionadas.

Los circuitos de las computadoras electrónicas son más fáciles de diseñar y construir, más económicos, y más útiles, cuando funcionan en base a sólo dos clases de señales o **estados**. Los microscópicos circuitos de las computadoras digitales modernas están en uno de dos posibles estados: activo o inactivo. Por este motivo se llaman **biestables**. Un elemento biestable de una computadora está **activo** cuando por él circula una determinada corriente. En esta condición, o estado, el biestable representa un 1. Cuando el mismo elemento está inactivo, representa un 0. De esta forma, las computadoras son dispositivos contruidos de modo de poder manipular bits.

¿Por qué las computadoras son capaces de procesar tantas clases diferentes de información? Para poder ser almacenada, recuperada, procesada o comunicada por una computadora, la información debe estar representada por bits. Al ser capaces de tratar con bits y bytes, las computadoras pueden procesar cualquier clase de información, porque cualquier pieza de información puede descomponerse en partes y ser representada por bits. A la hora de representar datos de la vida real, para tratarlos por medios automáticos (es decir, al momento de procesar información con computadoras), esos datos pueden ser traducidos a bits de muchas maneras. Una forma natural de representar los números enteros, por ejemplo, es utilizar el sistema binario de numeración. Esta representación se traduce a bits de manera inmediata: un 0 o 1 binario será un bit con estado respectivamente inactivo, o activo, en la circuitería de la computadora.