

ELOQUENT JAVASCRIPT

THIRD EDITION

A Modern Introduction
to Programming

Marijn Haverbeke



ELOQUENT JAVASCRIPT

3RA EDICIÓN

Marijn Haverbeke

Copyright © 2018 por Marijn Haverbeke

Este libro está bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>). El código también puede considerarse bajo una licencia MIT (<http://opensource.org/licenses/MIT>).

Las ilustraciones han sido contribuidas por varios artistas: Cover and chapter illustrations by Madalina Tantareanu. Pixel art in Chapters 7 and 16 by Antonio Perdomo Pastor. Regular expression diagrams in Chapter 9 generated with regexper.com by Jeff Avallone. Village photograph in Chapter 11 by Fabrice Creuzot. Game concept for Chapter 15 by Thomas Palef.

The third edition of Eloquent JavaScript was made possible by 325 financial backers.

You can buy a print version of this book, with an extra bonus chapter included, printed by No Starch Press at <http://a-fwd.com/com=marijhaver-20&asin-com=1593279507>.

CONTENTS

INTRODUCCIÓN	1
Acerca de la programación	2
Por qué el lenguaje importa	3
¿Qué es JavaScript?	6
Código, y qué hacer con él	8
Descripción general de este libro	9
Convenciones tipográficas	9
1 VALORES, TIPOS, Y OPERADORES	11
Valores	11
Números	12
Strings	15
Operadores unarios	16
Valores Booleanos	17
Valores vacíos	19
Conversión de tipo automática	20
Resumen	22
2 ESTRUCTURA DE PROGRAMA	23
Expresiones y declaraciones	23
Vinculaciones	24
Nombres vinculantes	26
El entorno	27
Funciones	27
La función console.log	28
Valores de retorno	28
Flujo de control	29
Ejecución condicional	29
Ciclos while y do	31
Indentando Código	33
Ciclos for	34
Rompiendo un ciclo	35

Actualizando vinculaciones de manera sucinta	35
Despachar en un valor con switch	36
Capitalización	37
Comentarios	37
Resumen	38
Ejercicios	39
 3 FUNCIONES	 41
Definiendo una función	41
Vinculaciones y alcances	42
Funciones como valores	44
Notación de declaración	45
Funciones de flecha	46
La pila de llamadas	47
Argumentos Opcionales	48
Cierre	49
Recursión	51
Funciones crecientes	54
Funciones y efectos secundarios	56
Resumen	57
Ejercicios	58
 4 ESTRUCTURAS DE DATOS: OBJETOS Y ARRAYS	 60
El Hombre Ardilla	60
Conjuntos de datos	61
Propiedades	62
Métodos	63
Objetos	64
Mutabilidad	66
El diario del licántropo	68
Calculando correlación	70
Ciclos de array	71
El análisis final	72
Arrayología avanzada	74
Strings y sus propiedades	75
Parámetros restantes	77
El objeto Math	78
Desestructurar	80
JSON	80
Resumen	82

Ejercicios	82
5 FUNCIONES DE ORDEN SUPERIOR	85
Abstracción	86
Abstrayendo la repetición	87
Funciones de orden superior	88
Conjunto de datos de códigos	89
Filtrando arrays	90
Transformando con map	91
Resumiendo con reduce	92
Composabilidad	93
Strings y códigos de caracteres	95
Reconociendo texto	97
Resumen	98
Ejercicios	98
6 LA VIDA SECRETA DE LOS OBJETOS	100
Encapsulación	100
Métodos	101
Prototipos	102
Clases	104
Notación de clase	105
Sobreescribiendo propiedades derivadas	106
Mapas	108
Polimorfismo	109
Símbolos	110
La interfaz de iterador	111
Getters, setters y estáticos	114
Herencia	115
El operador instanceof	117
Resumen	117
Ejercicios	118
7 PROYECTO: UN ROBOT	120
VillaPradera	120
La tarea	122
Datos persistentes	124
Simulación	125
La ruta del camión de correos	127
Búsqueda de rutas	127

Ejercicios	130
8 BUGS Y ERRORES	132
Lenguaje	132
Modo estricto	133
Tipos	134
Probando	135
Depuración	136
Propagación de errores	138
Excepciones	139
Limpiando después de excepciones	141
Captura selectiva	142
Afirmaciones	145
Resumen	146
Ejercicios	146
9 EXPRESIONES REGULARES	148
Creando una expresión regular	148
Probando por coincidencias	149
Conjuntos de caracteres	149
Repitiendo partes de un patrón	151
Agrupando subexpresiones	152
Coincidencias y grupos	152
La clase Date (“Fecha”)	153
Palabra y límites de string	155
Patrones de elección	156
Las mecánicas del emparejamiento	156
Retrocediendo	157
El método replace	159
Codicia	161
Creando objetos RegExp dinámicamente	162
El método search	163
La propiedad lastIndex	163
Análisis de un archivo INI	165
Caracteres internacionales	168
Resumen	169
Ejercicios	171
10 MÓDULOS	173
Módulos	173

Paquetes	174
Módulos improvisados	175
Evaluando datos como código	176
CommonJS	177
Módulos ECMAScript	179
Construyendo y empaquetando	181
Diseño de módulos	182
Resumen	184
Ejercicios	184
 11 PROGRAMACIÓN ASINCRÓNICA	 186
Asincronicidad	186
Tecnología cuervo	188
Devolución de llamadas	189
Promesas	191
Fracaso	193
Las redes son difíciles	194
Colecciones de promesas	197
Inundación de red	198
Enrutamiento de mensajes	199
Funciones asíncronas	201
Generadores	203
El ciclo de evento	205
Errores asincrónicos	206
Resumen	208
Ejercicios	208
 12 PROYECTO: UN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	 210
Análisis	210
The evaluator	215
Special forms	216
The environment	218
Functions	219
Compilation	220
Cheating	221
Exercises	222
 13 EL MODELO DE OBJETO DEL DOCUMENTO	 224
La estructura del documento	224
Árboles	225

El estándar	226
Moviéndose a través del árbol	227
Buscar elementos	229
Actualizar el documento	230
Creating nodes	230
Attributes	232
Layout	233
Styling	235
Cascading styles	236
Query selectors	238
Positioning and animating	239
Summary	241
Exercises	241
EXERCISE HINTS	243
Estructura de Programa	243
Funciones	244
Estructuras de Datos: Objetos y Arrays	245
Funciones de Orden Superior	247
La Vida Secreta de los Objetos	248
Proyecto: Un Robot	249
Bugs y Errores	250
Expresiones Regulares	250
Módulos	251
Programación Asíncrona	253
Proyecto: Un Lenguaje de Programación	254
El Modelo de Objeto del Documento	255

“Nosotros creemos que estamos creando el sistema para nuestros propios propósitos. Creemos que lo estamos haciendo a nuestra propia imagen... Pero la computadora no es realmente como nosotros. Es una proyección de una parte muy delgada de nosotros mismos: esa porción dedicada a la lógica, el orden, la reglas y la claridad.”

—Ellen Ullman, *Close to the Machine: Technophilia and its Discontents*

INTRODUCCIÓN

Este es un libro acerca de instruir computadoras. Hoy en día las computadoras son tan comunes como los destornilladores (aunque bastante más complejas que estos), y hacer que hagan exactamente lo que quieres que hagan no siempre es fácil.

Si la tarea que tienes para tu computadora es común, y bien entendida, tal y como mostrarte tu correo electrónico o funcionar como una calculadora, puedes abrir la aplicación apropiada y ponerte a trabajar en ella. Pero para realizar tareas únicas o abiertas, es posible que no haya una aplicación disponible.

Ahí es donde la programación podría entrar en juego. La *programación* es el acto de construir un *programa*—un conjunto de instrucciones precisas que le dicen a una computadora qué hacer. Porque las computadoras son bestias tontas y pedantes, la programación es fundamentalmente tediosa y frustrante.

Afortunadamente, si puedes superar eso, y tal vez incluso disfrutar el rigor de pensar en términos que las máquinas tontas puedan manejar, la programación puede ser muy gratificante. Te permite hacer en segundos cosas que tardarían *por siempre* a mano. Es una forma de hacer que tu herramienta computadora haga cosas que antes no podía. Además proporciona de un maravilloso ejercicio en pensamiento abstracto.

La mayoría de la programación se realiza con lenguajes de programación. Un *lenguaje de programación* es un lenguaje artificialmente construido que se utiliza para instruir ordenadores. Es interesante que la forma más efectiva que hemos encontrado para comunicarnos con una computadora es bastante parecida a la forma que usamos para comunicarnos entre nosotros. Al igual que los lenguajes humanos, los lenguajes de computación permiten que las palabras y frases sean combinadas de nuevas maneras, lo que nos permite expresar siempre nuevos conceptos.

Las interfaces basadas en lenguajes, que en un momento fueron la principal forma de interactuar con las computadoras para la mayoría de las personas, han sido en gran parte reemplazadas con interfaces más simples y limitadas. Pero todavía están allí, si sabes dónde mirar.

En un punto, las interfaces basadas en lenguajes, como las terminales BASIC

y DOS de los 80 y 90, eran la principal forma de interactuar con las computadoras. Estas han sido reemplazados en gran medida por interfaces visuales, las cuales son más fáciles de aprender pero ofrecen menos libertad. Los lenguajes de computadora todavía están allí, si sabes dónde mirar. Uno de esos lenguajes, JavaScript, está integrado en cada navegador web moderno y, por lo tanto, está disponible en casi todos los dispositivos.

Este libro intentará familiarizarte lo suficiente con este lenguaje para poder hacer cosas útiles y divertidas con él.

ACERCA DE LA PROGRAMACIÓN

Además de explicar JavaScript, también introduciré los principios básicos de la programación. La programación, en realidad, es difícil. Las reglas fundamentales son típicamente simples y claras, pero los programas construidos en base a estas reglas tienden a ser lo suficientemente complejas como para introducir sus propias reglas y complejidad. De alguna manera, estás construyendo tu propio laberinto, y es posible que te pierdas en él.

Habrán momentos en los que leer este libro se sentirá terriblemente frustrante. Si eres nuevo en la programación, habrá mucho material nuevo para digerir. Gran parte de este material será entonces *combinado* en formas que requerirán que hagas conexiones adicionales.

Depende de ti hacer el esfuerzo necesario. Cuando estés luchando para seguir el libro, no saltes a ninguna conclusión acerca de tus propias capacidades. Estás bien, sólo tienes que seguir intentando. Tomate un descanso, vuelve a leer algún material, y asegúrate de leer y comprender los programas de ejemplo y ejercicios. Aprender es un trabajo duro, pero todo lo que aprendes se convertirá en tuyo, y hará que el aprendizaje subsiguiente sea más fácil.

Cuando la acción deja de servirte, reúne información; cuando la información deja de servirte, duerme..

—Ursula K. Le Guin, La Mano Izquierda De La Oscuridad

Un programa son muchas cosas. Es una pieza de texto escrita por un programador, es la fuerza directriz que hace que la computadora haga lo que hace, son datos en la memoria de la computadora, y sin embargo controla las acciones realizadas en esta misma memoria. Las analogías que intentan comparar programas a objetos con los que estamos familiarizados tienden a fallar. Una analogía que es superficialmente adecuada es el de una máquina —muchas partes separadas tienden a estar involucradas—, y para hacer que todo funcione, tenemos

que considerar la formas en las que estas partes se interconectan y contribuyen a la operación de un todo.

Una computadora es una máquina física que actúa como un anfitrión para estas máquinas inmateriales. Las computadoras en si mismas solo pueden hacer cosas estúpidamente sencillas. La razón por la que son tan útiles es que hacen estas cosas a una velocidad increíblemente alta. Un programa puede ingeniosamente combinar una cantidad enorme de estas acciones simples para realizar cosas bastante complicadas.

Un programa es un edificio de pensamiento. No cuesta nada construirlo, no pesa nada, y crece fácilmente bajo el tecleado de nuestras manos.

Pero sin ningún cuidado, el tamaño de un programa y su complejidad crecerán sin control, confundiendo incluso a la persona que lo creó. Mantener programas bajo control es el problema principal de la programación. Cuando un programa funciona, es hermoso. El arte de la programación es la habilidad de controlar la complejidad. Un gran programa es moderado, hecho simple en su complejidad.

Algunos programadores creen que esta complejidad se maneja mejor mediante el uso de solo un pequeño conjunto de técnicas bien entendidas en sus programas. Ellos han compuesto reglas estrictas (“mejores prácticas”) que prescriben la forma que los programas deberían tener, y se mantienen cuidadosamente dentro de su pequeña y segura zona.

Esto no solamente es aburrido, sino que también es ineficaz. Problemas nuevos a menudo requieren soluciones nuevas. El campo de la programación es joven y todavía se esta desarrollando rápidamente, y es lo suficientemente variado como para tener espacio para aproximaciones salvajemente diferentes. Hay muchos errores terribles que hacer en el diseño de programas, así que ve adelante y comételes para que los entiendas mejor. La idea de cómo se ve un buen programa se desarrolla con la práctica, no se aprende de una lista de reglas.

POR QUÉ EL LENGUAJE IMPORTA

Al principio, en el nacimiento de la informática, no habían lenguajes de programación. Los programas se veían mas o menos así:

```
00110001 00000000 00000000
00110001 00000001 00000001
00110011 00000001 00000010
01010001 00001011 00000010
00100010 00000010 00001000
```

```

01000011 00000001 00000000
01000001 00000001 00000001
00010000 00000010 00000000
01100010 00000000 00000000

```

Ese es un programa que suma los números del 1 al 10 entre ellos e imprime el resultado: $1 + 2 + \dots + 10 = 55$. Podría ser ejecutado en una simple máquina hipotética. Para programar las primeras computadoras, era necesario colocar grandes arreglos de interruptores en la posición correcta o perforar agujeros en tarjetas de cartón y dárselos a la computadora. Probablemente puedas imaginarte lo tedioso y propenso a errores que era este procedimiento. Incluso escribir programas simples requería de mucha inteligencia y disciplina. Los complejos eran casi inconcebibles.

Por supuesto, ingresar manualmente estos patrones arcanos de bits (los unos y ceros) le dieron al programador un profundo sentido de ser un poderoso mago. Y eso tiene que valer algo en términos de satisfacción laboral.

{{index memoria, instrucción}}

Cada línea del programa anterior contiene una sola instrucción. Podría ser escrito en español así:

1. Almacenar el número 0 en la ubicación de memoria 0.
2. Almacenar el número 1 en la ubicación de memoria 1.
3. Almacenar el valor de la ubicación de memoria 1 en la ubicación de memoria 2.
4. Restar el número 11 del valor en la ubicación de memoria 2.
5. Si el valor en la ubicación de memoria 2 es el número 0, continuar con la instrucción 9.
6. Sumar el valor de la ubicación de memoria 1 a la ubicación de memoria 0.
7. Sumar el número 1 al valor de la ubicación de memoria 1.
8. Continuar con la instrucción 3.
9. Imprimir el valor de la ubicación de memoria 0.

Aunque eso ya es más legible que la sopa de bits, es aún difícil de entender. Usar nombres en lugar de números para las instrucciones y ubicaciones de memoria ayuda:

```

    Establecer "total" como 0.
    Establecer "cuenta" como 1.
[loop]
    Establecer "comparar" como "cuenta".
    Restar 11 de "comparar".
    Si "comparar" es cero, continuar en [fin].
    Agregar "cuenta" a "total".
    Agregar 1 a "cuenta".
    Continuar en [loop].
[fin]
    Imprimir "total".

```

¿Puedes ver cómo funciona el programa en este punto? Las primeras dos líneas le dan a dos ubicaciones de memoria sus valores iniciales: se usará `total` para construir el resultado de la computación, y `cuenta` hará un seguimiento del número que estamos mirando actualmente. Las líneas usando `comparar` son probablemente las más extrañas. El programa quiere ver si `cuenta` es igual a 11 para decidir si puede detener su ejecución. Debido a que nuestra máquina hipotética es bastante primitiva, esta solo puede probar si un número es cero y hace una decisión (o salta) basándose en eso. Por lo tanto, usa la ubicación de memoria etiquetada como `comparar` para calcular el valor de `cuenta - 11` y toma una decisión basada en ese valor. Las siguientes dos líneas agregan el valor de `cuenta` al resultado e incrementan `cuenta` en 1 cada vez que el programa haya decidido que `cuenta` todavía no es 11.

Aquí está el mismo programa en JavaScript:

```

let total = 0, cuenta = 1;
while (cuenta <= 10) {
    total += cuenta;
    cuenta += 1;
}
console.log(total);
// → 55

```

Esta versión nos da algunas mejoras más. La más importante, ya no hay necesidad de especificar la forma en que queremos que el programa salte hacia adelante y hacia atrás. El constructo del lenguaje `while` se ocupa de eso. Este continúa ejecutando el bloque de código (envuelto en llaves) debajo de el, siempre y cuando la condición que se le dio se mantenga. Esa condición es `cuenta <= 10`, lo que significa “*cuenta* es menor o igual a 10”. Ya no tenemos que crear un valor temporal y compararlo con cero, lo cual era un detalle

poco interesante. Parte del poder de los lenguajes de programación es que se encargan por nosotros de los detalles sin interés.

Al final del programa, después de que el `while` haya terminado, la operación `console.log` se usa para mostrar el resultado.

```
{ {index “sum function”, “range function”, abstracción, function} }
```

Finalmente, aquí está cómo se vería el programa si tuviéramos acceso a las convenientes operaciones `rango` y `suma` disponibles, que respectivamente crean una colección de números dentro de un rango y calculan la suma de una colección de números:

```
console.log(suma(rango(1, 10)));  
// → 55
```

La moraleja de esta historia es que el mismo programa se puede expresar en formas largas y cortas, ilegibles y legibles. La primera versión del programa era extremadamente oscura, mientras que esta última es casi Español: muestra en el `log` de la consola la suma del rango de los números 1 al 10. (En [capítulos posteriores](#) veremos cómo definir operaciones como `suma` y `rango`.)

Un buen lenguaje de programación ayuda al programador permitiéndole hablar sobre las acciones que la computadora tiene que realizar en un nivel superior. Ayuda a omitir detalles poco interesantes, proporciona bloques de construcción convenientes (como `while` y `console.log`), te permite que defines tus propios bloques de construcción (como `suma` y `rango`), y hace que esos bloques sean fáciles de componer.

¿QUÉ ES JAVASCRIPT?

JavaScript se introdujo en 1995 como una forma de agregar programas a páginas web en el navegador Netscape Navigator. El lenguaje ha sido desde entonces adoptado por todos los otros navegadores web principales. Ha hecho que las aplicaciones web modernas sean posibles: aplicaciones con las que puedes interactuar directamente, sin hacer una recarga de página para cada acción. JavaScript también es utilizado en sitios web más tradicionales para proporcionar diversas formas de interactividad e ingenio.

Es importante tener en cuenta que JavaScript casi no tiene nada que ver con el lenguaje de programación llamado Java. El nombre similar fue inspirado por consideraciones de marketing, en lugar de buen juicio. Cuando JavaScript estaba siendo introducido, el lenguaje Java estaba siendo fuertemente comercializado y estaba ganando popularidad. Alguien pensó que era una buena idea

intentar cabalgar sobre este éxito. Ahora estamos atrapados con el nombre.

Después de su adopción fuera de Netscape, un documento estándar fue escrito para describir la forma en que debería funcionar el lenguaje JavaScript, para que las diversas piezas de software que decían ser compatibles con JavaScript en realidad estuvieran hablando del mismo lenguaje. Este se llamo el Estándar ECMAScript, por Ecma International que hizo la estandarización. En la práctica, los términos ECMAScript y JavaScript se puede usar indistintamente, son dos nombres para el mismo lenguaje.

Hay quienes dirán cosas *terribles* sobre JavaScript. Muchas de estas cosas son verdaderas. Cuando estaba comenzando a escribir algo en JavaScript por primera vez, rápidamente comencé a despreciarlo. El lenguaje aceptaba casi cualquier cosa que escribiera, pero la interpretaba de una manera que era completamente diferente de lo que quería decir. Por supuesto, esto tenía mucho que ver con el hecho de que no tenía idea de lo que estaba haciendo, pero hay un problema real aquí: JavaScript es ridículamente liberal en lo que permite. La idea detrás de este diseño era que haría a la programación en JavaScript más fácil para los principiantes. En realidad, lo que mas hace es que encontrar problemas en tus programas sea más difícil porque el sistema no los señalará por ti.

Sin embargo, esta flexibilidad también tiene sus ventajas. Deja espacio para muchas técnicas que son imposibles en idiomas más rígidos, y como verás (por ejemplo en el [Capítulo 10](#)) se pueden usar para superar algunas de las deficiencias de JavaScript. Después de aprender el idioma correctamente y luego de trabajar con él por un tiempo, he aprendido a *querer* a JavaScript.

Ha habido varias versiones de JavaScript. ECMAScript versión 3 fue la versión mas ampliamente compatible en el momento del ascenso de JavaScript a su dominio, aproximadamente entre 2000 y 2010. Durante este tiempo, se trabajó en marcha hacia una ambiciosa versión 4, que planeaba una serie de radicales mejoras y extensiones al lenguaje. Cambiar un lenguaje vivo y ampliamente utilizado de una manera tan radical resultó ser políticamente difícil, y el trabajo en la versión 4 fue abandonado en 2008, lo que llevó a la versión 5, mucho menos ambiciosa, que se publicaría en el 2009. Luego, en 2015, una actualización importante, incluyendo algunas de las ideas planificadas para la versión 4, fue realizada. Desde entonces hemos tenido actualizaciones nuevas y pequeñas cada año.

El hecho de que el lenguaje esté evolucionando significa que los navegadores deben mantenerse constantemente al día, y si estás usando uno más antiguo, puede que este no soporte todas las mejoras. Los diseñadores de lenguajes tienen cuidado de no realizar cualquier cambio que pueda romper los programas ya existentes, de manera que los nuevos navegadores puedan todavía ejecutar

programas viejos. En este libro, usaré la versión 2017 de JavaScript.

Los navegadores web no son las únicas plataformas en las que se usa JavaScript. Algunas bases de datos, como MongoDB y CouchDB, usan JavaScript como su lenguaje de scripting y consultas. Varias plataformas para programación de escritorio y servidores, más notablemente el proyecto Node.js (el tema del [Capítulo 20](#)) proporcionan un entorno para programar en JavaScript fuera del navegador.

CÓDIGO, Y QUÉ HACER CON ÉL

Código es el texto que compone los programas. La mayoría de los capítulos en este libro contienen bastante. Creo que leer código y escribir código son partes indispensables del aprendizaje para programar. Trata de no solo echar un vistazo a los ejemplos, léelos atentamente y entiéndelos. Esto puede ser algo lento y confuso al principio, pero te prometo que rápidamente vas a agarrar el truco. Lo mismo ocurre con los ejercicios. No supongas que los entiendes hasta que hayas escrito una solución funcional para resolverlos.

Te recomiendo que pruebes tus soluciones a los ejercicios en un intérprete real de JavaScript. De esta forma, obtendrás retroalimentación inmediata acerca de que si esta funcionando lo que estás haciendo, y, espero, serás tentado a experimentar e ir más allá de los ejercicios.

La forma más fácil de ejecutar el código de ejemplo en el libro y experimentar con él, es buscarlo en la versión en línea del libro en *eloquentjavascript.net*. Allí puedes hacer clic en cualquier ejemplo de código para editar y ejecutarlo y ver el resultado que produce. Para trabajar en los ejercicios, ve a *eloquent-javascript.net/code*, que proporciona el código de inicio para cada ejercicio de programación y te permite ver las soluciones.

Si deseas ejecutar los programas definidos en este libro fuera de la caja de arena del libro, se requiere cierto cuidado. Muchos ejemplos se mantienen por si mismos y deberían de funcionar en cualquier entorno de JavaScript. Pero código en capítulos más avanzados a menudo se escribe para un entorno específico (el navegador o Node.js) y solo puede ser ejecutado allí. Además, muchos capítulos definen programas más grandes, y las piezas de código que aparecen en ellos dependen de otras piezas o de archivos externos. La caja de arena en el sitio web proporciona enlaces a archivos Zip que contienen todos los scripts y archivos de datos necesarios para ejecutar el código de un capítulo determinado.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE ESTE LIBRO

Este libro contiene aproximadamente tres partes. Los primeros 12 capítulos discuten el lenguaje JavaScript en sí. Los siguientes siete capítulos son acerca de los navegadores web y la forma en la que JavaScript es usado para programarlos. Finalmente, dos capítulos están dedicados a Node.js, otro entorno en donde programar JavaScript.

A lo largo del libro, hay cinco *capítulos de proyectos*, que describen programas de ejemplo más grandes para darte una idea de la programación real. En orden de aparición, trabajaremos en la construcción de un robot de delivery, un [lenguaje de programación](#), un [juego de plataforma](#), un [programa de paint](#) y un [sitio web dinámico](#).

La parte del lenguaje del libro comienza con cuatro capítulos para presentar la estructura básica del lenguaje de JavaScript. Estos introducen [estructuras de control](#) (como la palabra `while` que ya viste en esta introducción), [funciones](#) (escribir tus propios bloques de construcción), y [estructuras de datos](#). Después de estos, serás capaz de escribir programas simples. Luego, los Capítulos [5](#) y [6](#) introducen técnicas para usar funciones y objetos y así escribir código más *abstracto* y de manera que puedas mantener la complejidad bajo control.

Después de un [primer capítulo de proyecto](#), la primera parte del libro continúa con los capítulos sobre [manejo y solución de errores](#), en expresiones regulares (una herramienta importante para trabajar con texto), en [modularidad](#) (otra defensa contra la complejidad), y en programación asincrónica (que se encarga de eventos que toman tiempo). El [segundo capítulo de proyecto](#) concluye la primera parte del libro.

La segunda parte, Capítulos [13](#) a [19](#), describe las herramientas a las que el JavaScript en un navegador tiene acceso. Aprenderás a mostrar cosas en la pantalla (Capítulos [14](#) y [17](#)), responder a entradas de usuario ([Capítulo 15](#)), y a comunicarte a través de la red ([Capítulo 18](#)). Hay dos capítulos de proyectos en esta parte.

Después de eso, el [Capítulo 20](#) describe Node.js, y el [Capítulo 21](#) construye un pequeño sistema web usando esta herramienta.

CONVENCIONES TIPOGRÁFICAS

En este libro, el texto escrito en una fuente *monoespaciada* representará elementos de programas, a veces son fragmentos autosuficientes, y a veces solo se refieren a partes de un programa cercano. Los programas (de los que ya has visto algunos), se escriben de la siguiente manera:

```
function factorial(numero) {  
  if (numero == 0) {  
    return 1;  
  } else {  
    return factorial(numero - 1) * numero;  
  }  
}
```

Algunas veces, para mostrar el resultado que produce un programa, la salida esperada se escribe después de el, con dos diagonales y una flecha en frente.

```
console.log(factorial(8));  
// → 40320
```

¡Buena suerte!

“Debajo de la superficie de la máquina, el programa se mueve. Sin esfuerzo, se expande y se contrae. En gran armonía, los electrones se dispersan y se reagrupan. Las figuras en el monitor son tan solo ondas sobre el agua. La esencia se mantiene invisible debajo de la superficie.”

—Master Yuan-Ma, The Book of Programming

CHAPTER 1

VALORES, TIPOS, Y OPERADORES

Dentro del mundo de la computadora, solo existen datos. Puedes leer datos, modificar datos, crear nuevos datos—pero todo lo que no sean datos, no puede ser mencionado. Toda estos datos están almacenados como largas secuencias de bits, y por lo tanto, todos los datos son fundamentalmente parecidos.

Los *bits* son cualquier tipo de cosa que pueda tener dos valores, usualmente descritos como ceros y unos. Dentro de la computadora, estos toman formas tales como cargas eléctricas altas o bajas, una señal fuerte o débil, o un punto brillante u opaco en la superficie de un CD. Cualquier pedazo de información discreta puede ser reducida a una secuencia de ceros y unos y, de esa manera ser representada en bits.

Por ejemplo, podemos expresar el numero 13 en bits. Funciona de la misma manera que un número decimal, pero en vez de 10 diferentes dígitos, solo tienes 2, y el peso de cada uno aumenta por un factor de 2 de derecha a izquierda. Aquí tenemos los bits que conforman el número 13, con el peso de cada dígito mostrado debajo de el:

0	0	0	0	1	1	0	1
128	64	32	16	8	4	2	1

Entonces ese es el número binario 00001101, o $8 + 4 + 1$, o 13.

VALORES

Imagina un mar de bits—un océano de ellos. Una computadora moderna promedio tiene mas de 30 billones de bits en su almacenamiento de datos volátiles (memoria funcional). El almacenamiento no volátil (disco duro o equivalente) tiende a tener unas cuantas mas ordenes de magnitud.

Para poder trabajar con tales cantidades de bits sin perdernos, debemos separarlos en porciones que representen pedazos de información. En un entorno de JavaScript, esas porciones son llamadas *valores*. Aunque todos los valores están hechos de bits, estos juegan papeles diferentes. Cada valor tiene un tipo

que determina su rol. Algunos valores son números, otros son pedazos de texto, otros son funciones, y así sucesivamente.

Para crear un valor, solo debemos de invocar su nombre. Esto es conveniente. No tenemos que recopilar materiales de construcción para nuestros valores, o pagar por ellos. Solo llamamos su nombre, y *woosh*, ahí lo tienes. Estos no son realmente creados de la nada, por supuesto. Cada valor tiene que ser almacenado en algún sitio, y si quieres usar una cantidad gigante de valores al mismo tiempo, puede que te quedes sin memoria. Afortunadamente, esto solo es un problema si los necesitas todos al mismo tiempo. Tan pronto como dejes de utilizar un valor, este se disipará, dejando atrás sus bits para que estos sean reciclados como material de construcción para la próxima generación de valores.

Este capítulo introduce los elementos atómicos de los programas en JavaScript, estos son, los tipos de valores simples y los operadores que actúan en tales valores.

NÚMEROS

Valores del tipo *number* (número) son, como es de esperar, valores numéricos. En un programa hecho en JavaScript, se escriben de la siguiente manera:

13

Utiliza eso en un programa, y ocasionara que el patron de bits que representa el número 13 sea creado dentro de la memoria de la computadora.

JavaScript utiliza un número fijo de bits, específicamente 64 de ellos, para almacenar un solo valor numérico. Solo existen una cantidad finita de patrones que podemos crear con 64 bits, lo que significa que la cantidad de números diferentes que pueden ser representados es limitada. Para una cantidad de N dígitos decimales, la cantidad de números que pueden ser representados es 10^N . Del mismo modo, dados 64 dígitos binarios, podemos representar 2^{64} números diferentes, lo que es alrededor de 18 mil trillones (un 18 con 18 ceros más). Eso es muchísimo.

La memoria de un computador solía ser mucho mas pequeña que en la actualidad, y las personas tendían a utilizar grupos de 8 o 16 bits para representar sus números. Era común accidentalmente *desbordar* esta limitación— terminando con un número que no cupiera dentro de la cantidad dada de bits. Hoy en día, incluso computadoras que caben dentro de tu bolsillo poseen de bastante memoria, por lo que somos libres de usar pedazos de memoria de 64 bits, y so-

lamente nos tenemos que preocupar por desbordamientos de memoria cuando lidiamos con números verdaderamente astronómicos.

A pesar de esto, no todos los números enteros por debajo de 18 mil trillones caben en un número de JavaScript. Esos bits también almacenan números negativos, por lo que un bit indica el signo de un número. Un problema mayor es que los números no enteros tienen que ser representados también. Para hacer esto, algunos de los bits son usados para almacenar la posición del punto decimal. El número entero mas grande que puede ser almacenado está en el rango de los 9 trillones (15 ceros)—lo cual es todavía placenteramente inmenso.

Los números fraccionarios se escriben usando un punto:

9.81

Para números muy grandes o muy pequeños, pudiéramos también usar notación científica agregando una *e* (de “exponente”), seguida por el exponente del número:

2.998e8

Eso es $2.998 \times 10^8 = 299,800,000$.

Los cálculos con números enteros (también llamados *integers*) mas pequeños a los 9 trillones anteriormente mencionados están garantizados a ser siempre precisos. Desafortunadamente, los calculos con números fraccionarios, generalmente no lo son. Así como π (pi) no puede ser precisamente expresado por un número finito de números decimales, muchos números pierden algo de precisión cuando solo hay 64 bits disponibles para almacenarlos. Esto es una pena, pero solo causa problemas prácticos en situaciones específicas. Lo importante es que debemos ser consciente de estas limitaciones y tratar a los números fraccionarios como aproximaciones, no como valores precisos.

ARITMÉTICA

Lo que mayormente se hace con los números es aritmética. Operaciones aritméticas tales como la adición y la multiplicación, toman dos valores numéricos y producen un nuevo valor a raíz de ellos. Así es como lucen en JavaScript:

100 + 4 * 11

Los símbolos $+$ y $*$ son llamados *operadores*. El primero representa a la adición, y el segundo representa a la multiplicación. Colocar un operador entre

dos valores aplicará la operación asociada a esos valores y producirá un nuevo valor.

¿Pero el ejemplo significa “agrega 4 y 100, y multiplica el resultado por 11”, o es la multiplicación aplicada antes de la adición? Como quizás hayas podido adivinar, la multiplicación sucede primero. Pero así como en las matemáticas, puedes cambiar este orden envolviendo la adición en paréntesis:

$$(100 + 4) * 11$$

Para sustraer, existe el operador `-`, y la división puede ser realizada con el operador `/`.

Cuando operadores aparecen juntos sin paréntesis, el orden en el cual son aplicados es determinado por la *precedencia* de los operadores. El ejemplo muestra que la multiplicación es aplicada antes que la adición. El operador `/` tiene la misma precedencia que `*`. Lo mismo aplica para `+` y `-`. Cuando operadores con la misma precedencia aparecen uno al lado del otro, como en `1 - 2 + 1`, estos se aplican de izquierda a derecha: `(1 - 2) + 1`.

Estas reglas de precedencia no son algo de lo que deberías preocuparte. Cuando tengas dudas, solo agrega un paréntesis.

Existe otro operador aritmético que quizás no reconozcas inmediatamente. El símbolo `%` es utilizado para representar la operación de *residuo*. `X % Y` es el residuo de dividir `X` entre `Y`. Por ejemplo, `314 % 100` produce 14, y `144 % 12` produce 0. La precedencia del residuo es la misma que la de la multiplicación y la división. Frecuentemente veras que este operador es también conocido como *modulo*.

NÚMEROS ESPECIALES

Existen 3 valores especiales en JavaScript que son considerados números pero que no se comportan como números normales.

Los primeros dos son `Infinity` y `-Infinity`, los cuales representan las infinitudes positivas y negativas. `Infinity - 1` aun es `Infinity`, y así sucesivamente. A pesar de esto, no confíes mucho en computaciones que dependan de infinitudes. Estas no son matemáticamente confiables, y puede que muy rápidamente nos resulten en el próximo número especial: `NaN`.

`NaN` significa “no es un número” (“Not A Number”), aunque *sea* un valor del tipo numérico. Obtendrás este resultado cuando, por ejemplo, trates de calcular `0 / 0` (cero dividido entre cero), `Infinity - Infinity`, o cualquier otra cantidad de operaciones numéricas que no produzcan un resultado significativo.

STRINGS

El próximo tipo de dato básico es el *string*. Los Strings son usados para representar texto. Son escritos encerrando su contenido en comillas:

```
`Debajo en el mar`  
"Descansa en el océano"  
'Flota en el océano'
```

Puedes usar comillas simples, comillas dobles, o comillas invertidas para representar strings, siempre y cuando las comillas al principio y al final coincidan.

Casi todo puede ser colocado entre comillas, y JavaScript construirá un valor string a partir de ello. Pero algunos caracteres son mas difíciles. Te puedes imaginar que colocar comillas entre comillas podría ser difícil. Los *Newlines* (los caracteres que obtienes cuando presionas la tecla de Enter) solo pueden ser incluidos cuando el string está encapsulado con comillas invertidas (```).

Para hacer posible incluir tales caracteres en un string, la siguiente notación es utilizada: cuando una barra invertida (`\`) es encontrada dentro de un texto entre comillas, indica que el carácter que le sigue tiene un significado especial. Esto se conoce como *escapar* el carácter. Una comilla que es precedida por una barra invertida no representará el final del string sino que formara parte del mismo. Cuando el carácter `n` es precedido por una barra invertida, este se interpreta como un Newline (salto de línea). De la misma forma, `t` después de una barra invertida, se interpreta como un character de tabulación. Toma como referencia el siguiente string:

```
"Esta es la primera linea\nY esta es la segunda"
```

El texto actual es este:

```
Esta es la primera linea  
Y esta es la segunda
```

Se encuentran, por supuesto, situaciones donde queremos que una barra invertida en un string solo sea una barra invertida, y no un carácter especial. Si dos barras invertidas prosiguen una a la otra, serán colapsadas y sólo una permanecerá en el valor resultante del string. Así es como el string “*Un carácter de salto de línea es escrito así: “\n”.*” puede ser expresado:

```
Un carácter de salto de línea es escrito así: `"\n`."
```

También los strings deben de ser modelados como una serie de bits para poder existir dentro del computador. La forma en la que JavaScript hace esto

es basada en el estándar *Unicode*. Este estándar asigna un número a todo carácter que alguna vez pudieras necesitar, incluyendo caracteres en Griego, Árabe, Japones, Armenio, y así sucesivamente. Si tenemos un número para representar cada carácter, un string puede ser descrito como una secuencia de números.

Y eso es lo que hace JavaScript. Pero hay una complicación: La representación de JavaScript usa 16 bits por cada elemento string, en el cual caben 2^{16} números diferentes. Pero Unicode define mas caracteres que aquellos—aproximadamente el doble, en este momento. Entonces algunos caracteres, como muchos emojis, necesitan ocupar dos “posiciones de caracteres” en los strings de JavaScript. Volveremos a este tema en el [Capítulo 5](#).

Los strings no pueden ser divididos, multiplicados, o subtraídos, pero el operador `+` *puede* ser utilizado en ellos. No los agrega, sino que los *concatena*—pega dos strings juntos. La siguiente línea producirá el string “concatenar”:

```
"con" + "cat" + "e" + "nar"
```

Los valores string tienen un conjunto de funciones (*métodos*) asociadas, que pueden ser usadas para realizar operaciones en ellos. Regresaremos a estas en el [Capítulo 4](#).

Los strings escritos con comillas simples o dobles se comportan casi de la misma manera—La única diferencia es el tipo de comilla que necesitamos para escapar dentro de ellos. Los strings de comillas inversas, usualmente llamados *plantillas literales*, pueden realizar algunos trucos más. Mas allá de permitir saltos de líneas, pueden también incrustar otros valores.

```
`la mitad de 100 es ${100 / 2}`
```

Cuando escribes algo dentro de `${}` en una plantilla literal, el resultado será computado, convertido a string, e incluido en esa posición. El ejemplo anterior produce “*la mitad de 100 es 50*”.

OPERADORES UNARIOS

No todo los operadores son simbolos. Algunos se escriben como palabras. Un ejemplo es el operador `typeof`, que produce un string con el nombre del tipo de valor que le demos.

```
console.log(typeof 4.5)
// → number
console.log(typeof "x")
// → string
```

Usaremos `console.log` en los ejemplos de código para indicar que queremos ver el resultado de alguna evaluación. Mas acerca de esto en el [proximo capitulo](#).

En los otros operadores que hemos visto hasta ahora, todos operaban en dos valores, pero `typeof` sola opera con un valor. Los operadores que usan dos valores son llamados operadores *binarios*, mientras que aquellos operadores que usan uno son llamados operadores *unarios*. El operador menos puede ser usado tanto como un operador binario o como un operador unario.

```
console.log(- (10 - 2))  
// → -8
```

VALORES BOOLEANOS

Es frecuentemente util tener un valor que distingue entre solo dos posibilidades, como “si”, y “no”, o “encendido” y “apagado”. Para este propósito, JavaScript tiene el tipo *Boolean*, que tiene solo dos valores: `true` (verdadero) y `false` (falso) que se escriben de la misma forma.

COMPARACIÓN

Aquí se muestra una forma de producir valores Booleanos:

```
console.log(3 > 2)  
// → true  
console.log(3 < 2)  
// → false
```

Los signos `>` y `<` son tradicionalmente símbolos para “mayor que” y “menor que”, respectivamente. Ambos son operadores binarios. Aplicarlos resulta en un valor Boolean que indica si la condición que indican se cumple.

Los Strings pueden ser comparados de la misma forma.

```
console.log("Aardvark" < "Zoroaster")  
// → true
```

La forma en la que los strings son ordenados, es aproximadamente alfabético, aunque no realmente de la misma forma que esperaríamos ver en un diccionario: las letras mayúsculas son siempre “menores que” las letras minúsculas, así

que "Z" < "a", y caracteres no alfabéticos (como !, - y demás) son también incluidos en el ordenamiento. Cuando comparamos strings, JavaScript evalúa los caracteres de izquierda a derecha, comparando los códigos Unicode uno por uno.

Otros operadores similares son >= (mayor o igual que), <= (menor o igual que), == (igual a), y != (no igual a).

```
console.log("Itchy" != "Scratchy")
// → true
console.log("Manzana" == "Naranja")
// → false
```

Solo hay un valor en JavaScript que no es igual a si mismo, y este es NaN (“no es un número”).

```
console.log(NaN == NaN)
// → false
```

Se supone que NaN denota el resultado de una computación sin sentido, y como tal, no es igual al resultado de ninguna *otra* computación sin sentido.

OPERADORES LÓGICOS

También existen algunas operaciones que pueden ser aplicadas a valores Booleanos. JavaScript soporta tres operadores lógicos: *and*, *or*, y *not*. Estos pueden ser usados para “razonar” acerca de valores Booleanos.

El operador && representa el operador lógico *and*. Es un operador binario, y su resultado es verdadero solo si ambos de los valores dados son verdaderos.

```
console.log(true && false)
// → false
console.log(true && true)
// → true
```

El operador || representa el operador lógico *or*. Lo que produce es verdadero si cualquiera de los valores dados es verdadero.

```
console.log(false || true)
// → true
console.log(false || false)
// → false
```

Not se escribe como un signo de exclamación (!). Es un operador unario que voltear el valor dado—`!true` produce `false` y `!false` produce `true`.

Cuando estos operadores Booleanos son mezclados con aritmética y con otros operadores, no siempre es obvio cuando son necesarios los paréntesis. En la práctica, usualmente puedes manejarte bien sabiendo que de los operadores que hemos visto hasta ahora, `||` tiene la menor precedencia, luego le sigue `&&`, luego le siguen los operadores de comparación (`>`, `==`, y demás), y luego el resto. Este orden ha sido determinado para que en expresiones como la siguiente, la menor cantidad de paréntesis posible sea necesaria:

```
1 + 1 == 2 && 10 * 10 > 50
```

El último operador lógico que discutiremos no es unario, tampoco binario, sino *ternario*, esto es, que opera en tres valores. Es escrito con un signo de interrogación y dos puntos, de esta forma:

```
console.log(true ? 1 : 2);  
// → 1  
console.log(false ? 1 : 2);  
// → 2
```

Este es llamado el operador *condicional* (o algunas veces simplemente operador *ternario* ya que solo existe uno de este tipo). El valor a la izquierda del signo de interrogación “decide” cual de los otros dos valores será retornado. Cuando es verdadero, elige el valor de en medio, y cuando es falso, el valor de la derecha.

VALORES VACÍOS

Existen dos valores especiales, escritos como `null` y `undefined`, que son usados para denotar la ausencia de un valor *significativo*. Son en si mismos valores, pero no traen consigo información.

Muchas operaciones en el lenguaje que no producen un valor significativo (veremos algunas mas adelante), producen `undefined` simplemente porque tienen que producir *algún* valor.

La diferencia en significado entre `undefined` y `null` es un accidente del diseño de JavaScript, y realmente no importa la mayor parte del tiempo. En los casos donde realmente tendríamos que preocuparnos por estos valores, mayormente recomiendo que los trates como intercambiables.

CONVERSIÓN DE TIPO AUTOMÁTICA

En la Introducción, mencione que JavaScript tiende a salirse de su camino para aceptar casi cualquier programa que le demos, incluso programas que hacen cosas extrañas. Esto es bien demostrado por las siguientes expresiones:

```
console.log(8 * null)
// → 0
console.log("5" - 1)
// → 4
console.log("5" + 1)
// → 51
console.log("cinco" * 2)
// → NaN
console.log(false == 0)
// → true
```

Cuando un operador es aplicado al tipo de valor “incorrecto”, JavaScript silenciosamente convertirá ese valor al tipo que necesita, utilizando una serie de reglas que frecuentemente no dan el resultado que quisieras o esperarías. Esto es llamado *coercion de tipo*. El `null` en la primera expresión se torna `0`, y el `"5"` en la segunda expresión se torna `5` (de string a número). Sin embargo, en la tercera expresión, `+` intenta realizar una concatenación de string antes que una adición numérica, entonces el `1` es convertido a `"1"` (de número a string)

Cuando algo que no se traduce a un número en una manera obvia (tal como `"cinco"` o `undefined`) es convertido a un número, obtenemos el valor `NaN`. Operaciones aritméticas subsecuentes con `NaN`, continúan produciendo `NaN`, así que si te encuentras obteniendo uno de estos valores en algún lugar inesperado, busca por coerciones de tipo accidentales.

Cuando se utiliza `==` para comparar valores del mismo tipo, el desenlace es fácil de predecir: debemos de obtener verdadero cuando ambos valores son lo mismo, excepto en el caso de `NaN`. Pero cuando los tipos difieren, JavaScript utiliza una serie de reglas complicadas y confusas para determinar que hacer. En la mayoría de los casos, solo tratará de convertir uno de estos valores al tipo del otro valor. Sin embargo, cuando `null` o `undefined` ocurren en cualquiera de los lados del operador, este produce verdadero solo si ambos lados son valores `null` o `undefined`.

```
console.log(null == undefined);
// → true
console.log(null == 0);
// → false
```

Este comportamiento es frecuentemente útil. Cuando queremos probar si un valor tiene un valor real en vez de `null` o `undefined`, puedes compararlo con `null` usando el operador `==` (o `!=`).

Pero que pasa si queremos probar que algo se refiere precisamente al valor `false`? Las reglas para convertir strings y números a valores Booleanos, dice que `0`, `NaN`, y el string vacío (`""`) cuentan como `false`, mientras que todos los otros valores cuentan como `true`. Debido a esto, expresiones como `0 == false`, y `"" == false` son también verdaderas. Cuando no queremos ninguna conversión de tipo automática, existen otros dos operadores adicionales: `===` y `!==`. El primero prueba si un valor es *precisamente* igual al otro, y el segundo prueba si un valor no es precisamente igual. Entonces `"" === false` es falso, como es de esperarse.

Recomiendo usar el operador de comparación de tres caracteres de una manera defensiva para prevenir que conversiones de tipo inesperadas te estorben. Pero cuando estés seguro de que el tipo va a ser el mismo en ambos lados, no es problemático utilizar los operadores mas cortos.

CORTO CIRCUITO DE OPERADORES LÓGICOS

Los operadores lógicos `&&` y `||`, manejan valores de diferentes tipos de una forma peculiar. Ellos convertirán el valor en su lado izquierdo a un tipo Booleano para decidir que hacer, pero dependiendo del operador y el resultado de la conversión, devolverán o el valor *original* de la izquierda o el valor de la derecha.

El operador `||`, por ejemplo, devolverá el valor de su izquierda cuando este puede ser convertido a verdadero y de ser lo contrario devolverá el valor de la derecha. Esto tiene el efecto esperado cuando los valores son Booleanos, pero se comporta de una forma algo análoga con valores de otros tipos.

```
console.log(null || "usuario")
// → usuario
console.log("Agnes" || "usuario")
// → Agnes
```

Podemos utilizar esta funcionalidad como una forma de recurrir a un valor por defecto. Si tenemos un valor que puede estar vacío, podemos usar `||` después de este para remplazarlo con otro valor. Si el valor inicial puede ser convertido a falso, obtendrá el reemplazo en su lugar.

El operador `&&` funciona de manera similar, pero de forma opuesta. Cuando el valor a su izquierda es algo que se convierte a falso, devuelve ese valor, y de lo contrario, devuelve el valor a su derecha.

Otra propiedad importante de estos dos operadores es que la parte de su derecha solo es evaluada si es necesario. En el caso de `true || X`, no importa que sea `X`—aun si es una pieza del programa que hace algo *terrible*—el resultado será verdadero, y `X` nunca será evaluado. Lo mismo sucede con `false && X`, que es falso e ignorará `X`. Esto es llamado *evaluación de corto circuito*.

El operador condicional funciona de manera similar. Del segundo y tercer valor, solo el que es seleccionado es evaluado.

RESUMEN

Observamos cuatro tipos de valores de JavaScript en este capítulo: números, textos (`strings`), Booleanos, y valores indefinidos.

Tales valores son creados escribiendo su nombre (`true`, `null`) o valor (`13`, `"abc"`). Puedes combinar y transformar valores con operadores. Vimos operadores binarios para aritmética (`+`, `-`, `*`, `/`, y `%`), concatenación de strings (`+`), comparaciones (`==`, `!=`, `===`, `!==`, `<`, `>`, `<=`, `>=`), y lógica (`&&`, `||`), así también como varios otros operadores unarios (`-` para negar un número, `!` para negar lógicamente, y `typeof` para saber el valor de un tipo) y un operador ternario (`?:`) para elegir uno de dos valores basándose en un tercer valor.

Esto te da la información suficiente para usar JavaScript como una calculadora de bolsillo, pero no para mucho más. El [próximo capítulo](#) empezará a juntar estas expresiones para formar programas básicos.

“Y mi corazón brilla de un color rojo brillante bajo mi piel transparente y translúcida, y tienen que administrarme 10cc de JavaScript para conseguir que regrese. (respondo bien a las toxinas en la sangre.) Hombre, esa cosa es increíble!”

—_why, Why’s (Poignant) Guide to Ruby

CHAPTER 2

ESTRUCTURA DE PROGRAMA

En este capítulo, comenzaremos a hacer cosas que realmente se pueden llamar *programación*. Expandiremos nuestro dominio del lenguaje JavaScript más allá de los sustantivos y fragmentos de oraciones que hemos visto hasta ahora, al punto donde podemos expresar prosa significativa.

EXPRESIONES Y DECLARACIONES

En el [Capítulo 1](#), creamos valores y les aplicamos operadores a ellos para obtener nuevos valores. Crear valores de esta manera es la sustancia principal de cualquier programa en JavaScript. Pero esa sustancia tiene que enmarcarse en una estructura más grande para poder ser útil. Así que eso es lo que veremos a continuación.

Un fragmento de código que produce un valor se llama una *expresión*. Cada valor que se escribe literalmente (como 22 o "psicoanálisis") es una expresión. Una expresión entre paréntesis también es una expresión, como lo es un operador binario aplicado a dos expresiones o un operador unario aplicado a una sola.

Esto demuestra parte de la belleza de una interfaz basada en un lenguaje. Las expresiones pueden contener otras expresiones de una manera muy similar a como las sub-oraciones en los lenguajes humanos están anidadas, una sub-oración puede contener sus propias sub-oraciones, y así sucesivamente. Esto nos permite construir expresiones que describen cálculos arbitrariamente complejos.

Si una expresión corresponde al fragmento de una oración, una *declaración* en JavaScript corresponde a una oración completa. Un programa es una lista de declaraciones.

El tipo más simple de declaración es una expresión con un punto y coma después ella. Esto es un programa:

```
1;  
!false;
```


Sin embargo, es un programa inútil. Una expresión puede estar feliz solo con producir un valor, que luego pueda ser utilizado por el código circundante. Una declaración es independiente por si misma, por lo que equivale a algo solo si afecta al mundo. Podría mostrar algo en la pantalla—eso cuenta como cambiar el mundo—o podría cambiar el estado interno de la máquina en una manera que afectará a las declaraciones que vengan después de ella. Estos cambios se llaman *efecto secundarios*. Las declaraciones en el ejemplo anterior solo producen los valores 1 y `true` y luego inmediatamente los tira a la basura. Esto no deja ninguna huella en el mundo. Cuando ejecutes este programa, nada observable ocurre.

En algunos casos, JavaScript te permite omitir el punto y coma al final de una declaración. En otros casos, tiene que estar allí, o la próxima línea será tratada como parte de la misma declaración. Las reglas para saber cuando se puede omitir con seguridad son algo complejas y propensas a errores. Así que en este libro, cada declaración que necesite un punto y coma siempre tendrá uno. Te recomiendo que hagas lo mismo, al menos hasta que hayas aprendido más sobre las sutilezas de los puntos y comas que puedan ser omitidos.

VINCULACIONES

Cómo mantiene un programa un estado interno? Cómo recuerda cosas? Hasta ahora hemos visto cómo producir nuevos valores a partir de valores anteriores, pero esto no cambia los valores anteriores, y el nuevo valor tiene que ser usado inmediatamente o se disipará nuevamente. Para atrapar y mantener valores, JavaScript proporciona una cosa llamada *vinculación*, o *variable*:

```
let atrapado = 5 * 5;
```

Ese es un segundo tipo de declaración. La palabra especial (*palabra clave*) `let` indica que esta oración va a definir una vinculación. Le sigue el nombre de la vinculación y, si queremos darle un valor inmediatamente, un operador `=` y una expresión.

La declaración anterior crea una vinculación llamada `atrapado` y la usa para capturar el número que se produce al multiplicar 5 por 5.

Después de que una vinculación haya sido definida, su nombre puede usarse como una expresión. El valor de tal expresión es el valor que la vinculación mantiene actualmente. Aquí hay un ejemplo:

```
let diez = 10;  
console.log(diez * diez);
```

```
// → 100
```

Cuando una vinculación señala a un valor, eso no significa que esté atada a ese valor para siempre. El operador `=` puede usarse en cualquier momento en vinculaciones existentes para desconectarlas de su valor actual y hacer que ellas apunten a uno nuevo:

```
let humor = "ligero";
console.log(humor);
// → ligero
humor = "oscuro";
console.log(humor);
// → oscuro
```

Deberías imaginar a las vinculaciones como tentáculos, en lugar de cajas. Ellas no *contienen* valores; ellas los *agarran*—dos vinculaciones pueden referirse al mismo valor. Un programa solo puede acceder a los valores que todavía pueda referenciar. Cuando necesitas recordar algo, creas un tentáculo para aferrarte a él o vuelves a conectar uno de tus tentáculos existentes a ese algo.

Veamos otro ejemplo. Para recordar la cantidad de dólares que Luigi aún te debe, creas una vinculación. Y luego, cuando él te pague de vuelta \$35, le das a esta vinculación un nuevo valor:

```
let deudaLuigi = 140;
deudaLuigi = deudaLuigi - 35;
console.log(deudaLuigi);
// → 105
```

Cuando defines una vinculación sin darle un valor, el tentáculo no tiene nada que agarrar, por lo que termina en solo aire. Si pides el valor de una vinculación vacía, obtendrás el valor `undefined`.

Una sola declaración `let` puede definir múltiples vinculaciones. Las definiciones deben estar separadas por comas.

```
let uno = 1, dos = 2;
console.log(uno + dos);
// → 3
```

Las palabras `var` y `const` también pueden ser usadas para crear vinculaciones, en una manera similar a `let`.

```
var nombre = "Ayda";
```

```
const saludo = "Hola ";  
console.log(saludo + nombre);  
// → Hola Ayda
```

La primera, `var` (abreviatura de “variable”), es la forma en la que se declaraban las vinculaciones en JavaScript previo al 2015. Volveremos a la forma precisa en que difiere de `let` en el [próximo capítulo](#). Por ahora, recuerda que generalmente hace lo mismo, pero raramente la usaremos en este libro porque tiene algunas propiedades confusas.

La palabra `const` representa una *constante*. Define una vinculación constante, que apunta al mismo valor por el tiempo que viva. Esto es útil para vinculaciones que le dan un nombre a un valor para que fácilmente puedas consultarlo más adelante.

NOMBRES VINCULANTES

Los nombres de las vinculaciones pueden ser cualquier palabra. Los dígitos pueden ser parte de los nombres de las vinculaciones pueden—`catch22` es un nombre válido, por ejemplo—pero el nombre no debe comenzar con un dígito. El nombre de una vinculación puede incluir signos de dólar (\$) o caracteres de subrayado (_), pero no otros signos de puntuación o caracteres especiales.

Las palabras con un significado especial, como `let`, son *palabras claves*, y no pueden usarse como nombres vinculantes. También hay una cantidad de palabras que están “reservadas para su uso” en futuras versiones de JavaScript, que tampoco pueden ser usadas como nombres vinculantes. La lista completa de palabras clave y palabras reservadas es bastante larga:

```
break case catch class const continue debugger default  
delete do else enum export extends false finally for  
function if implements import interface in instanceof let  
new package private protected public return static super  
switch this throw true try typeof var void while with yield
```

No te preocupes por memorizarlas. Cuando crear una vinculación produzca un error de sintaxis inesperado, observa si estas tratando de definir una palabra reservada.

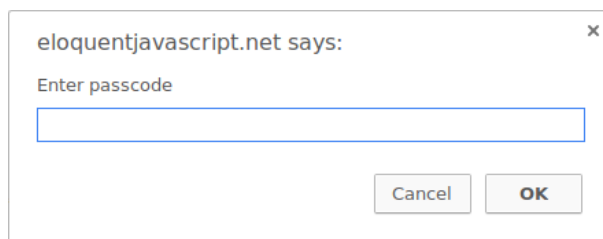
EL ENTORNO

La colección de vinculaciones y sus valores que existen en un momento dado se llama *entorno*. Cuando se inicia un programa, este entorno no está vacío. Siempre contiene vinculaciones que son parte del estándar del lenguaje, y la mayoría de las veces, también tiene vinculaciones que proporcionan formas de interactuar con el sistema circundante. Por ejemplo, en el navegador, hay funciones para interactuar con el sitio web actualmente cargado y para leer entradas del mouse y teclado.

FUNCIONES

Muchos de los valores proporcionados por el entorno predeterminado tienen el tipo *función*. Una función es una pieza de programa envuelta en un valor. Dichos valores pueden ser *aplicados* para ejecutar el programa envuelto. Por ejemplo, en un entorno navegador, la vinculación `prompt` sostiene una función que muestra un pequeño cuadro de diálogo preguntando por entrada del usuario. Esta se usa así:

```
prompt("Introducir contraseña");
```



Ejecutar una función también se conoce como *invocarla*, *llamarla*, o *aplicarla*. Puedes llamar a una función poniendo paréntesis después de una expresión que produzca un valor de función. Usualmente usarás directamente el nombre de la vinculación que contenga la función. Los valores entre los paréntesis se dan al programa dentro de la función. En el ejemplo, la función `prompt` usa el string que le damos como el texto a mostrar en el cuadro de diálogo. Los valores dados a las funciones se llaman *argumentos*. Diferentes funciones pueden necesitar un número diferente o diferentes tipos de argumentos.

La función `prompt` no se usa mucho en la programación web moderna, sobre todo porque no tienes control sobre la forma en como se ve la caja de diálogo resultante, pero puede ser útil en programas de juguete y experimentos.

LA FUNCIÓN `console.log`

En los ejemplos, utilicé `console.log` para dar salida a los valores. La mayoría de los sistemas de JavaScript (incluidos todos los navegadores web modernos y Node.js) proporcionan una función `console.log` que escribe sus argumentos en *algun* dispositivo de salida de texto. En los navegadores, esta salida aterriza en la consola de JavaScript. Esta parte de la interfaz del navegador está oculta por defecto, pero la mayoría de los navegadores la abren cuando presionas F12 o, en Mac, Command-Option-I. Si eso no funciona, busca en los menús un elemento llamado “herramientas de desarrollador” o algo similar.

Aunque los nombres de las vinculaciones no puedan contener caracteres de puntos, `console.log` tiene uno. Esto es porque `console.log` no es un vínculo simple. En realidad, es una expresión que obtiene la propiedad `log` del valor mantenido por la vinculación `console`. Averiguaremos qué significa esto exactamente en el [Capítulo 4](#).

VALORES DE RETORNO

Mostrar un cuadro de diálogo o escribir texto en la pantalla es un *efecto secundario*. Muchas funciones son útiles debido a los efectos secundarios que ellas producen. Las funciones también pueden producir valores, en cuyo caso no necesitan tener un efecto secundario para ser útil. Por ejemplo, la función `Math.max` toma cualquier cantidad de argumentos numéricos y devuelve el mayor de ellos.

```
console.log(Math.max(2, 4));  
// → 4
```

Cuando una función produce un valor, se dice que *retorna* ese valor. Todo lo que produce un valor es una expresión en JavaScript, lo que significa que las llamadas a funciones se pueden usar dentro de expresiones más grandes. aquí una llamada a `Math.min`, que es lo opuesto a `Math.max`, se usa como parte de una expresión de adición:

```
console.log(Math.min(2, 4) + 100);  
// → 102
```

El [próximo capítulo](#) explica cómo escribir tus propias funciones.

FLUJO DE CONTROL

Cuando tu programa contiene más de una declaración, las declaraciones se ejecutan como si fueran una historia, de arriba a abajo. Este programa de ejemplo tiene dos declaraciones. La primera le pide al usuario un número, y la segunda, que se ejecuta después de la primera, muestra el cuadrado de ese número.

```
let elNumero = Number(prompt("Elige un numero"));
console.log("Tu número es la raíz cuadrada de " +
            elNumero * elNumero);
```

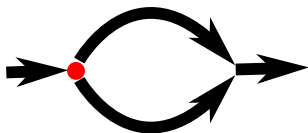
La función `Number` convierte un valor a un número. Necesitamos esa conversión porque el resultado de `prompt` es un valor de string, y nosotros queremos un número. Hay funciones similares llamadas `String` y `Boolean` que convierten valores a esos tipos.

Aquí está la representación esquemática (bastante trivial) de un flujo de control en línea recta:



EJECUCIÓN CONDICIONAL

No todos los programas son caminos rectos. Podemos, por ejemplo, querer crear un camino de ramificación, donde el programa toma la rama adecuada basandose en la situación en cuestión. Esto se llama *ejecución condicional*.



La ejecución condicional se crea con la palabra clave `if` en JavaScript. En el caso simple, queremos que se ejecute algún código si, y solo si, una cierta condición se cumple. Podríamos, por ejemplo, solo querer mostrar el cuadrado de la entrada si la entrada es realmente un número.

```
let elNumero = Number(prompt("Elige un numero"));
if (!Number.isNaN(elNumero)) {
    console.log("Tu número es la raíz cuadrada de " +
                elNumero * elNumero);
}
```

Con esta modificación, si ingresas la palabra “loro”, no se mostrara ninguna salida.

La palabra clave `if` ejecuta u omite una declaración dependiendo del valor de una expresión booleana. La expresión decisiva se escribe después de la palabra clave, entre paréntesis, seguida de la declaración a ejecutar.

La función `Number.isNaN` es una función estándar de JavaScript que retorna `true` solo si el argumento que se le da es `NaN`. Resulta que la función `Number` devuelve `NaN` cuando le pasas un string que no representa un número válido. Por lo tanto, la condición se traduce a “a menos que `elNumero` no sea un número, haz esto”.

La declaración debajo del `if` está envuelta en llaves (`{y }`) en este ejemplo. Estos pueden usarse para agrupar cualquier cantidad de declaraciones en una sola declaración, llamada un *bloque*. Podrías también haberlas omitido en este caso, ya que solo tienes una sola declaración, pero para evitar tener que pensar si se necesitan o no, la mayoría de los programadores en JavaScript las usan en cada una de sus declaraciones envueltas como esta. Seguiremos esta convención en la mayoría de este libro, a excepción de la ocasional declaración de una sola línea.

```
if (1 + 1 == 2) console.log("Es verdad");  
// → Es verdad
```

A menudo no solo tendrás código que se ejecuta cuando una condición es verdadera, pero también código que maneja el otro caso. Esta ruta alternativa está representado por la segunda flecha en el diagrama. La palabra clave `else` se puede usar, junto con `if`, para crear dos caminos de ejecución alternativos, de una manera separada.

```
let elNumero = Number(prompt("Elige un numero"));  
if (!Number.isNaN(elNumero)) {  
    console.log("Tu número es la raíz cuadrada de " +  
                elNumero * elNumero);  
} else {  
    console.log("Ey. Por qué no me diste un número?");  
}
```

Si tenemos más de dos rutas a elegir, múltiples pares de `if/else` se pueden “encadenar”. Aquí hay un ejemplo:

```
let numero = Number(prompt("Elige un numero"));
```

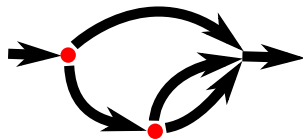
```

if (numero < 10) {
  console.log("Pequeño");
} else if (numero < 100) {
  console.log("Mediano");
} else {
  console.log("Grande");
}

```

El programa primero comprobará si `numero` es menor que 10. Si lo es, eligirá esa rama, mostrará "Pequeño", y está listo. Si no es así, toma la rama `else`, que a su vez contiene un segundo `if`. Si la segunda condición (`< 100`) es verdadera, eso significa que el número está entre 10 y 100, y "Mediano" se muestra. Si no es así, la segunda y última la rama `else` es elegida.

El esquema de este programa se ve así:



CICLOS WHILE Y DO

Considera un programa que muestra todos los números pares de 0 a 12. Una forma de escribir esto es la siguiente:

```

console.log(0);
console.log(2);
console.log(4);
console.log(6);
console.log(8);
console.log(10);
console.log(12);

```

Eso funciona, pero la idea de escribir un programa es hacer de algo *menos* trabajo, no más. Si necesitáramos todos los números pares menores a 1.000, este enfoque sería poco práctico. Lo que necesitamos es una forma de ejecutar una pieza de código múltiples veces. Esta forma de flujo de control es llamada un *ciclo* (o "loop"):



El flujo de control de ciclos nos permite regresar a algún punto del programa en donde estábamos antes y repetirlo con nuestro estado del programa actual. Si combinamos esto con una vinculación que cuenta, podemos hacer algo como esta:

```
let numero = 0;
while (numero <= 12) {
  console.log(numero);
  numero = numero + 2;
}
// → 0
// → 2
// ... etcetera
```

Una declaración que comienza con la palabra clave `while` crea un ciclo. La palabra `while` es seguida por una expresión en paréntesis y luego por una declaración, muy similar a `if`. El bucle sigue ingresando a esta declaración siempre que la expresión produzca un valor que dé `true` cuando sea convertida a Boolean.

La vinculación `numero` demuestra la forma en que una vinculación puede seguir el progreso de un programa. Cada vez que el ciclo se repite, `numero` obtiene un valor que es 2 más que su valor anterior. Al comienzo de cada repetición, se compara con el número 12 para decidir si el trabajo del programa está terminado.

Como un ejemplo que realmente hace algo útil, ahora podemos escribir un programa que calcula y muestra el valor de 2^{10} (2 a la 10). Usamos dos vinculaciones: una para realizar un seguimiento de nuestro resultado y una para contar cuántas veces hemos multiplicado este resultado por 2. El ciclo prueba si la segunda vinculación ha llegado a 10 todavía y, si no, actualiza ambas vinculaciones.

```
let resultado = 1;
let contador = 0;
while (contador < 10) {
  resultado = resultado * 2;
  contador = contador + 1;
}
console.log(resultado);
// → 1024
```

El contador también podría haber comenzado en 1 y chequear para `<= 10`, pero, por razones que serán evidentes en el [Capítulo 4](#), es una buena idea ir

acostumbrándose a contar desde 0.

Un ciclo `do` es una estructura de control similar a un ciclo `while`. Difiere solo en un punto: un ciclo `do` siempre ejecuta su cuerpo al menos una vez, y comienza a chequear si debe detenerse solo después de esa primera ejecución. Para reflejar esto, la prueba aparece después del cuerpo del ciclo:

```
let tuNombre;  
do {  
  tuNombre = prompt("Quien eres?");  
} while (!tuNombre);  
console.log(tuNombre);
```

Este programa te obligará a ingresar un nombre. Preguntará de nuevo y de nuevo hasta que obtenga algo que no sea un string vacío. Aplicar el operador `!` convertirá un valor a tipo Booleano antes de negarlo y todos los strings, excepto `""` serán convertidas a `true`. Esto significa que el ciclo continúa dando vueltas hasta que proporciones un nombre no-vacío.

INDENTANDO CÓDIGO

En los ejemplos, he estado agregando espacios adelante de declaraciones que son parte de una declaración más grande. Estos no son necesarios—la computadora aceptará el programa normalmente sin ellos. De hecho, incluso las nuevas líneas en los programas son opcionales. Podrías escribir un programa en una sola línea inmensa si así quisieras.

El rol de esta indentación dentro de los bloques es hacer que la estructura del código se destaque. En código donde se abren nuevos bloques dentro de otros bloques, puede ser difícil ver dónde termina un bloque y donde comienza el otro. Con la indentación apropiada, la forma visual de un programa corresponde a la forma de los bloques dentro de él. Me gusta usar dos espacios para cada bloque abierto, pero los gustos varían—algunas personas usan cuatro espacios, y algunas personas usan caracteres de tabulación. Lo cosa importante es que cada bloque nuevo agregue la misma cantidad de espacio.

```
if (false != true) {  
  console.log("Esto tiene sentido.");  
  if (1 < 2) {  
    console.log("Ninguna sorpresa alli.");  
  }  
}
```

La mayoría de los editores de código ayudaran indentar automáticamente las nuevas líneas con la cantidad adecuada.

CICLOS FOR

Muchos ciclos siguen el patrón visto en los ejemplos de `while`. Primero una vinculación “contador” se crea para seguir el progreso del ciclo. Entonces viene un ciclo `while`, generalmente con una expresión de prueba que verifica si el contador ha alcanzado su valor final. Al final del cuerpo del ciclo, el el contador se actualiza para mantener un seguimiento del progreso.

Debido a que este patrón es muy común, JavaScript y otros lenguajes similares proporcionan una forma un poco más corta y más completa, el ciclo `for`:

```
for (let numero = 0; numero <= 12; numero = numero + 2) {  
  console.log(numero);  
}  
// → 0  
// → 2  
// ... etcetera
```

Este programa es exactamente equivalente al ejemplo [anterior](#) de impresión de números pares. El único cambio es que todos las declaraciones que están relacionadas con el “estado” del ciclo estan agrupadas después del `for`.

Los paréntesis después de una palabra clave `for` deben contener dos punto y comas. La parte antes del primer punto y coma *inicializa* el ciclo, generalmente definiendo una vinculación. La segunda parte es la expresión que *chequea* si el ciclo debe continuar. La parte final *actualiza* el estado del ciclo después de cada iteración. En la mayoría de los casos, esto es más corto y conciso que un constructo `while`.

Este es el código que calcula 2^{10} , usando `for` en lugar de `while`:

```
let resultado = 1;  
for (let contador = 0; contador < 10; contador = contador + 1) {  
  resultado = resultado * 2;  
}  
console.log(resultado);  
// → 1024
```

ROMPIENDO UN CICLO

Hacer que la condición del ciclo produzca **false** no es la única forma en que el ciclo puede terminar. Hay una declaración especial llamada **break** (“romper”) que tiene el efecto de inmediatamente saltar afuera del ciclo circundante.

Este programa ilustra la declaración **break**. Encuentra el primer número que es a la vez mayor o igual a 20 y divisible por 7.

```
for (let actual = 20; ; actual = actual + 1) {  
  if (actual % 7 == 0) {  
    console.log(actual);  
    break;  
  }  
}  
// → 21
```

Usar el operador restante (%) es una manera fácil de probar si un número es divisible por otro número. Si lo es, el residuo de su división es cero.

El constructo **for** en el ejemplo no tiene una parte que verifique cuando finalizar el ciclo. Esto significa que el ciclo nunca se detendrá a menos que se ejecute la declaración **break** dentro de él.

Si eliminas esa declaración **break** o escribieras accidentalmente una condición final que siempre produjera **true**, tu programa estaría atrapado en un *ciclo infinito*. Un programa atrapado en un ciclo infinito nunca terminará de ejecutarse, lo que generalmente es algo malo.

La palabra clave **continue** (“continuar”) es similar a **break**, en que influye el progreso de un ciclo. Cuando **continue** se encuentre en el cuerpo de un ciclo, el control salta afuera del cuerpo y continúa con la siguiente iteración del ciclo.

ACTUALIZANDO VINCULACIONES DE MANERA SUCINTA

Especialmente cuando realices un ciclo, un programa a menudo necesita “actualizar” una vinculación para mantener un valor basandose en el valor anterior de esa vinculación.

```
contador = contador + 1;
```

JavaScript provee de un atajo para esto:

```
contador += 1;
```

Atajos similares funcionan para muchos otros operadores, como `resultado *= 2` para duplicar `resultado` o `contador -= 1` para contar hacia abajo.

Esto nos permite acortar un poco más nuestro ejemplo de conteo.

```
for (let numero = 0; numero <= 12; numero += 2) {  
  console.log(numero);  
}
```

Para `contador += 1` y `contador -= 1`, hay incluso equivalentes más cortos: `contador++` y `contador--`.

DESPACHAR EN UN VALOR CON SWITCH

No es poco común que el código se vea así:

```
if (x == "valor1") accion1();  
else if (x == "valor2") accion2();  
else if (x == "valor3") accion3();  
else accionPorDefault();
```

Existe un constructo llamado `switch` que está destinada a expresar tales “despachos” de una manera más directa. Desafortunadamente, la sintaxis que JavaScript usa para esto (que heredó de la línea lenguajes de programación C/Java) es algo incómoda—una cadena de declaraciones `if` podría llegar a verse mejor. Aquí hay un ejemplo:

```
switch (prompt("Como esta el clima?")) {  
  case "lluvioso":  
    console.log("Recuerda salir con un paraguas.");  
    break;  
  case "soleado":  
    console.log("Vistete con poca ropa.");  
  case "nublado":  
    console.log("Ve afuera.");  
    break;  
  default:  
    console.log("Tipo de clima desconocido!");  
    break;  
}
```

Puedes poner cualquier número de etiquetas de `case` dentro del bloque abierto

por `switch`. El programa comenzará a ejecutarse en la etiqueta que corresponde al valor que se le dio a `switch`, o en `default` si no se encuentra ningún valor que coincida. Continuará ejecutándose, incluso a través de otras etiquetas, hasta que llegue a una declaración `break`. En algunos casos, como en el caso "soleado" del ejemplo, esto se puede usar para compartir algo de código entre casos (recomienda salir para ambos climas soleado y nublado). Pero ten cuidado—es fácil olvidarse de `break`, lo que hará que el programa ejecute código que no quieres que sea ejecutado.

CAPITALIZACIÓN

Los nombres de vinculaciones no pueden contener espacios, sin embargo, a menudo es útil usar múltiples palabras para describir claramente lo que representa la vinculación. Estas son más o menos tus opciones para escribir el nombre de una vinculación con varias palabras en ella:

```
pequeñatortugaverde
pequeña_tortuga_verde
PequeñaTortugaVerde
pequeñaTortugaVerde
```

El primer estilo puede ser difícil de leer. Me gusta mucho el aspecto del estilo con los guiones bajos, aunque ese estilo es algo fastidioso de escribir. Las funciones estándar de JavaScript, y la mayoría de los programadores de JavaScript, siguen el estilo de abajo: capitalizan cada palabra excepto la primera. No es difícil acostumbrarse a pequeñas cosas así, y programar con estilos de nombres mixtos pueden ser algo discordante para leer, así que seguiremos esta convención.

En algunos casos, como en la función `Number`, la primera letra de la vinculación también está en mayúscula. Esto se hizo para marcar esta función como un constructor. Lo que es un constructor quedará claro en el [Capítulo 6](#). Por ahora, lo importante es no ser molestado por esta aparente falta de consistencia.

COMENTARIOS

A menudo, el código en sí mismo no transmite toda la información que deseas que un programa transmita a los lectores humanos, o lo transmite de una manera tan críptica que la gente quizás no lo entienda. En otras ocasiones,

podrías simplemente querer incluir algunos pensamientos relacionados como parte de tu programa. Esto es para lo qué son los *comentarios*.

Un comentario es una pieza de texto que es parte de un programa pero que es completamente ignorado por la computadora. JavaScript tiene dos formas de escribir comentarios. Para escribir un comentario de una sola línea, puede usar dos caracteres de barras inclinadas (//) y luego el texto del comentario después.

```
let balanceDeCuenta = calcularBalance(cuenta);  
// Es un claro del bosque donde canta un río  
balanceDeCuenta.ajustar();  
// Cuelgan enloquecidamente de las hierbas harapos de plata  
let reporte = new Reporte();  
// Donde el sol de la orgullosa montaña luce:  
añadirAReporte(balanceDeCuenta, reporte);  
// Un pequeño valle espumoso de luz.
```

Un comentario // va solo hasta el final de la línea. Una sección de texto entre /* y */ se ignorará en su totalidad, independientemente de si contiene saltos de línea. Esto es útil para agregar bloques de información sobre un archivo o un pedazo de programa.

```
/*  
    Primero encontré este número garabateado en la parte posterior de  
    un viejo cuaderno. Desde entonces, a menudo lo he visto,  
    apareciendo en números de teléfono y en los números de serie de  
    productos que he comprado. Obviamente me gusta, así que  
    decidí quedármelo  
*/  
const miNumero = 11213;
```

RESUMEN

Ahora sabes que un programa está construido a partir de declaraciones, las cuales a veces pueden contener más declaraciones. Las declaraciones tienden a contener expresiones, que a su vez se pueden construir a partir de expresiones mas pequeñas.

Poner declaraciones una despues de otras te da un programa que es ejecutado de arriba hacia abajo. Puedes introducir alteraciones en el flujo de control usando declaraciones condicionales (if, else, y switch) y ciclos (while, do, y for).

Las vinculaciones se pueden usar para archivar datos bajo un nombre, y son útiles para el seguimiento de estado en tu programa. El entorno es el conjunto de vinculaciones que se definen. Los sistemas de JavaScript siempre incluyen por defecto un número de vinculaciones estándar útiles en tu entorno.

Las funciones son valores especiales que encapsulan una parte del programa. Puedes invocarlas escribiendo `nombreDeLaFuncion(argumento1, argumento2)`. Tal llamada a función es una expresión, y puede producir un valor.

EJERCICIOS

Si no estás seguro de cómo probar tus soluciones para los ejercicios, consulta la [introducción](#).

Cada ejercicio comienza con una descripción del problema. Lee eso y trata de resolver el ejercicio. Si tienes problemas, considera leer las pistas en el [final del libro](#). Las soluciones completas para los ejercicios no están incluidas en este libro, pero puedes encontrarlas en línea en *eloquentjavascript.net/code*. Si quieres aprender algo de los ejercicios, te recomiendo mirar a las soluciones solo después de que hayas resuelto el ejercicio, o al menos después de que lo hayas intentando resolver por un largo tiempo y tengas un ligero dolor de cabeza.

CICLO DE UN TRIÁNGULO

Escriba un ciclo que haga siete llamadas a `console.log` para generar el siguiente triángulo:

```
#
##
###
####
#####
#####
#####
```

Puede ser útil saber que puedes encontrar la longitud de un string escribiendo `.length` después de él:

```
let abc = "abc";
console.log(abc.length);
// → 3
```


FIZZBUZZ

Escribe un programa que use `console.log` para imprimir todos los números de 1 a 100, con dos excepciones. Para números divisibles por 3, imprime "Fizz" en lugar del número, y para los números divisibles por 5 (y no 3), imprime "Buzz" en su lugar.

Cuando tengas eso funcionando, modifica tu programa para imprimir "FizzBuzz", para números que sean divisibles entre 3 y 5 (y aún imprimir "Fizz" o "Buzz" para números divisibles por solo uno de ellos).

(Esta es en realidad una pregunta de entrevista que se ha dicho elimina un porcentaje significativo de candidatos a programadores. Así que si la puedes resolver, tu valor en el mercado laboral acaba de subir).

TABLERO DE AJEDREZ

Escribe un programa que cree un string que represente una cuadrícula de 8×8 , usando caracteres de nueva línea para separar las líneas. En cada posición de la cuadrícula hay un espacio o un carácter "#". Los caracteres deberían de formar un tablero de ajedrez.

Pasar este string a `console.log` debería mostrar algo como esto:

```
# # # #
# # # #
# # # #
# # # #
# # # #
# # # #
# # # #
# # # #
```

Cuando tengas un programa que genere este patrón, define una vinculación `tamaño = 8` y cambia el programa para que funcione con cualquier `tamaño`, dando como salida una cuadrícula con el alto y ancho dados.

“La gente piensa que las ciencias de la computación son el arte de los genios, pero la verdadera realidad es lo opuesto, estas solo consisten en mucha gente haciendo cosas que se construyen una sobre la otra, al igual que un muro hecho de piedras pequeñas.”

—Donald Knuth

CHAPTER 3

FUNCIONES

Las funciones son el pan y la mantequilla de la programación en JavaScript. El concepto de envolver una pieza de programa en un valor tiene muchos usos. Esto nos da una forma de estructurar programas más grandes, de reducir la repetición, de asociar nombres con subprogramas y de aislar estos subprogramas unos con otros.

La aplicación más obvia de las funciones es definir nuevo vocabulario. Crear nuevas palabras en la prosa suele ser un mal estilo. Pero en la programación, es indispensable.

En promedio, un típico adulto que hable español tiene unas 20,000 palabras en su vocabulario. Pocos lenguajes de programación vienen con 20,000 comandos ya incorporados en él. Y el vocabulario que *está* disponible tiende a ser más precisamente definido, y por lo tanto menos flexible, que en el lenguaje humano. Por lo tanto, nosotros por lo general *tenemos* que introducir nuevos conceptos para evitar repetirnos demasiado.

DEFINIENDO UNA FUNCIÓN

Una definición de función es una vinculación regular donde el valor de la vinculación es una función. Por ejemplo, este código define `cuadrado` para referirse a una función que produce el cuadrado de un número dado:

```
const cuadrado = function(x) {  
  return x * x;  
};  
  
console.log(cuadrado(12));  
// → 144
```

Una función es creada con una expresión que comienza con la palabra clave `function` (“función”). Las funciones tienen un conjunto de *parámetros* (en este caso, solo `x`) y un *cuerpo*, que contiene las declaraciones que deben ser

ejecutadas cuando se llame a la función. El cuerpo de la función de una función creada de esta manera siempre debe estar envuelto en llaves, incluso cuando consista en una sola declaración.

Una función puede tener múltiples parámetros o ningún parámetro en absoluto. En el siguiente ejemplo, `hacerSonido` no lista ningún nombre de parámetro, mientras que `potencia` enumera dos:

```
const hacerSonido = function() {
  console.log("Pling!");
};

hacerSonido();
// → Pling!

const potencia = function(base, exponente) {
  let resultado = 1;
  for (let cuenta = 0; cuenta < exponente; cuenta++) {
    resultado *= base;
  }
  return resultado;
};

console.log(potencia(2, 10));
// → 1024
```

Algunas funciones producen un valor, como `potencia` y `cuadrado`, y algunas no, como `hacerSonido`, cuyo único resultado es un efecto secundario. Una declaración de `return` determina el valor que es retornado por la función. Cuando el control se encuentre con tal declaración, inmediatamente salta de la función actual y devuelve el valor retornado al código que llamó la función. Una declaración `return` sin una expresión después de ella hace que la función retorne `undefined`. Funciones que no tienen una declaración `return` en absoluto, como `hacerSonido`, similarmente retornan `undefined`.

Los parámetros de una función se comportan como vinculaciones regulares, pero sus valores iniciales están dados por el *llamador* de la función, no por el código en la función en sí.

VINCULACIONES Y ALCANCES

Cada vinculación tiene un *alcance*, que corresponde a la parte del programa en donde la vinculación es visible. Para vinculaciones definidas fuera de cualquier

función o bloque, el alcance es todo el programa—puedes referir a estas vinculaciones en donde sea que quieras. Estas son llamadas *globales*.

Pero las vinculaciones creadas como parámetros de función o declaradas dentro de una función solo puede ser referenciadas en esa función. Estas se llaman *locales*. Cada vez que se llame a la función, se crean nuevas instancias de estas vinculaciones. Esto proporciona cierto aislamiento entre funciones—cada llamada de función actúa sobre su pequeño propio mundo (su entorno local), y a menudo puede ser entendida sin saber mucho acerca de lo qué está pasando en el entorno global.

Vinculaciones declaradas con `let` y `const` son, de hecho, locales al *bloque* donde esten declarados, así que si creas uno de esas dentro de un ciclo, el código antes y después del ciclo no puede “verlas”. En JavaScript anterior a 2015, solo las funciones creaban nuevos alcances, por lo que las vinculaciones de estilo-antiguo, creadas con la palabra clave `var`, son visibles a lo largo de toda la función en la que aparecen—o en todo el alcance global, si no están dentro de una función.

```
let x = 10;
if (true) {
  let y = 20;
  var z = 30;
  console.log(x + y + z);
  // → 60
}
// y no es visible desde aqui
console.log(x + z);
// → 40
```

Cada alcance puede “mirar afuera” hacia al alcance que lo rodee, por lo que `x` es visible dentro del bloque en el ejemplo. La excepción es cuando vinculaciones múltiples tienen el mismo nombre—en ese caso, el código solo puede ver a la vinculación más interna. Por ejemplo, cuando el código dentro de la función `dividirEnDos` se refiera a `numero`, estará viendo su *propio* `numero`, no el `numero` en el alcance global.

```
const dividirEnDos = function(numero) {
  return numero / 2;
};

let numero = 10;
console.log(dividirEnDos(100));
// → 50
```

```
console.log(numero);  
// → 10
```

ALCANCE ANIDADO

JavaScript no solo distingue entre vinculaciones *globales* y *locales*. Bloques y funciones pueden ser creados dentro de otros bloques y funciones, produciendo múltiples grados de localidad.

Por ejemplo, esta función—que muestra los ingredientes necesarios para hacer un lote de humus—tiene otra función dentro de ella:

```
const humus = function(factor) {  
  const ingrediente = function(cantidad, unidad, nombre) {  
    let cantidadIngrediente = cantidad * factor;  
    if (cantidadIngrediente > 1) {  
      unidad += "s";  
    }  
    console.log(`${cantidadIngrediente} ${unidad} ${nombre}`);  
  };  
  ingrediente(1, "lata", "garbanzos");  
  ingrediente(0.25, "taza", "tahini");  
  ingrediente(0.25, "taza", "jugo de limón");  
  ingrediente(1, "clavo", "ajo");  
  ingrediente(2, "cucharada", "aceite de oliva");  
  ingrediente(0.5, "cucharadita", "comino");  
};
```

El código dentro de la función `ingrediente` puede ver la vinculación `factor` de la función externa. Pero sus vinculaciones locales, como `unidad` o `cantidadIngrediente`, no son visibles para la función externa.

En resumen, cada alcance local puede ver también todos los alcances locales que lo contengan. El conjunto de vinculaciones visibles dentro de un bloque está determinado por el lugar de ese bloque en el texto del programa. Cada alcance local puede también ver todos los alcances locales que lo contengan, y todos los alcances pueden ver el alcance global. Este enfoque para la visibilidad de vinculaciones es llamado *alcance léxico*.

FUNCIONES COMO VALORES

Las vinculaciones de función simplemente actúan como nombres para una pieza específica del programa. Tal vinculación se define una vez y nunca cambia. Esto

hace que sea fácil confundir la función con su nombre.

Pero los dos son diferentes. Un valor de función puede hacer todas las cosas que otros valores pueden hacer—puedes usarlo en expresiones arbitrarias, no solo llamarlo. Es posible almacenar un valor de función en una nueva vinculación, pasarla como argumento a una función, y así sucesivamente. Del mismo modo, una vinculación que contenga una función sigue siendo solo una vinculación regular y se le puede asignar un nuevo valor, así:

```
let lanzarMisiles = function() {
  sistemaDeMisiles.lanzar("ahora");
};
if (modoSeguro) {
  lanzarMisiles = function() {/* no hacer nada */};
}
```

En el [Capítulo 5](#), discutiremos las cosas interesantes que se pueden hacer al pasar valores de función a otras funciones.

NOTACIÓN DE DECLARACIÓN

Hay una forma ligeramente más corta de crear una vinculación de función. Cuando la palabra clave `function` es usada al comienzo de una declaración, funciona de una manera diferente.

```
function cuadrado(x) {
  return x * x;
}
```

Esta es una *declaración* de función. La declaración define la vinculación `cuadrado` y la apunta a la función dada. Esto es un poco mas facil de escribir, y no requiere un punto y coma después de la función.

Hay una sutileza con esta forma de definir una función.

```
console.log("El futuro dice:", futuro());

function futuro() {
  return "Nunca tendran autos voladores";
}
```

Este código funciona, aunque la función esté definida *debajo* del código que lo usa. Las declaraciones de funciones no son parte del flujo de control regular de arriba hacia abajo. Estas son conceptualmente trasladadas a la cima de su

alcance y pueden ser utilizadas por todo el código en ese alcance. Esto es a veces útil porque nos da la libertad de ordenar el código en una forma que nos parezca significativa, sin preocuparnos por tener que definir todas las funciones antes de que sean utilizadas.

FUNCIONES DE FLECHA

Existe una tercera notación para funciones, que se ve muy diferente de las otras. En lugar de la palabra clave `function`, usa una flecha (`=>`) compuesta de los caracteres igual y mayor que (no debe ser confundida con el operador igual o mayor que, que se escribe `>=`).

```
const potencia = (base, exponente) => {  
  let resultado = 1;  
  for (let cuenta = 0; cuenta < exponente; cuenta++) {  
    resultado *= base;  
  }  
  return resultado;  
};
```

La flecha viene *después* de la lista de parámetros, y es seguida por el cuerpo de la función. Expresa algo así como “esta entrada (los parámetros) produce este resultado (el cuerpo)”.

Cuando solo haya un solo nombre de parámetro, los paréntesis alrededor de la lista de parámetros pueden ser omitidos. Si el cuerpo es una sola expresión, en lugar de un bloque en llaves, esa expresión será retornada por parte de la función. Así que estas dos definiciones de `cuadrado` hacen la misma cosa:

```
const cuadrado1 = (x) => { return x * x; };  
const cuadrado2 = x => x * x;
```

Cuando una función de flecha no tiene parámetros, su lista de parámetros es solo un conjunto vacío de paréntesis.

```
const bocina = () => {  
  console.log("Toot");  
};
```

No hay una buena razón para tener ambas funciones de flecha y expresiones `function` en el lenguaje. Aparte de un detalle menor, que discutiremos en [Capítulo 6](#), estas hacen lo mismo. Las funciones de flecha se agregaron en

2015, principalmente para que fuera posible escribir pequeñas expresiones de funciones de una manera menos verbosa. Las usaremos mucho en el [Capítulo 5](#).

LA PILA DE LLAMADAS

La forma en que el control fluye a través de las funciones es algo complicado. Vamos a echarle un vistazo más de cerca. Aquí hay un simple programa que hace unas cuantas llamadas de función:

```
function saludar(quien) {  
  console.log("Hola " + quien);  
}  
saludar("Harry");  
console.log("Adios");
```

Un recorrido por este programa es más o menos así: la llamada a `saludar` hace que el control salte al inicio de esa función (línea 2). La función llama a `console.log`, la cual toma el control, hace su trabajo, y entonces retorna el control a la línea 2. Allí llega al final de la función `saludar`, por lo que vuelve al lugar que la llamó, que es la línea 4. La línea que sigue llama a `console.log` nuevamente. Después que esta función retorna, el programa llega a su fin.

Podríamos mostrar el flujo de control esquemáticamente de esta manera:

We could show the flow of control schematically like this:

```
no en una función  
  en saludar  
    en console.log  
  en saludar  
no en una función  
  en console.log  
no en una función
```

Ya que una función tiene que regresar al lugar donde fue llamada cuando esta retorna, la computadora debe recordar el contexto de donde sucedió la llamada. En un caso, `console.log` tiene que volver a la función `saludar` cuando está lista. En el otro caso, vuelve al final del programa.

El lugar donde la computadora almacena este contexto es la *pila de llamadas*. Cada vez que se llama a una función, el contexto actual es almacenado en la parte superior de esta “pila”. Cuando una función retorna, elimina el contexto superior de la pila y lo usa para continuar la ejecución.

Almacenar esta pila requiere espacio en la memoria de la computadora. Cuando la pila crece demasiado grande, la computadora fallará con un mensaje como “fuera de espacio de pila” o “demasiada recursividad”. El siguiente código ilustra esto haciendo una pregunta realmente difícil a la computadora, que causara un ir y venir infinito entre las dos funciones. Mejor dicho, *sería* infinito, si la computadora tuviera una pila infinita. Como son las cosas, nos quedaremos sin espacio, o “explotaremos la pila”.

```
function gallina() {  
  return huevo();  
}  
function huevo() {  
  return gallina();  
}  
console.log(gallina() + " vino primero.");  
// → ??
```

ARGUMENTOS OPCIONALES

El siguiente código está permitido y se ejecuta sin ningún problema:

```
function cuadrado(x) { return x * x; }  
console.log(cuadrado(4, true, "erizo"));  
// → 16
```

Definimos `cuadrado` con solo un parámetro. Sin embargo, cuando lo llamamos con tres, el lenguaje no se queja. Este ignora los argumentos extra y calcula el cuadrado del primero.

JavaScript es de extremadamente mente-abierta sobre la cantidad de argumentos que puedes pasar a una función. Si pasa demasiados, los adicionales son ignorados. Si pasas muy pocos, a los parámetros faltantes se les asigna el valor `undefined`.

La desventaja de esto es que es posible—incluso probable—que accidentalmente pases la cantidad incorrecta de argumentos a las funciones. Y nadie te dira nada acerca de eso.

La ventaja es que este comportamiento se puede usar para permitir que una función sea llamada con diferentes cantidades de argumentos. Por ejemplo, esta función `menos` intenta imitar al operador `-` actuando ya sea en uno o dos argumentos

```
function menos(a, b) {  
  if (b === undefined) return -a;
```

```

    else return a - b;
}

console.log(menos(10));
// → -10
console.log(menos(10, 5));
// → 5

```

Si escribes un operador = después un parámetro, seguido de una expresión, el valor de esa expresión reemplazará al argumento cuando este no sea dado.

Por ejemplo, esta versión de `potencia` hace que su segundo argumento sea opcional. Si este no es proporcionado o si pasas el valor `undefined`, este se establecerá en dos y la función se comportará como `cuadrado`.

```

function potencia(base, exponente = 2) {
  let resultado = 1;
  for (let cuenta = 0; cuenta < exponente; cuenta++) {
    resultado *= base;
  }
  return resultado;
}

console.log(potencia(4));
// → 16
console.log(potencia(2, 6));
// → 64

```

En el [próximo capítulo](#), veremos una forma en la que el cuerpo de una función puede obtener una lista de todos los argumentos que son pasados. Esto es útil porque hace posible que una función acepte cualquier cantidad de argumentos. Por ejemplo, `console.log` hace esto—muestra en la consola todos los valores que se le den.

```

console.log("C", "0", 2);
// → C 0 2

```

CIERRE

La capacidad de tratar a las funciones como valores, combinado con el hecho de que las vinculaciones locales se vuelven a crear cada vez que una sea función es llamada, trae a la luz una pregunta interesante. Qué sucede con

las vinculaciones locales cuando la llamada de función que los creó ya no está activa?

El siguiente código muestra un ejemplo de esto. Define una función, `envolverValor`, que crea una vinculación local. Luego retorna una función que accede y devuelve esta vinculación local.

```
function envolverValor(n) {  
  let local = n;  
  return () => local;  
}  
  
let envolver1 = envolverValor(1);  
let envolver2 = envolverValor(2);  
console.log(envolver1());  
// → 1  
console.log(envolver2());  
// → 2
```

Esto está permitido y funciona como es de esperar—ambas instancias de las vinculaciones todavía pueden ser accedidas. Esta situación es una buena demostración del hecho de que las vinculaciones locales se crean de nuevo para cada llamada, y que las diferentes llamadas no pueden pisotear las distintas vinculaciones locales entre sí.

Esta característica—poder hacer referencia a una instancia específica de una vinculación local en un alcance encerrado—se llama *cierre*. Una función que hace referencia a vinculaciones de alcances locales alrededor de ella es llamada *un* cierre. Este comportamiento no solo te libera de tener que preocuparte por la duración de las vinculaciones pero también hace posible usar valores de funciones en algunas formas bastante creativas.

Con un ligero cambio, podemos convertir el ejemplo anterior en una forma de crear funciones que multipliquen por una cantidad arbitraria.

```
function multiplicador(factor) {  
  return numero => numero * factor;  
}  
  
let duplicar = multiplicador(2);  
console.log(duplicar(5));  
// → 10
```

La vinculación explícita `local` del ejemplo `envolverValor` no es realmente necesaria ya que un parámetro es en sí misma una vinculación local.

Pensar en programas de esta manera requiere algo de práctica. Un buen

modelo mental es pensar en los valores de función como que contienen tanto el código en su cuerpo tanto como el entorno en el que se crean. Cuando son llamadas, el cuerpo de la función ve su entorno original, no el entorno en el que se realiza la llamada.

En el ejemplo, se llama a `multiplicador` y esta crea un entorno en el que su parámetro `factor` está ligado a 2. El valor de función que retorna, el cual se almacena en `duplicar`, recuerda este entorno. Así que cuando es llamada, multiplica su argumento por 2.

RECUSIÓN

Está perfectamente bien que una función se llame a sí misma, siempre que no lo haga tanto que desborde la pila. Una función que se llama a si misma es llamada *recursiva*. La recursión permite que algunas funciones sean escritas en un estilo diferente. Mira, por ejemplo, esta implementación alternativa de potencia:

```
function potencia(base, exponente) {  
  if (exponente == 0) {  
    return 1;  
  } else {  
    return base * potencia(base, exponente - 1);  
  }  
}  
  
console.log(potencia(2, 3));  
// → 8
```

Esto es bastante parecido a la forma en la que los matemáticos definen la exponenciación y posiblemente describa el concepto más claramente que la variante con el ciclo. La función se llama a si misma muchas veces con cada vez exponentes más pequeños para lograr la multiplicación repetida.

Pero esta implementación tiene un problema: en las implementaciones típicas de JavaScript, es aproximadamente 3 veces más lenta que la versión que usa un ciclo. Correr a través de un ciclo simple es generalmente más barato en terminos de memoria que llamar a una función multiples veces.

El dilema de velocidad versus elegancia es interesante. Puedes verlo como una especie de compromiso entre accesibilidad-humana y accesibilidad-maquina. Casi cualquier programa se puede hacer más rápido haciendolo más grande y complicado. El programador tiene que decidir acerca de cual es un equilibrio

apropiado.

En el caso de la función **potencia**, la versión poco elegante (con el ciclo) sigue siendo bastante simple y fácil de leer. No tiene mucho sentido reemplazarla con la versión recursiva. A menudo, sin embargo, un programa trata con conceptos tan complejos que renunciar a un poco de eficiencia con el fin de hacer que el programa sea más sencillo es útil.

Preocuparse por la eficiencia puede ser una distracción. Es otro factor más que complica el diseño del programa, y cuando estás haciendo algo que ya es difícil, añadir algo más de lo que preocuparse puede ser paralizante.

Por lo tanto, siempre comienza escribiendo algo que sea correcto y fácil de comprender. Si te preocupa que sea demasiado lento—lo que generalmente no sucede, ya que la mayoría del código simplemente no se ejecuta con la suficiente frecuencia como para tomar cantidades significativas de tiempo—puedes medir luego y mejorar si es necesario.

La recursión no siempre es solo una alternativa ineficiente a los ciclos. Algunos problemas son realmente más fáciles de resolver con recursión que con ciclos. En la mayoría de los casos, estos son problemas que requieren explorar o procesar varias “ramas”, cada una de las cuales podría ramificarse de nuevo en aún más ramas.

Considera este acertijo: comenzando desde el número 1 y repetidamente agregando 5 o multiplicando por 3, una cantidad infinita de números nuevos pueden ser producidos. ¿Cómo escribirías una función que, dado un número, intente encontrar una secuencia de tales adiciones y multiplicaciones que produzca ese número?

Por ejemplo, se puede llegar al número 13 multiplicando primero por 3 y luego agregando 5 dos veces, mientras que el número 15 no puede ser alcanzado de ninguna manera.

Aquí hay una solución recursiva:

```
function encontrarSolucion(objetivo) {
  function encontrar(actual, historia) {
    if (actual == objetivo) {
      return historia;
    } else if (actual > objetivo) {
      return null;
    } else {
      return encontrar(actual + 5, `${historia} + 5`) ||
        encontrar(actual * 3, `${historia} * 3`);
    }
  }
  return encontrar(1, "1");
}
```

```
console.log(encontrarSolucion(24));  
// → (((1 * 3) + 5) * 3)
```

Ten en cuenta que este programa no necesariamente encuentra la secuencia de operaciones *mas corta*. Este está satisfecho cuando encuentra cualquier secuencia que funcione.

Está bien si no ves cómo funciona el programa de inmediato. Vamos a trabajar a través de él, ya que es un gran ejercicio de pensamiento recursivo.

La función interna `encontrar` es la que hace uso de la recursión real. Esta toma dos argumentos, el número actual y un string que registra cómo se ha alcanzado este número. Si encuentra una solución, devuelve un string que muestra cómo llegar al objetivo. Si no puede encontrar una solución a partir de este número, retorna `null`.

Para hacer esto, la función realiza una de tres acciones. Si el número actual es el número objetivo, la historia actual es una forma de llegar a ese objetivo, por lo que es retornada. Si el número actual es mayor que el objetivo, no tiene sentido seguir explorando esta rama ya que tanto agregar como multiplicar solo hara que el número sea mas grande, por lo que retorna `null`. Y finalmente, si aún estamos por debajo del número objetivo, la función intenta ambos caminos posibles que comienzan desde el número actual llamandose a sí misma dos veces, una para agregar y otra para multiplicar. Si la primera llamada devuelve algo que no es `null`, esta es retornada. De lo contrario, se retorna la segunda llamada, independientemente de si produce un string o el valor `null`.

Para comprender mejor cómo esta función produce el efecto que estamos buscando, veamos todas las llamadas a `encontrar` que se hacen cuando buscamos una solución para el número 13.

```
encontrar(1, "1")  
  encontrar(6, "(1 + 5)")  
    encontrar(11, "((1 + 5) + 5)")  
      encontrar(16, "(((1 + 5) + 5) + 5)")  
        muy grande  
      encontrar(33, "(((1 + 5) + 5) * 3)")  
        muy grande  
      encontrar(18, "((1 + 5) * 3)")  
        muy grande  
    encontrar(3, "(1 * 3)")  
      encontrar(8, "(1 * 3) + 5)")  
        encontrar(13, "(((1 * 3) + 5) + 5)")  
          ¡encontrado!
```

La indentación indica la profundidad de la pila de llamadas. La primera vez

que encontrar es llamada, comienza llamandose a sí misma para explorar la solución que comienza con (1 + 5). Esa llamada hara uso de la recursión aún más para explorar *cada* solución continuada que produzca un número menor o igual a el número objetivo. Como no encuentra uno que llegue al objetivo, retorna null a la primera llamada. Ahí el operador || genera la llamada que explora (1 * 3) para que esta suceda. Esta búsqueda tiene más suerte—su primera llamada recursiva, a través de *otra* llamada recursiva, encuentra al número objetivo. Esa llamada más interna retorna un string, y cada uno de los operadores || en las llamadas intermedias pasa ese string a lo largo, en última instancia retornando la solución.

FUNCIONES CRECIENTES

Hay dos formas más o menos naturales para que las funciones sean introducidas en los programas.

La primera es que te encuentras escribiendo código muy similar múltiples veces. Preferiríamos no hacer eso. Tener más código significa más espacio para que los errores se oculten y más material que leer para las personas que intenten entender el programa. Entonces tomamos la funcionalidad repetida, buscamos un buen nombre para ella, y la ponemos en una función.

La segunda forma es que encuentres que necesitas alguna funcionalidad que aún no has escrito y parece que merece su propia función. Comenzarás por nombrar a la función y luego escribirás su cuerpo. Incluso podrías comenzar a escribir código que use la función antes de que definas a la función en sí misma.

Que tan difícil te sea encontrar un buen nombre para una función es una buena indicación de cuán claro es el concepto que está tratando de envolver. Veamos un ejemplo.

Queremos escribir un programa que imprima dos números, los números de vacas y pollos en una granja, con las palabras Vacas y Pollos después de ellos, y ceros acolchados antes de ambos números para que siempre tengan tres dígitos de largo.

```
007 Vacas
011 Pollos
```

Esto pide una función de dos argumentos—el numero de vacas y el numero de pollos. Vamos a programar.

```
function imprimirInventarioGranja(vacas, pollos) {
  let stringVaca = String(vacas);
  while (stringVaca.length < 3) {
```

```

    stringVaca = "0" + stringVaca;
  }
  console.log(`${stringVaca} Vacas`);
  let stringPollos = String(pollos);
  while (stringPollos.length < 3) {
    stringPollos = "0" + stringPollos;
  }
  console.log(`${stringPollos} Pollos`);
}
imprimirInventarioGranja(7, 11);

```

Escribir `.length` después de una expresión de `string` nos dará la longitud de dicho `string`. Por lo tanto, los ciclos `while` seguirán sumando ceros delante del `string` de numeros hasta que este tenga al menos tres caracteres de longitud.

Misión cumplida! Pero justo cuando estamos por enviar el código a la agricultora (junto con una considerable factura), ella nos llama y nos dice que ella también comenzó a criar cerdos, y que si no podríamos extender el software para imprimir cerdos también?

Claro que podemos. Pero justo cuando estamos en el proceso de copiar y pegar esas cuatro líneas una vez más, nos detenemos y reconsideramos. Tiene que haber una mejor manera. Aquí hay un primer intento:

```

function imprimirEtiquetaAlcochadaConCeros(numero, etiqueta) {
  let stringNumero = String(numero);
  while (stringNumero.length < 3) {
    stringNumero = "0" + stringNumero;
  }
  console.log(`${stringNumero} ${etiqueta}`);
}

function imprimirInventarioGranja(vacas, pollos, cerdos) {
  imprimirEtiquetaAlcochadaConCeros(vacas, "Vacas");
  imprimirEtiquetaAlcochadaConCeros(pollos, "Pollos");
  imprimirEtiquetaAlcochadaConCeros(cerdos, "Cerdos");
}

imprimirInventarioGranja(7, 11, 3);

```

Funciona! Pero ese nombre, `imprimirEtiquetaAlcochadaConCeros`, es un poco incómodo. Combina tres cosas—impresión, alcochar con ceros y añadir una etiqueta—en una sola función.

En lugar de sacar la parte repetida de nuestro programa al por mayor, in-

tentemos elegir un solo *concepto*.

```
function alcocharConCeros(numero, amplitud) {
  let string = String(numero);
  while (string.length < amplitud) {
    string = "0" + string;
  }
  return string;
}

function imprimirInventarioGranja(vacas, pollos, cerdos) {
  console.log(`${alcocharConCeros(vacas, 3)} Vacas`);
  console.log(`${alcocharConCeros(pollos, 3)} Pollos`);
  console.log(`${alcocharConCeros(cerdos, 3)} Cerdos`);
}

imprimirInventarioGranja(7, 16, 3);
```

Una función con un nombre agradable y obvio como `alcocharConCeros` hace que sea más fácil de entender lo que hace para alguien que lee el código. Y tal función es útil en situaciones más allá de este programa en específico. Por ejemplo, podrías usarla para ayudar a imprimir tablas de números en una manera alineada.

Que tan inteligente y versátil *debería* de ser nuestra función? Podríamos escribir cualquier cosa, desde una función terriblemente simple que solo pueda alcochar un número para que tenga tres caracteres de ancho, a un complicado sistema generalizado de formateo de números que maneje números fraccionarios, números negativos, alineación de puntos decimales, relleno con diferentes caracteres, y así sucesivamente.

Un principio útil es no agregar mucho ingenio a menos que estes absolutamente seguro de que lo vas a necesitar. Puede ser tentador escribir “frameworks” generalizados para cada funcionalidad que encuentres. Resiste ese impulso. No realizarás ningún trabajo real de esta manera—solo estarás escribiendo código que nunca usarás.

FUNCIONES Y EFECTOS SECUNDARIOS

Las funciones se pueden dividir aproximadamente en aquellas que se llaman por su efectos secundarios y aquellas que son llamadas por su valor de retorno. (Aunque definitivamente también es posible tener tanto efectos secundarios como devolver un valor en una misma función.)

La primera función auxiliar en el ejemplo de la granja, `imprimirEtiquetaAlcochadaConCeros`, se llama por su efecto secundario: imprime una línea. La segunda versión, `alcocharConCeros`, se llama por su valor de retorno. No es coincidencia que la segunda sea útil en más situaciones que la primera. Las funciones que crean valores son más fáciles de combinar en nuevas formas que las funciones que directamente realizan efectos secundarios.

Una función *pura* es un tipo específico de función de producción-de-valores que no solo no tiene efectos secundarios pero que tampoco depende de los efectos secundarios de otro código—por ejemplo, no lee vinculaciones globales cuyos valores puedan cambiar. Una función pura tiene la propiedad agradable de que cuando se le llama con los mismos argumentos, siempre produce el mismo valor (y no hace nada más). Una llamada a tal función puede ser sustituida por su valor de retorno sin cambiar el significado del código. Cuando no estás seguro de que una función pura esté funcionando correctamente, puedes probarla simplemente llamándola, y saber que si funciona en ese contexto, funcionará en cualquier contexto. Las funciones no puras tienden a requerir más configuración para poder ser probadas.

Aún así, no hay necesidad de sentirse mal cuando escribas funciones que no son puras o de hacer una guerra santa para purgarlas de tu código. Los efectos secundarios a menudo son útiles. No habría forma de escribir una versión pura de `console.log`, por ejemplo, y `console.log` es bueno de tener. Algunas operaciones también son más fáciles de expresar de una manera eficiente cuando usamos efectos secundarios, por lo que la velocidad de computación puede ser una razón para evitar la pureza.

RESUMEN

Este capítulo te enseñó a escribir tus propias funciones. La palabra clave `function`, cuando se usa como una expresión, puede crear un valor de función. Cuando se usa como una declaración, se puede usar para declarar una vinculación y darle una función como su valor. Las funciones de flecha son otra forma más de crear funciones.

```
// Define f para sostener un valor de función
const f = function(a) {
  console.log(a + 2);
};

// Declara g para ser una función
function g(a, b) {
  return a * b * 3.5;
```

```
}

// Un valor de función menos verboso
let h = a => a % 3;
```

Un aspecto clave en para comprender a las funciones es comprender los alcances. Cada bloque crea un nuevo alcance. Los parámetros y vinculaciones declaradas en un determinado alcance son locales y no son visibles desde el exterior. Vinculaciones declaradas con `var` se comportan de manera diferente—terminan en el alcance de la función más cercana o en el alcance global.

Separar las tareas que realiza tu programa en diferentes funciones es útil. No tendrás que repetirte tanto, y las funciones pueden ayudar a organizar un programa agrupando el código en piezas que hagan cosas específicas.

EJERCICIOS

MÍNIMO

El [capítulo anterior](#) introdujo la función estándar `Math.min` que devuelve su argumento más pequeño. Nosotros podemos construir algo como eso ahora. Escribe una función `min` que tome dos argumentos y retorne su mínimo.

RECUSIÓN

Hemos visto que `%` (el operador de residuo) se puede usar para probar si un número es par o impar usando `% 2` para ver si es divisible entre dos. Aquí hay otra manera de definir si un número entero positivo es par o impar:

- Zero es par.
- Uno es impar.
- Para cualquier otro número N , su paridad es la misma que $N - 2$.

Define una función recursiva `esPar` que corresponda a esta descripción. La función debe aceptar un solo parámetro (un número entero, positivo) y devolver un Booleano.

Pruébalo con 50 y 75. Observa cómo se comporta con -1. Por qué? Puedes pensar en una forma de arreglar esto?

CONTEO DE FRIJOLES

Puedes obtener el N-ésimo carácter, o letra, de un string escribiendo `"string"[N]`. El valor devuelto será un string que contiene solo un carácter (por ejemplo, `"f"`). El primer carácter tiene posición cero, lo que hace que el último se encuentre en la posición `string.length - 1`. En otras palabras, un string de dos caracteres tiene una longitud de 2, y sus caracteres tendrán las posiciones 0 y 1.

Escribe una función `contarFs` que tome un string como su único argumento y devuelva un número que indica cuántos caracteres “F” en mayúsculas haya en el string.

Despues, escribe una función llamada `contarCaracteres` que se comporte como `contarFs`, excepto que toma un segundo argumento que indica el carácter que debe ser contado (en lugar de contar solo caracteres “F” en mayúscula). Reescribe `contarFs` para que haga uso de esta nueva función.

“En dos ocasiones me han preguntado, ‘Dinos, Sr. Babbage, si pones montos equivocadas en la máquina, saldrán las respuestas correctas? [...] No soy capaz de comprender correctamente el tipo de confusión de ideas que podrían provocar tal pregunta.’”

—Charles Babbage, *Passages from the Life of a Philosopher* (1864)

CHAPTER 4

ESTRUCTURAS DE DATOS: OBJETOS Y ARRAYS

Los números, los booleanos y los strings son los átomos que constituyen las estructuras de datos. Sin embargo, muchos tipos de información requieren más de un átomo. Los *objetos* nos permiten agrupar valores—incluidos otros objetos— para construir estructuras más complejas.

Los programas que hemos construido hasta ahora han estado limitados por el hecho de que estaban operando solo en tipos de datos simples. Este capítulo introduzca estructuras de datos básicas. Al final de el, sabrás lo suficiente como para comenzar a escribir programas útiles.

El capítulo trabajara a través de un ejemplo de programación más o menos realista, presentando nuevos conceptos según se apliquen al problema en cuestión. El código de ejemplo a menudo se basara en funciones y vinculaciones que fueron introducidas anteriormente en el texto.

La caja de arena en línea para el libro (eloquentjavascript.net/code] proporciona una forma de ejecutar código en el contexto de un capítulo en específico. Si decides trabajar con los ejemplos en otro entorno, asegúrate de primero descargar el código completo de este capítulo desde la página de la caja de arena.

EL HOMBRE ARDILLA

De vez en cuando, generalmente entre las ocho y las diez de la noche, Jacques se encuentra a si mismo transformándose en un pequeño roedor peludo con una cola espesa.

Por un lado, Jacques está muy contento de no tener la licantropía clásica. Convertirse en una ardilla causa menos problemas que convertirse en un lobo. En lugar de tener que preocuparse por accidentalmente comerse al vecino (*eso* sería incómodo), le preocupa ser comido por el gato del vecino. Después de dos ocasiones en las que se despertó en una rama precariamente delgada de la copa de un roble, desnudo y desorientado, Jacques se ha dedicado a bloquear las puertas y ventanas de su habitación por la noche y pone algunas nueces en

el piso para mantenerse ocupado.

Eso se ocupa de los problemas del gato y el árbol. Pero Jacques preferiría deshacerse de su condición por completo. Las ocurrencias irregulares de la transformación lo hacen sospechar que estas podrían ser provocadas por algo en específico. Por un tiempo, creyó que solo sucedía en los días en los que el había estado cerca de árboles de roble. Pero evitar los robles no detuvo el problema.

Cambiando a un enfoque más científico, Jacques ha comenzado a mantener un registro diario de todo lo que hace en un día determinado y si su forma cambia. Con esta información él espera reducir las condiciones que desencadenan las transformaciones.

Lo primero que él necesita es una estructura de datos para almacenar esta información.

CONJUNTOS DE DATOS

Para trabajar con una porción de datos digitales, primero debemos encontrar una manera de representarlo en la memoria de nuestra máquina. Digamos, por ejemplo, que queremos representar una colección de los números 2, 3, 5, 7 y 11.

Podríamos ponernos creativos con los strings—después de todo, los strings pueden tener cualquier longitud, por lo que podemos poner una gran cantidad de datos en ellos—y usar "2 3 5 7 11" como nuestra representación. Pero esto es incómodo. Tendrías que extraer los dígitos de alguna manera y convertirlos a números para acceder a ellos.

Afortunadamente, JavaScript proporciona un tipo de datos específicamente para almacenar secuencias de valores. Es llamado *array* y está escrito como una lista de valores entre corchetes, separados por comas.

```
let listaDeNumeros = [2, 3, 5, 7, 11];
console.log(listaDeNumeros[2]);
// → 5
console.log(listaDeNumeros[0]);
// → 2
console.log(listaDeNumeros[2 - 1]);
// → 3
```

La notación para llegar a los elementos dentro de un array también utiliza corchetes. Un par de corchetes inmediatamente después de una expresión, con otra expresión dentro de ellos, buscará al elemento en la expresión de la izquierda que corresponde al *índice* dado por la expresión entre corchetes.

El primer índice de un array es cero, no uno. Entonces el primer elemento es alcanzado con `listaDeNumeros[0]`. El conteo basado en cero tiene una larga tradición en el mundo de la tecnología, y en ciertas maneras tiene mucho sentido, pero toma algo de tiempo acostumbrarse. Piensa en el índice como la cantidad de elementos a saltar, contando desde el comienzo del array.

PROPIEDADES

Hasta ahora hemos visto algunas expresiones sospechosas como `miString.length` (para obtener la longitud de un string) y `Math.max` (la función máxima) en capítulos anteriores. Estas son expresiones que acceden a la *propiedad* de algún valor. En el primer caso, accedemos a la propiedad `length` de el valor en `miString`. En el segundo, accedemos a la propiedad llamada `max` en el objeto `Math` (que es una colección de constantes y funciones relacionadas con las matemáticas).

Casi todos los valores de JavaScript tienen propiedades. Las excepciones son `null` y `undefined`. Si intentas acceder a una propiedad en alguno de estos no-valores, obtienes un error.

```
null.length;  
// → TypeError: null has no properties
```

Las dos formas principales de acceder a las propiedades en JavaScript son con un punto y con corchetes. Tanto `valor.x` como `valor[x]` acceden una propiedad en `valor`—pero no necesariamente la misma propiedad. La diferencia está en cómo se interpreta `x`. Cuando se usa un punto, la palabra después del punto es el nombre literal de la propiedad. Cuando usas corchetes, la expresión entre corchetes es *evaluada* para obtener el nombre de la propiedad. Mientras `valor.x` obtiene la propiedad de `valor` llamada “x”, `valor[x]` intenta evaluar la expresión `x` y usa el resultado, convertido en un string, como el nombre de la propiedad.

Entonces, si sabes que la propiedad que te interesa se llama *color*, dices `valor.color`. Si quieres extraer la propiedad nombrado por el valor mantenido en la vinculación `i`, dices `valor[i]`. Los nombres de las propiedades son strings. Pueden ser cualquier string, pero la notación de puntos solo funciona con nombres que se vean como nombres de vinculaciones válidos. Entonces, si quieres acceder a una propiedad llamada *2* o *Juan Perez*, debes usar corchetes: `valor[2]` o `valor["Juan Perez"]`.

Los elementos en un array son almacenados como propiedades del array,

usando números como nombres de propiedad. Ya que no puedes usar la notación de puntos con números, y que generalmente quieres utilizar una vinculación que contenga el índice de cualquier manera, debes de usar la notación de corchetes para llegar a ellos.

La propiedad `length` de un array nos dice cuántos elementos este tiene. Este nombre de propiedad es un nombre de vinculación válido, y sabemos su nombre en avance, así que para encontrar la longitud de un array, normalmente escribes `array.length` ya que es más fácil de escribir que `array["length"]`.

MÉTODOS

Ambos objetos de `string` y `array` contienen, además de la propiedad `length`, una serie de propiedades que tienen valores de función.

```
let ouch = "Ouch";
console.log(typeof ouch.toUpperCase);
// → function
console.log(ouch.toUpperCase());
// → OUCH
```

Cada `string` tiene una propiedad `toUpperCase` (“a mayúsculas”). Cuando se llame, regresará una copia del `string` en la que todas las letras han sido convertido a mayúsculas. También hay `toLowerCase` (“a minúsculas”), que hace lo contrario.

Curiosamente, a pesar de que la llamada a `toUpperCase` no pasa ningún argumento, la función de alguna manera tiene acceso al `string` “Ouch”, el valor de cuya propiedad llamamos. Cómo funciona esto se describe en el [Capítulo 6](#).

Las propiedades que contienen funciones generalmente son llamadas *metodos* del valor al que pertenecen. Como en, “`toUpperCase` es un método de `string`”.

Este ejemplo demuestra dos métodos que puedes usar para manipular arrays:

```
let secuencia = [1, 2, 3];
secuencia.push(4);
secuencia.push(5);
console.log(secuencia);
// → [1, 2, 3, 4, 5]
console.log(secuencia.pop());
// → 5
console.log(secuencia);
// → [1, 2, 3, 4]
```


El método `push` agrega valores al final de un array, y el método `pop` hace lo contrario, eliminando el último valor en el array y retornándolo.

Estos nombres algo tontos son los términos tradicionales para las operaciones en una *pila*. Una pila, en programación, es una estructura de datos que te permite agregar valores a ella y volverlos a sacar en el orden opuesto, de modo que lo que se agregó de último se elimine primero. Estas son comunes en la programación—es posible que recuerdes la pila de llamadas en [el capítulo anterior](#), que es una instancia de la misma idea.

OBJETOS

De vuelta al Hombre-Ardilla. Un conjunto de entradas diarias puede ser representado como un array. Pero estas entradas no consisten en solo un número o un string—cada entrada necesita almacenar una lista de actividades y un valor booleano que indica si Jacques se convirtió en una ardilla o no. Idealmente, nos gustaría agrupar estos en un solo valor y luego agrupar estos valores en un array de registro de entradas.

Los valores del tipo *objeto* son colecciones arbitrarias de propiedades. Una forma de crear un objeto es mediante el uso de llaves como una expresión.

```
let dia1 = {
  ardilla: false,
  eventos: ["trabajo", "toque un arbol", "pizza", "salir a correr"]
};
console.log(dia1.ardilla);
// → false
console.log(dia1.lobo);
// → undefined
dia1.lobo = false;
console.log(dia1.lobo);
// → false
```

Dentro de las llaves, hay una lista de propiedades separadas por comas. Cada propiedad tiene un nombre seguido de dos puntos y un valor. Cuando un objeto está escrito en varias líneas, indentar como en el ejemplo ayuda con la legibilidad. Las propiedades cuyos nombres no sean nombres válidos de vinculaciones o números válidos deben estar entre comillas.

```
let descripciones = {
  trabajo: "Fui a trabajar",
  "toque un arbol": "Toque un arbol"
```

```
};
```

Esto significa que las llaves tienen *dos* significados en JavaScript. Al comienzo de una declaración, comienzan un bloque de declaraciones. En cualquier otra posición, describen un objeto. Afortunadamente, es raramente útil comenzar una declaración con un objeto en llaves, por lo que la ambigüedad entre estas dos acciones no es un gran problema.

Leer una propiedad que no existe te dará el valor `undefined`.

Es posible asignarle un valor a una expresión de propiedad con un operador `=`. Esto reemplazará el valor de la propiedad si ya tenía uno o crea una nueva propiedad en el objeto si no fuera así.

Para volver brevemente a nuestro modelo de vinculaciones como tentáculos—Las vinculaciones de propiedad son similares. Ellas *agarran* valores, pero otras vinculaciones y propiedades pueden estar agarrando esos mismos valores. Puedes pensar en los objetos como pulpos con cualquier cantidad de tentáculos, cada uno de los cuales tiene un nombre tatuado en él.

El operador `delete` (“eliminar”) corta un tentáculo de dicho pulpo. Es un operador unario que, cuando se aplica a la propiedad de un objeto, eliminará la propiedad nombrada de dicho objeto. Esto no es algo que hagas todo el tiempo, pero es posible.

```
let unObjeto = {izquierda: 1, derecha: 2};
console.log(unObjeto.izquierda);
// → 1
delete unObjeto.izquierda;
console.log(unObjeto.izquierda);
// → undefined
console.log("izquierda" in unObjeto);
// → false
console.log("derecha" in unObjeto);
// → true
```

El operador binario `in` (“en”), cuando se aplica a un string y un objeto, te dice si ese objeto tiene una propiedad con ese nombre. La diferencia entre darle un valor de `undefined` a una propiedad y eliminarla realmente es que, en el primer caso, el objeto todavía *tiene* la propiedad (solo que no tiene un valor muy interesante), mientras que en el segundo caso la propiedad ya no está presente e `in` retornara `false`.

Para saber qué propiedades tiene un objeto, puedes usar la función `Object.keys`. Le das un objeto y devuelve un array de strings—los nombres de las propiedades del objeto.

```
console.log(Object.keys({x: 0, y: 0, z: 2}));  
// → ["x", "y", "z"]
```

Hay una función `Object.assign` que copia todas las propiedades de un objeto a otro.

```
let objetoA = {a: 1, b: 2};  
Object.assign(objetoA, {b: 3, c: 4});  
console.log(objetoA);  
// → {a: 1, b: 3, c: 4}
```

Los arrays son, entonces, solo un tipo de objeto especializado para almacenar secuencias de cosas. Si evalúas `typeof []`, este produce `"object"`. Podrías imaginarlos como pulpos largos y planos con todos sus tentáculos en una fila ordenada, etiquetados con números.

Representaremos el diario de Jacques como un array de objetos.

```
let diario = [  
  {eventos: ["trabajo", "toque un arbol", "pizza",  
             "sali a correr", "television"],  
    ardilla: false},  
  {eventos: ["trabajo", "helado", "coliflor",  
             "lasaña", "toque un arbol", "me cepille los dientes"],  
    ardilla: false},  
  {eventos: ["fin de semana", "monte la bicicleta", "descanso", "  
             nueces",  
             "cerveza"],  
    ardilla: true},  
  /* y asi sucesivamente... */  
];
```

MUTABILIDAD

Llegaremos a la programación real *pronto*. Pero primero, hay una pieza más de teoría por entender.

Vimos que los valores de objeto pueden ser modificados. Los tipos de valores discutidos en capítulos anteriores, como números, strings y booleanos, son todos *inmutables*—es imposible cambiar los valores de aquellos tipos. Puedes combinarlos y obtener nuevos valores a partir de ellos, pero cuando tomas un valor de string específico, ese valor siempre será el mismo. El texto dentro de él no puede ser cambiado. Si tienes un string que contiene `"gato"`, no es posible que otro código cambie un carácter en tu string para que delectee `"rato"`.

Los objetos funcionan de una manera diferente. Tu *puedes* cambiar sus propiedades, haciendo que un único valor de objeto tenga contenido diferente en diferentes momentos.

Cuando tenemos dos números, 120 y 120, podemos considerarlos el mismo número precisamente, ya sea que hagan referencia o no a los mismos bits físicos. Con los objetos, hay una diferencia entre tener dos referencias a el mismo objeto y tener dos objetos diferentes que contengan las mismas propiedades. Considera el siguiente código:

```
let objeto1 = {valor: 10};
let objeto2 = objeto1;
let objeto3 = {valor: 10};

console.log(objeto1 == objeto2);
// → true
console.log(objeto1 == objeto3);
// → false

objeto1.valor = 15;
console.log(objeto2.valor);
// → 15
console.log(objeto3.valor);
// → 10
```

Las vinculaciones `objeto1` y `objeto2` agarran el *mismo* objeto, que es la razón por la cual cambiar `objeto1` también cambia el valor de `objeto2`. Se dice que tienen la misma *identidad*. La vinculación `objeto3` apunta a un objeto diferente, que inicialmente contiene las mismas propiedades que `objeto1` pero vive una vida separada.

Las vinculaciones también pueden ser cambiables o constantes, pero esto es independiente de la forma en la que se comportan sus valores. Aunque los valores numéricos no cambian, puedes usar una vinculación `let` para hacer un seguimiento de un número que cambia al cambiar el valor al que apunta la vinculación. Del mismo modo, aunque una vinculación `const` a un objeto no pueda ser cambiada en si misma y continuará apuntando al mismo objeto, los *contenidos* de ese objeto pueden cambiar.

```
const puntuacion = {visitantes: 0, locales: 0};
// Esto esta bien
puntuacion.visitantes = 1;
// Esto no esta permitido
puntuacion = {visitantes: 1, locales: 1};
```

Cuando comparas objetos con el operador `==` en JavaScript, este los compara por identidad: producirá `true` solo si ambos objetos son precisamente el mismo valor. Comparar diferentes objetos retornara `false`, incluso si tienen propiedades idénticas. No hay una operación de comparación “profunda” incorporada en JavaScript, que compare objetos por contenidos, pero es posible que la escribas tu mismo (que es uno de los [ejercicios](#) al final de este capítulo).

EL DIARIO DEL LICÁNTROPO

Así que Jacques inicia su intérprete de JavaScript y establece el entorno que necesita para mantener su diario.

```
let diario = [];  
  
function añadirEntrada(eventos, ardilla) {  
  diario.push({eventos, ardilla});  
}
```

Ten en cuenta que el objeto agregado al diario se ve un poco extraño. En lugar de declarar propiedades como `eventos: eventos`, simplemente da un nombre de propiedad. Este es un atajo que representa lo mismo—si el nombre de propiedad en la notación de llaves no es seguido por un valor, su el valor se toma de la vinculación con el mismo nombre.

Entonces, todas las noches a las diez—o algunas veces a la mañana siguiente, después de bajar del estante superior de su biblioteca—Jacques registra el día.

So then, every evening at ten—or sometimes the next morning, after climbing down from the top shelf of his bookcase—Jacques records the day.





```
añadirEntrada(["trabajo", "toque un arbol", "pizza", "sali a correr",  
  "television"], false);  
añadirEntrada(["trabajo", "helado", "coliflor", "lasaña",  
  "toque un arbol", "me cepille los dientes"], false);  
añadirEntrada(["fin de semana", "monte la bicicleta", "descanso", "nueces",  
  "cerveza"], true);
```

Una vez que tiene suficientes puntos de datos, tiene la intención de utilizar estadísticas para encontrar cuál de estos eventos puede estar relacionado con la transformación a ardilla.

La *correlación* es una medida de dependencia entre variables estadísticas. Una variable estadística no es lo mismo que una variable de programación. En las estadísticas, normalmente tienes un conjunto de *medidas*, y cada variable se mide para cada medida. La correlación entre variables generalmente se expresa como un valor que varía de -1 a 1. Una correlación de cero significa que las variables no están relacionadas. Una correlación de uno indica que las dos están perfectamente relacionadas—si conoces una, también conoces la otra. Uno negativo también significa que las variables están perfectamente relacionadas pero que son opuestas—cuando una es verdadera, la otra es falsa.

Para calcular la medida de correlación entre dos variables booleanas, podemos usar el *coeficiente phi* (φ). Esta es una fórmula cuya entrada es una tabla de frecuencias que contiene la cantidad de veces que las diferentes combinaciones de las variables fueron observadas. El resultado de la fórmula es un número entre -1 y 1 que describe la correlación.

Podríamos tomar el evento de comer pizza y poner eso en una tabla de frecuencias como esta, donde cada número indica la cantidad de veces que ocurrió esa combinación en nuestras mediciones:

 No squirrel, no pizza 76	 No squirrel, pizza 9
 Squirrel, no pizza 4	 Squirrel, pizza 1

Si llamamos a esa tabla n , podemos calcular φ usando la siguiente fórmula:

$$\varphi = \frac{n_{11}n_{00} - n_{10}n_{01}}{\sqrt{n_{1\bullet}n_{0\bullet}n_{\bullet 1}n_{\bullet 0}}} \quad (4.1)$$

(Si en este momento estás bajando el libro para enfocarte en un terrible flashback a la clase de matemática de 10° grado—espera! No tengo la intención de torturarte con infinitas páginas de notación críptica—solo esta fórmula para ahora. E incluso con esta, todo lo que haremos es convertirla en JavaScript.)

La notación n_{01} indica el número de mediciones donde la primera variable (ardilla) es falso (0) y la segunda variable (pizza) es verdadera (1). En la tabla de pizza, n_{01} es 9.

El valor $n_{1\bullet}$ se refiere a la suma de todas las medidas donde la primera variable es verdadera, que es 5 en la tabla de ejemplo. Del mismo modo, $n_{\bullet 0}$

se refiere a la suma de las mediciones donde la segunda variable es falsa.

Entonces para la tabla de pizza, la parte arriba de la línea de división (el dividendo) sería $1 \times 76 - 4 \times 9 = 40$, y la parte inferior (el divisor) sería la raíz cuadrada de $5 \times 85 \times 10 \times 80$, o $\sqrt{340000}$. Esto da $\varphi \approx 0.069$, que es muy pequeño. Comer pizza no parece tener influencia en las transformaciones.

CALCULANDO CORRELACIÓN

Podemos representar una tabla de dos-por-dos en JavaScript con un array de cuatro elementos ([76, 9, 4, 1]). También podríamos usar otras representaciones, como un array que contiene dos arrays de dos elementos ([[76, 9], [4, 1]]) o un objeto con nombres de propiedad como "11" y "01", pero el array plano es simple y hace que las expresiones que acceden a la tabla agradablemente cortas. Interpretaremos los índices del array como número binarios de dos-bits, donde el dígito más a la izquierda (más significativo) se refiere a la variable ardilla y el dígito mas a la derecha (menos significativo) se refiere a la variable de evento. Por ejemplo, el número binario 10 se refiere al caso en que Jacques se convirtió en una ardilla, pero el evento (por ejemplo, "pizza") no ocurrió. Esto ocurrió cuatro veces. Y dado que el 10 binario es 2 en notación decimal, almacenaremos este número en el índice 2 del array.

Esta es la función que calcula el coeficiente φ de tal array:

```
function phi(tabla) {  
  return (tabla[3] * tabla[0] - tabla[2] * tabla[1]) /  
    Math.sqrt((tabla[2] + tabla[3]) *  
      (tabla[0] + tabla[1]) *  
      (tabla[1] + tabla[3]) *  
      (tabla[0] + tabla[2]));  
}  
  
console.log(phi([76, 9, 4, 1]));  
// → 0.068599434
```

Esta es una traducción directa de la fórmula φ a JavaScript. `Math.sqrt` es la función de raíz cuadrada, proporcionada por el objeto `Math` en un entorno de JavaScript estándar. Tenemos que sumar dos campos de la tabla para obtener campos como $n_{1\bullet}$ porque las sumas de filas o columnas no se almacenan directamente en nuestra estructura de datos.

Jacques mantuvo su diario por tres meses. El conjunto de datos resultante está disponible en la caja de arena para este capítulo(eloquentjavascript.net/

code#4), donde se almacena en la vinculación JOURNAL, y en un archivo descargable.

Para extraer una tabla de dos por dos para un evento en específico del diario, debemos hacer un ciclo a través de todas las entradas y contar cuántas veces ocurre el evento en relación a las transformaciones de ardilla.

```
function tablaPara(evento, diario) {
  let tabla = [0, 0, 0, 0];
  for (let i = 0; i < diario.length; i++) {
    let entrada = diario[i], index = 0;
    if (entrada.eventos.includes(evento)) index += 1;
    if (entrada.ardilla) index += 2;
    tabla[index] += 1;
  }
  return tabla;
}

console.log(tablaPara("pizza", JOURNAL));
// → [76, 9, 4, 1]
```

Los array tienen un método `includes` (“incluye”) que verifica si un valor dado existe en el array. La función usa eso para determinar si el nombre del evento en el que estamos interesados forma parte de la lista de eventos para un determinado día.

El cuerpo del ciclo en `tablaPara` determina en cual caja de la tabla cae cada entrada del diario al verificar si la entrada contiene el evento específico que nos interesa y si el evento ocurre junto con un incidente de ardilla. El ciclo luego agrega uno a la caja correcta en la tabla.

Ahora tenemos las herramientas que necesitamos para calcular las correlaciones individuales. El único paso que queda es encontrar una correlación para cada tipo de evento que se escribió en el diario y ver si algo se destaca.

CICLOS DE ARRAY

En la función `tablaPara`, hay un ciclo como este:

```
for (let i = 0; i < DIARIO.length; i++) {
  let entrada = DIARIO[i];
  // Hacer con algo con la entrada
}
```

Este tipo de ciclo es común en JavaScript clásico—ir a través de los arrays

un elemento a la vez es algo que surge mucho, y para hacer eso correrías un contador sobre la longitud del array y elegirías cada elemento en turnos.

Hay una forma más simple de escribir tales ciclos en JavaScript moderno.

```
for (let entrada of DIARIO) {  
  console.log(`${entrada.eventos.length} eventos.`);  
}
```

Cuando un ciclo `for` se vea de esta manera, con la palabra `of` (“de”) después de una definición de variable, recorrerá los elementos del valor dado después `of`. Esto funciona no solo para arrays, sino también para strings y algunas otras estructuras de datos. Vamos a discutir *como* funciona en el [Capítulo 6](#).

EL ANÁLISIS FINAL

Necesitamos calcular una correlación para cada tipo de evento que ocurra en el conjunto de datos. Para hacer eso, primero tenemos que *encontrar* cada tipo de evento.

```
function eventosDiario(diario) {  
  let eventos = [];  
  for (let entrada of diario) {  
    for (let evento of entrada.eventos) {  
      if (!eventos.includes(evento)) {  
        eventos.push(evento);  
      }  
    }  
  }  
  return eventos;  
}  
  
console.log(eventosDiario(DIARIO));  
// → ["zanahoria", "ejercicio", "fin de semana", "pan", ...]
```

Yendo a través de todos los eventos, y agregando aquellos que aún no están en allí en el array `eventos`, la función recolecta cada tipo de evento.

Usando eso, podemos ver todos las correlaciones.

```
for (let evento of eventosDiario(DIARIO)) {  
  console.log(evento + ":", phi(tablaPara(evento, DIARIO)));  
}  
// → zanahoria:      0.0140970969  
// → ejercicio:       0.0685994341
```

```
// → fin de semana: 0.1371988681
// → pan: -0.0757554019
// → pudin: -0.0648203724
// and so on...
```

La mayoría de las correlaciones parecen estar cercanas a cero. Come zana-
horias, pan o pudín aparentemente no desencadena la licantropía de ardilla.
Parece ocurrir un poco más a menudo los fines de semana. Filtremos los resul-
tados para solo mostrar correlaciones mayores que 0.1 o menores que -0.1.

```
for (let evento of eventosDiario(DIARIO)) {
  let correlacion = phi(tablaPara(evento, DIARIO));
  if (correlacion > 0.1 || correlacion < -0.1) {
    console.log(evento + ":", correlacion);
  }
}
// → fin de semana: 0.1371988681
// → me cepille los dientes: -0.3805211953
// → dulces: 0.1296407447
// → trabajo: -0.1371988681
// → spaghetti: 0.2425356250
// → leer: 0.1106828054
// → nueces: 0.5902679812
```

A-ha! Hay dos factores con una correlación que es claramente más fuerte que
las otras. Comer nueces tiene un fuerte efecto positivo en la posibilidad de con-
vertirse en una ardilla, mientras que cepillarse los dientes tiene un significativo
efecto negativo.

Interesante. Intentemos algo.

```
for (let entrada of DIARIO) {
  if (entrada.eventos.includes("nueces") &&
    !entrada.eventos.includes("me cepille los dientes")) {
    entrada.eventos.push("dientes con nueces");
  }
}
console.log(phi(tablaPara("dientes con nueces", DIARIO)));
// → 1
```

Ese es un resultado fuerte. El fenómeno ocurre precisamente cuando Jacques
come nueces y no se cepilla los dientes. Si tan solo él no hubiese sido tan flojo
con su higiene dental, él nunca habría notado su aflicción.

Sabiendo esto, Jacques deja de comer nueces y descubre que sus transforma-
ciones no vuelven.

Durante algunos años, las cosas van bien para Jacques. Pero en algún mo-

mento él pierde su trabajo. Porque vive en un país desagradable donde no tener trabajo significa que no tiene servicios médicos, se ve obligado a trabajar con a circo donde actua como *El Increíble Hombre-Ardilla*, llenando su boca con mantequilla de maní antes de cada presentación.

Un día, harto de esta existencia lamentable, Jacques no puede cambiar de vuelta a su forma humana, salta a través de una grieta en la carpa del circo, y se desvanece en el bosque. Nunca se le ve de nuevo.

ARRAYOLOGÍA AVANZADA

Antes de terminar el capítulo, quiero presentarte algunos conceptos extras relacionados a los objetos. Comenzaré introduciendo algunos en métodos de arrays útiles generalmente.

Vimos `push` y `pop`, que agregan y removen elementos en el final de un array, [anteriormente](#) en este capítulo. Los métodos correspondientes para agregar y remover cosas en el comienzo de un array se llaman `unshift` y `shift`.

```
let listaDeTareas = [];  
function recordar(tarea) {  
  listaDeTareas.push(tarea);  
}  
function obtenerTarea() {  
  return listaDeTareas.shift();  
}  
function recordarUrgentemente(tarea) {  
  listaDeTareas.unshift(tarea);  
}
```

Ese programa administra una cola de tareas. Agregas tareas al final de la cola al llamar `recordar("verduras")`, y cuando estés listo para hacer algo, llamas a `obtenerTarea()` para obtener (y eliminar) el elemento frontal de la cola. La función `recordarUrgentemente` también agrega una tarea pero la agrega al frente en lugar de a la parte posterior de la cola.

Para buscar un valor específico, los arrays proporcionan un método `indexOf` (“índice de”). Este busca a través del array desde el principio hasta el final y retorna el índice en el que se encontró el valor solicitado—o `-1` si este no fue encontrado. Para buscar desde el final en lugar del inicio, hay un método similar llamado `lastIndexOf` (“último índice de”).

```
console.log([1, 2, 3, 2, 1].indexOf(2));  
// → 1
```

```
console.log([1, 2, 3, 2, 1].lastIndexOf(2));  
// → 3
```

Tanto `indexOf` como `lastIndexOf` toman un segundo argumento opcional que indica dónde comenzar la búsqueda.

Otro método fundamental de array es `slice` (“rebanar”), que toma índices de inicio y fin y retorna un array que solo tiene los elementos entre ellos. El índice de inicio es inclusivo, el índice final es exclusivo.

```
console.log([0, 1, 2, 3, 4].slice(2, 4));  
// → [2, 3]  
console.log([0, 1, 2, 3, 4].slice(2));  
// → [2, 3, 4]
```

Cuando no se proporcione el índice final, `slice` tomará todos los elementos después del índice de inicio. También puedes omitir el índice de inicio para copiar todo el array.

El método `concat` (“concatenar”) se puede usar para unir arrays y así crear un nuevo array, similar a lo que hace el operador `+` para los strings.

El siguiente ejemplo muestra tanto `concat` como `slice` en acción. Toma un array y un índice, y retorna un nuevo array que es una copia del array original pero eliminando al elemento en el índice dado:

```
function remover(array, indice) {  
  return array.slice(0, indice)  
    .concat(array.slice(indice + 1));  
}  
console.log(remover(["a", "b", "c", "d", "e"], 2));  
// → ["a", "b", "d", "e"]
```

Si a `concat` le pasas un argumento que no es un array, ese valor será agregado al nuevo array como si este fuera un array de un solo elemento.

STRINGS Y SUS PROPIEDADES

Podemos leer propiedades como `length` y `toUpperCase` de valores string. Pero si intentas agregar una nueva propiedad, esta no se mantiene.

```
let kim = "Kim";  
kim.edad = 88;  
console.log(kim.edad);  
// → undefined
```

Los valores de tipo string, número, y Booleano no son objetos, y aunque el lenguaje no se queja si intentas establecer nuevas propiedades en ellos, en realidad no almacena esas propiedades. Como se mencionó antes, tales valores son inmutables y no pueden ser cambiados.

Pero estos tipos tienen propiedades integradas. Cada valor de string tiene un número de métodos. Algunos muy útiles son `slice` e `indexOf`, que se parecen a los métodos de array de los mismos nombres.

```
console.log("panaderia".slice(0, 3));  
// → pan  
console.log("panaderia".indexOf("a"));  
// → 1
```

Una diferencia es que el `indexOf` de un string puede buscar por un string que contenga más de un carácter, mientras que el método correspondiente al array solo busca por un elemento único.

```
console.log("uno dos tres".indexOf("tres"));  
// → 8
```

El método `trim` (“recortar”) elimina los espacios en blanco (espacios, saltos de línea, tabulaciones y caracteres similares) del inicio y final de un string.

```
console.log(" okey \n ".trim());  
// → okey
```

La función `alcocharConCeros` del [capítulo anterior](#) también existe como un método. Se llama `padStart` (“alcohar inicio”) y toma la longitud deseada y el carácter de relleno como argumentos.

```
console.log(String(6).padStart(3, "0"));  
// → 006
```

Puedes dividir un string en cada ocurrencia de otro string con el método `split` (“dividir”), y unirlos nuevamente con `join` (“unir”).

```
let oracion = "Los pajaros secretarios se especializan en pisotear";  
let palabras = oracion.split(" ");  
console.log(palabras);  
// → ["Los", "pajaros", "secretarios", "se", "especializan", "en", "  
    pisotear"]  
console.log(palabras.join(". "));  
// → Los. pajaros. secretarios. se. especializan. en. pisotear
```

Se puede repetir un string con el método `repeat` (“repetir”), el cual crea un nuevo string que contiene múltiples copias concatenadas del string original.

```
console.log("LA".repeat(3));  
// → LALALA
```

Ya hemos visto la propiedad `length` en los valores de tipo string. Acceder a los caracteres individuales en un string es similar a acceder a los elementos de un array (con una diferencia que discutiremos en el [Capítulo 6](#)).

```
let string = "abc";  
console.log(string.length);  
// → 3  
console.log(string[1]);  
// → b
```

PARÁMETROS RESTANTES

Puede ser útil para una función aceptar cualquier cantidad de argumentos. Por ejemplo, `Math.max` calcula el máximo de *todos* los argumentos que le son dados.

Para escribir tal función, pones tres puntos antes del ultimo parámetro de la función, así:

```
function maximo(...numeros) {  
  let resultado = -Infinity;  
  for (let numero of numeros) {  
    if (numero > resultado) resultado = numero;  
  }  
  return resultado;  
}  
console.log(maximo(4, 1, 9, -2));  
// → 9
```

Cuando se llame a una función como esa, el *parámetro restante* está vinculado a un array que contiene todos los argumentos adicionales. Si hay otros parámetros antes que él, sus valores no serán parte de ese array. Cuando, tal como en `maximo`, sea el único parámetro, contendrá todos los argumentos.

Puedes usar una notación de tres-puntos similar para *llamar* una función con un array de argumentos.

```
let numeros = [5, 1, 7];  
console.log(max(...numeros));  
// → 7
```

Esto “extiende” al array en la llamada de la función, pasando sus elementos como argumentos separados. Es posible incluir un array de esa manera, junto con otros argumentos, como en `max(9, ...numeros, 2)`.

La notación de corchetes para crear arrays permite al operador de tres-puntos extender otro array en el nuevo array:

Square bracket array notation similarly allows the triple-dot operator to spread another array into the new array:

```
let palabras = ["nunca", "entenderas"];
console.log(["tu", ...palabras, "completamente"]);
// → ["tu", "nunca", "entenderas", "completamente"]
```

EL OBJETO MATH

Como hemos visto, `Math` es una bolsa de sorpresas de utilidades relacionadas a los números, como `Math.max` (máximo), `Math.min` (mínimo) y `Math.sqrt` (raíz cuadrada).

El objeto `Math` es usado como un contenedor que agrupa un grupo de funcionalidades relacionadas. Solo hay un objeto `Math`, y casi nunca es útil como un valor. Más bien, proporciona un *espacio de nombre* para que todos estas funciones y valores no tengan que ser vinculaciones globales.

Tener demasiadas vinculaciones globales “contamina” el espacio de nombres. Cuanto más nombres hayan sido tomados, es más probable que accidentalmente sobrescribas el valor de algunas vinculaciones existentes. Por ejemplo, no es es poco probable que quieras nombrar algo `max` en alguno de tus programas. Dado que la función `max` ya incorporada en JavaScript está escondida dentro del Objeto `Math`, no tenemos que preocuparnos por sobrescribirla.

Muchos lenguajes te detendrán, o al menos te advertirán, cuando estes por definir una vinculación con un nombre que ya este tomado. JavaScript hace esto para vinculaciones que hayas declarado con `let` o `const` pero-perversamente-no para vinculaciones estándar, ni para vinculaciones declaradas con `var` o `function`.

De vuelta al objeto `Math`. Si necesitas hacer trigonometría, `Math` te puede ayudar. Contiene `cos` (coseno), `sin` (seno) y `tan` (tangente), así como sus funciones inversas, `acos`, `asin`, y `atan`, respectivamente. El número π (pi)—o al menos la aproximación más cercano que cabe en un número de JavaScript—está disponible como `Math.PI`. Hay una vieja tradición en la programación de escribir los nombres de los valores constantes en mayúsculas.

```
function puntoAleatorioEnCirculo(radio) {
```

```

    let angulo = Math.random() * 2 * Math.PI;
    return {x: radio * Math.cos(angulo),
            y: radio * Math.sin(angulo)};
}
console.log(puntoAleatorioEnCirculo(2));
// → {x: 0.3667, y: 1.966}

```

Si los senos y los cosenos son algo con lo que no estas familiarizado, no te preocupes. Cuando se usen en este libro, en el Capítulo 14, te los explicaré.

El ejemplo anterior usó `Math.random`. Esta es una función que retorna un nuevo número pseudoaleatorio entre cero (inclusivo) y uno (exclusivo) cada vez que la llamas.

```

console.log(Math.random());
// → 0.36993729369714856
console.log(Math.random());
// → 0.727367032552138
console.log(Math.random());
// → 0.40180766698904335

```

Aunque las computadoras son máquinas deterministas—siempre reaccionan de la misma manera dada la misma entrada—es posible hacer que produzcan números que parecen aleatorios. Para hacer eso, la máquina mantiene algún valor escondido, y cada vez que le pidas un nuevo número aleatorio, realiza calculos complicados en este valor oculto para crear un nuevo valor. Esta almacena un nuevo valor y retorna un número derivado de él. De esta manera, puede producir números nuevos y difíciles de predecir de una manera que *parece* aleatoria.

Si queremos un número entero al azar en lugar de uno fraccionario, podemos usar `Math.floor` (que redondea hacia abajo al número entero más cercano) con el resultado de `Math.random`.

```

console.log(Math.floor(Math.random() * 10));
// → 2

```

Multiplicar el número aleatorio por 10 nos da un número mayor que o igual a cero e inferior a 10. Como `Math.floor` redondea hacia abajo, esta expresión producirá, con la misma probabilidad, cualquier número desde 0 hasta 9.

También están las funciones `Math.ceil` (que redondea hacia arriba hasta llegar al número entero mas cercano), `Math.round` (al número entero más cercano), y `Math.abs`, que toma el valor absoluto de un número, lo que significa que niega los valores negativos pero deja los positivos tal y como estan.

DESESTRUCTURAR

Volvamos a la función `phi` por un momento:

```
function phi(tabla) {  
  return (tabla[3] * tabla[0] - tabla[2] * tabla[1]) /  
    Math.sqrt((tabla[2] + tabla[3]) *  
      (tabla[0] + tabla[1]) *  
      (tabla[1] + tabla[3]) *  
      (tabla[0] + tabla[2]));  
}
```

Una de las razones por las que esta función es incómoda de leer es que tenemos una vinculación apuntando a nuestro array, pero preferiríamos tener vinculaciones para los *elementos* del array, es decir, `let n00 = tabla[0]` y así sucesivamente. Afortunadamente, hay una forma concisa de hacer esto en JavaScript.

```
function phi([n00, n01, n10, n11]) {  
  return (n11 * n00 - n10 * n01) /  
    Math.sqrt((n10 + n11) * (n00 + n01) *  
      (n01 + n11) * (n00 + n10));  
}
```

Esto también funciona para vinculaciones creadas con `let`, `var`, o `const`. Si sabes que el valor que estas vinculando es un array, puedes usar corchetes para “mirar dentro” del valor, y así vincular sus contenidos.

Un truco similar funciona para objetos, utilizando llaves en lugar de corchetes.

```
let {nombre} = {nombre: "Faraji", edad: 23};  
console.log(nombre);  
// → Faraji
```

Ten en cuenta que si intentas desestructurar `null` o `undefined`, obtendrás un error, igual como te pasaria si intentarás acceder directamente a una propiedad de esos valores.

JSON

Ya que las propiedades solo agarran su valor, en lugar de contenerlo, los objetos y arrays se almacenan en la memoria de la computadora como secuencias de bits

que contienen las *direcciones*—el lugar en la memoria—de sus contenidos. Así que un array con otro array dentro de él consiste en (al menos) una región de memoria para el array interno, y otra para el array externo, que contiene (entre otras cosas) un número binario que representa la posición del array interno.

Si deseas guardar datos en un archivo para más tarde, o para enviarlo a otra computadora a través de la red, tienes que convertir de alguna manera estos enredos de direcciones de memoria a una descripción que se puede almacenar o enviar. Supongo, que *podrías* enviar toda la memoria de tu computadora junto con la dirección del valor que te interesa, pero ese no parece el mejor enfoque.

Lo que podemos hacer es *serializar* los datos. Eso significa que son convertidos a una descripción plana. Un formato de serialización popular llamado *JSON* (pronunciado “Jason”), que significa JavaScript Object Notation (“Notación de Objetos JavaScript”). Es ampliamente utilizado como un formato de almacenamiento y comunicación de datos en la Web, incluso en otros lenguajes diferentes a JavaScript.

JSON es similar a la forma en que JavaScript escribe arrays y objetos, con algunas restricciones. Todos los nombres de propiedad deben estar rodeados por comillas dobles, y solo se permiten expresiones de datos simples—sin llamadas a función, vinculaciones o cualquier otra cosa que involucre computaciones reales. Los comentarios no están permitidos en JSON.

Una entrada de diario podría verse así cuando se representa como datos JSON:

```
{
  "ardilla": false,
  "eventos": ["trabajo", "toque un arbol", "pizza", "sali a correr"]
}
```

JavaScript nos da las funciones `JSON.stringify` y `JSON.parse` para convertir datos hacia y desde este formato. El primero toma un valor en JavaScript y retorna un string codificado en JSON. La segunda toma un string como ese y lo convierte al valor que este codifica.

```
let string = JSON.stringify({ardilla: false,
                             eventos: ["fin de semana"]});
console.log(string);
// → {"ardilla":false,"eventos":["fin de semana"]}
console.log(JSON.parse(string).eventos);
// → ["fin de semana"]
```

RESUMEN

Los objetos y arrays (que son un tipo específico de objeto) proporcionan formas de agrupar varios valores en un solo valor. Conceptualmente, esto nos permite poner un montón de cosas relacionadas en un bolso y correr alrededor con el bolso, en lugar de envolver nuestros brazos alrededor de todas las cosas individuales, tratando de aferrarnos a ellas por separado.

La mayoría de los valores en JavaScript tienen propiedades, las excepciones son `null` y `undefined`. Se accede a las propiedades usando `valor.propiedad` o `valor["propiedad"]`. Los objetos tienden a usar nombres para sus propiedades y almacenar más o menos un conjunto fijo de ellos. Los arrays, por el otro lado, generalmente contienen cantidades variables de valores conceptualmente idénticos y usa números (comenzando desde 0) como los nombres de sus propiedades.

Hay *algunas* propiedades con nombre en los arrays, como `length` y un número de métodos. Los métodos son funciones que viven en propiedades y (por lo general) actúan sobre el valor del que son una propiedad.

Puedes iterar sobre los arrays utilizando un tipo especial de ciclo `for`—`for (let elemento of array)`.

EJERCICIOS

LA SUMA DE UN RANGO

La [introducción](#) de este libro aludía a lo siguiente como una buena forma de calcular la suma de un rango de números:

```
console.log(suma(rango(1, 10)));
```

Escribe una función `rango` que tome dos argumentos, `inicio` y `final`, y retorne un array que contenga todos los números desde `inicio` hasta (e incluyendo) `final`.

Luego, escribe una función `suma` que tome un array de números y retorne la suma de estos números. Ejecuta el programa de ejemplo y ve si realmente retorna 55.

Como una misión extra, modifica tu función `rango` para tomar un tercer argumento opcional que indique el valor de “paso” utilizado para cuando construyas el array. Si no se da ningún paso, los elementos suben en incrementos de uno, correspondiendo al comportamiento anterior. La llamada a la función `rango(1, 10, 2)` debería retornar `[1, 3, 5, 7, 9]`. Asegúrate de que también

funcione con valores de pasos negativos para que `rango(5, 2, -1)` produzca `[5, 4, 3, 2]`.

REVIRTIENDO UN ARRAY

Los arrays tienen un método `reverse` que cambia al array invirtiendo el orden en que aparecen sus elementos. Para este ejercicio, escribe dos funciones, `revertirArray` y `revertirArrayEnSuLugar`. El primero, `revertirArray`, toma un array como argumento y produce un *nuevo* array que tiene los mismos elementos pero en el orden inverso. El segundo, `revertirArrayEnSuLugar`, hace lo que hace el método `reverse`: *modifica* el array dado como argumento invirtiendo sus elementos. Ninguno de los dos puede usar el método `reverse` estándar.

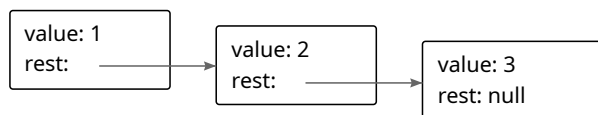
Pensando en las notas acerca de los efectos secundarios y las funciones puras en el [capítulo anterior](#), qué variante esperas que sea útil en más situaciones?Cuál corre más rápido?

UNA LISTA

Los objetos, como conjuntos genéricos de valores, se pueden usar para construir todo tipo de estructuras de datos. Una estructura de datos común es la *lista* (no confundir con un array). Una lista es un conjunto anidado de objetos, con el primer objeto conteniendo una referencia al segundo, el segundo al tercero, y así sucesivamente.

```
let lista = {  
  valor: 1,  
  resto: {  
    valor: 2,  
    resto: {  
      valor: 3,  
      resto: null  
    }  
  }  
};
```

Los objetos resultantes forman una cadena, como esta:



Algo bueno de las listas es que pueden compartir partes de su estructura. Por ejemplo, si creo dos nuevos valores `{valor: 0, resto: lista}` y `{valor: -1,`

`resto: lista}` (con `lista` refiriéndose a la vinculación definida anteriormente), ambos son listas independientes, pero comparten la estructura que conforma sus últimos tres elementos. La lista original también sigue siendo una lista válida de tres elementos.

Escribe una función `arrayALista` que construya una estructura de lista como el que se muestra arriba cuando se le da `[1, 2, 3]` como argumento. También escribe una función `listaAArray` que produzca un array de una lista. Luego agrega una función de utilidad `preceder`, que tome un elemento y una lista y cree una nueva lista que agrega el elemento al frente de la lista de entrada, y `posicion`, que toma una lista y un número y retorne el elemento en la posición dada en la lista (con cero refiriéndose al primer elemento) o `undefined` cuando no exista tal elemento.

Si aún no lo has hecho, también escribe una versión recursiva de `posicion`.

COMPARACIÓN PROFUNDA

El operador `==` compara objetos por identidad. Pero a veces preferirías comparar los valores de sus propiedades reales.

Escribe una función `igualdadProfunda` que toma dos valores y retorne `true` solo si tienen el mismo valor o son objetos con las mismas propiedades, donde los valores de las propiedades sean iguales cuando comparadas con una llamada recursiva a `igualdadProfunda`.

Para saber si los valores deben ser comparados directamente (usa el operador `==` para eso) o si deben tener sus propiedades comparadas, puedes usar el operador `typeof`. Si produce `"object"` para ambos valores, deberías hacer una comparación profunda. Pero tienes que tomar una excepción tonta en cuenta: debido a un accidente histórico, `typeof null` también produce `"object"`.

La función `Object.keys` será útil para cuando necesites revisar las propiedades de los objetos para compararlos.

“Hay dos formas de construir un diseño de software: Una forma es hacerlo tan simple de manera que no hayan deficiencias obvias, y la otra es hacerlo tan complicado de manera que obviamente no hayan deficiencias.”

—C.A.R. Hoare, 1980 ACM Turing Award Lecture

CHAPTER 5

FUNCIONES DE ORDEN SUPERIOR

Un programa grande es un programa costoso, y no solo por el tiempo que se necesita para construirlo. El tamaño casi siempre involucra complejidad, y la complejidad confunde a los programadores. A su vez, los programadores confundidos, introducen errores en los programas. Un programa grande entonces proporciona de mucho espacio para que estos bugs se oculten, haciéndolos difíciles de encontrar.

Volvamos rapidamente a los dos últimos programas de ejemplo en la introducción. El primero es auto-contenido y solo tiene seis líneas de largo:

```
let total = 0, cuenta = 1;
while (cuenta <= 10) {
  total += cuenta;
  cuenta += 1;
}
console.log(total);
```

El segundo depende de dos funciones externas y tiene una línea de longitud:

```
console.log(suma(rango(1, 10)));
```

Cuál es más probable que contenga un bug?

Si contamos el tamaño de las definiciones de `suma` y `rango`, el segundo programa también es grande—incluso puede que sea más grande que el primero. Pero aún así, argumentaría que es más probable que sea correcto.

Es más probable que sea correcto porque la solución se expresa en un vocabulario que corresponde al problema que se está resolviendo. Sumar un rango de números no se trata acerca de ciclos y contadores. Se trata acerca de rangos y sumas.

Las definiciones de este vocabulario (las funciones `suma` y `rango`) seguirán involucrando ciclos, contadores y otros detalles incidentales. Pero ya que expresan conceptos más simples que el programa como un conjunto, son más fáciles de realizar correctamente.

ABSTRACCIÓN

En el contexto de la programación, estos tipos de vocabularios suelen ser llamados *abstracciones*. Las abstracciones esconden detalles y nos dan la capacidad de hablar acerca de los problemas a un nivel superior (o más abstracto).

Como una analogía, compara estas dos recetas de sopa de guisantes:

Coloque 1 taza de guisantes secos por persona en un recipiente. Agregue agua hasta que los guisantes estén bien cubiertos. Deje los guisantes en agua durante al menos 12 horas. Saque los guisantes del agua y pongalos en una cacerola para cocinar. Agregue 4 tazas de agua por persona. Cubra la sartén y mantenga los guisantes hirviendo a fuego lento durante dos horas. Tome media cebolla por persona. Cortela en piezas con un cuchillo. Agréguela a los guisantes. Tome un tallo de apio por persona. Cortelo en pedazos con un cuchillo. Agréguelo a los guisantes. Tome una zanahoria por persona. Cortela en pedazos. Con un cuchillo! Agregarla a los guisantes. Cocine por 10 minutos más.

Y la segunda receta:

Por persona: 1 taza de guisantes secos, media cebolla picada, un tallo de apio y una zanahoria.

Remoje los guisantes durante 12 horas. Cocine a fuego lento durante 2 horas en 4 tazas de agua (por persona). Picar y agregar verduras. Cocine por 10 minutos más.

La segunda es más corta y fácil de interpretar. Pero necesitas entender algunas palabras más relacionadas a la cocina—*remojas*, *cocinar a fuego lento*, *picar*, y, supongo, *verduras*.

Cuando programamos, no podemos confiar en que todas las palabras que necesitaremos estaran esperando por nosotros en el diccionario. Por lo tanto, puedes caer en el patrón de la primera receta—resolviendo los pasos precisos que debe realizar la computadora, uno por uno, ciego a los conceptos de orden superior que estos expresan.

En la programación, es una habilidad útil, darse cuenta cuando estás trabajando en un nivel de abstracción demasiado bajo.

ABSTRAYENDO LA REPETICIÓN

Las funciones simples, como las hemos visto hasta ahora, son una buena forma de construir abstracciones. Pero a veces se quedan cortas.

Es común que un programa haga algo una determinada cantidad de veces. Puedes escribir un ciclo `for` para eso, de esta manera:

```
for (let i = 0; i < 10; i++) {  
  console.log(i);  
}
```

Podemos abstraer “hacer algo N veces” como una función? Bueno, es fácil escribir una función que llame a `console.log` N cantidad de veces.

```
function repetirLog(n) {  
  for (let i = 0; i < n; i++) {  
    console.log(i);  
  }  
}
```

Pero, y si queremos hacer algo más que loggear los números? Ya que “hacer algo” se puede representar como una función y que las funciones solo son valores, podemos pasar nuestra acción como un valor de función.

```
function repetir(n, accion) {  
  for (let i = 0; i < n; i++) {  
    accion(i);  
  }  
}
```

```
repetir(3, console.log);  
// → 0  
// → 1  
// → 2
```

No es necesario que le pases una función predefinida a `repetir`. A menudo, desearas crear un valor de función al momento en su lugar.

```
let etiquetas = [];  
repetir(5, i => {  
  etiquetas.push(`Unidad ${i + 1}`);  
});  
console.log(etiquetas);  
// → ["Unidad 1", "Unidad 2", "Unidad 3", "Unidad 4", "Unidad 5"]
```


Esto está estructurado un poco como un ciclo `for`—primero describe el tipo de ciclo, y luego provee un cuerpo. Sin embargo, el cuerpo ahora está escrito como un valor de función, que está envuelto en el paréntesis de la llamada a `repetir`. Por eso es que tiene que cerrarse con el corchete de cierre *y* paréntesis de cierre. En casos como este ejemplo, donde el cuerpo es una expresión pequeña y única, podrias tambien omitir las llaves y escribir el ciclo en una sola línea.

FUNCIONES DE ORDEN SUPERIOR

Las funciones que operan en otras funciones, ya sea tomándolas como argumentos o retornándolas, se denominan *funciones de orden superior*. Como ya hemos visto que las funciones son valores regulares, no existe nada particularmente notable sobre el hecho de que tales funciones existen. El término proviene de las matemáticas, donde la distinción entre funciones y otros valores se toma más en serio.

Las funciones de orden superior nos permiten abstraer sobre *acciones*, no solo sobre valores. Estas vienen en varias formas. Por ejemplo, puedes tener funciones que crean nuevas funciones.

```
function mayorQue(n) {  
  return m => m > n;  
}  
let mayorQue10 = mayorQue(10);  
console.log(mayorQue10(11));  
// → true
```

Y puedes tener funciones que cambien otras funciones.

```
function ruidosa(funcion) {  
  return (...argumentos) => {  
    console.log("llamando con", argumentos);  
    let resultado = funcion(...argumentos);  
    console.log("llamada con", argumentos, ", retorno", resultado);  
    return resultado;  
  };  
}  
ruidosa(Math.min)(3, 2, 1);  
// → llamando con [3, 2, 1]  
// → llamada con [3, 2, 1] , retorno 1
```

Incluso puedes escribir funciones que proporcionen nuevos tipos de flujo de

control.

```
function aMenosQue(prueba, entonces) {  
  if (!prueba) entonces();  
}  
  
repetir(3, n => {  
  aMenosQue(n % 2 == 1, () => {  
    console.log(n, "es par");  
  });  
});  
// → 0 es par  
// → 2 es par
```

Hay un método de array incorporado, `forEach` que proporciona algo como un ciclo `for/of` como una función de orden superior.

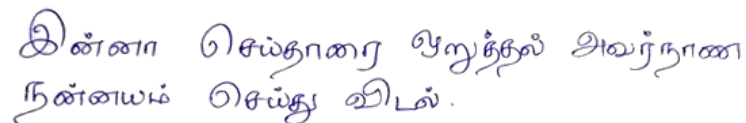
```
["A", "B"].forEach(letra => console.log(letra));  
// → A  
// → B
```

CONJUNTO DE DATOS DE CÓDIGOS

Un área donde brillan las funciones de orden superior es en el procesamiento de datos. Para procesar datos, necesitaremos algunos datos reales. Este capítulo usará un conjunto de datos acerca de códigos—sistema de escrituras como Latin, Cirílico, o Árabe.

Recuerdas Unicode del [Capítulo 1](#), el sistema que asigna un número a cada carácter en el lenguaje escrito. La mayoría de estos caracteres están asociados a un código específico. El estándar contiene 140 códigos diferentes—81 de los cuales todavía están en uso hoy, y 59 que son históricos.

Aunque solo puedo leer con fluidez los caracteres en Latin, aprecio el hecho de que las personas están escribiendo textos en al menos 80 diferentes sistemas de escritura, muchos de los cuales ni siquiera reconocería. Por ejemplo, aquí está una muestra de escritura a mano en Tamil.



இன்னா செத்தாகர பூதத்தல் சிவந்நாண
நன்னாயம் செய்து விடல்.

El conjunto de datos de ejemplo contiene algunos piezas de información ac-

erca de los 140 códigos definidos en Unicode. Este está disponible en la caja de arena para este capítulo (eloquentjavascript.net/code#5) como la vinculación `SCRIPTS`. La vinculación contiene un array de objetos, cada uno de los cuales describe un código.

```
{
  name: "Coptic",
  ranges: [[994, 1008], [11392, 11508], [11513, 11520]],
  direction: "ltr",
  year: -200,
  living: false,
  link: "https://en.wikipedia.org/wiki/Coptic_alphabet"
}
```

Tal objeto te dice el nombre del código, los rangos de Unicode asignados a él, la dirección en la que está escrito, la tiempo de origen (aproximado), si todavía está en uso, y un enlace a más información. La dirección en la que está escrito puede ser `"ltr"` (left-to-right) para izquierda a derecha, `"rtl"` (right-to-left) para derecha a izquierda (la forma en que se escriben los textos en árabe y en hebreo), o `"ttb"` (top-to-bottom) para de arriba a abajo (como con la escritura de Mongolia).

La propiedad `ranges` contiene un array de rangos de caracteres Unicode, cada uno de los cuales es un array de dos elementos que contiene límites inferior y superior. Se asignan los códigos de caracteres dentro de estos rangos al código. El límite más bajo es inclusivo (el código 994 es un carácter Copto) y el límite superior es no-inclusivo (el código 1008 no lo es).

FILTRANDO ARRAYS

Para encontrar los códigos en el conjunto de datos que todavía están en uso, la siguiente función podría ser útil. Filtra hacia afuera los elementos en un array que no pasen una prueba:

```
function filtrar(array, prueba) {
  let pasaron = [];
  for (let elemento of array) {
    if (prueba(elemento)) {
      pasaron.push(elemento);
    }
  }
  return pasaron;
}
```

```
console.log(filtrar(SCRIPTS, codigo => codigo.living));  
// → [{name: "Adlam", ...}, ...]
```

La función usa el argumento llamado *prueba*, un valor de función, para llenar una “brecha” en el cálculo—el proceso de decidir qué elementos recolectar.

Observa cómo la función *filtrar*, en lugar de eliminar elementos del array existente, crea un nuevo array solo con los elementos que pasan la prueba. Esta función es *pura*. No modifica el array que se le es dado.

Al igual que *forEach*, *filtrar* es un método de array estándar, este está incorporado como *filter*. El ejemplo definió la función solo para mostrar lo que hace internamente. A partir de ahora, la usaremos así en su lugar:

```
console.log(SCRIPTS.filter(codigo => codigo.direction == "ttb"));  
// → [{name: "Mongolian", ...}, ...]
```

TRANSFORMANDO CON MAP

Digamos que tenemos un array de objetos que representan códigos, producidos al filtrar el array *SCRIPTS* de alguna manera. Pero queremos un array de nombres, que es más fácil de inspeccionar

El método *map* (“mapear”) transforma un array al aplicar una función a todos sus elementos y construir un nuevo array a partir de los valores retornados. El nuevo array tendrá la misma longitud que el array de entrada, pero su contenido ha sido *mapeado* a una nueva forma en base a la función.

```
function map(array, transformar) {  
  let mapeados = [];  
  for (let elemento of array) {  
    mapeados.push(transformar(elemento));  
  }  
  return mapeados;  
}  
  
let codigosDerechaAIzquierda = SCRIPTS.filter(codigo => codigo.  
  direction == "rtl");  
console.log(map(codigosDerechaAIzquierda, codigo => codigo.name));  
// → ["Adlam", "Arabic", "Imperial Aramaic", ...]
```

Al igual que *forEach* y *filter*, *map* es un método de array estándar.

RESUMIENDO CON REDUCE

Otra cosa común que hacer con arrays es calcular un valor único a partir de ellos. Nuestro ejemplo recurrente, sumar una colección de números, es una instancia de esto. Otro ejemplo sería encontrar el código con la mayor cantidad de caracteres.

La operación de orden superior que representa este patrón se llama *reduce* (“reducir”)—a veces también llamada *fold* (“doblar”). Esta construye un valor al repetidamente tomar un solo elemento del array y combinándolo con el valor actual. Al sumar números, comenzarías con el número cero y, para cada elemento, agregas eso a la suma.

Los parámetros para *reduce* son, además del array, una función de combinación y un valor de inicio. Esta función es un poco menos sencilla que *filter* y *map*, así que mira atentamente:

```
function reduce(array, combinar, inicio) {
  let actual = inicio;
  for (let elemento of array) {
    actual = combinar(actual, elemento);
  }
  return actual;
}

console.log(reduce([1, 2, 3, 4], (a, b) => a + b, 0));
// → 10
```

El método de array estándar *reduce*, que por supuesto corresponde a esta función tiene una mayor comodidad. Si tu array contiene al menos un elemento, tienes permitido omitir el argumento *inicio*. El método tomará el primer elemento del array como su valor de inicio y comienza a reducir a partir del segundo elemento.

```
console.log([1, 2, 3, 4].reduce((a, b) => a + b));
// → 10
```

Para usar *reduce* (dos veces) para encontrar el código con la mayor cantidad de caracteres, podemos escribir algo como esto:

```
function cuentaDeCaracteres(codigo) {
  return codigo.ranges.reduce((cuenta, [desde, hasta]) => {
    return cuenta + (hasta - desde);
  }, 0);
}
```

```

}

console.log(Scripts.reduce((a, b) => {
  return cuentaDeCaracteres(a) < cuentaDeCaracteres(b) ? b : a;
}));
// → {name: "Han", ...}

```

La función `cuentaDeCaracteres` reduce los rangos asignados a un código sumando sus tamaños. Ten en cuenta el uso de la desestructuración en el parámetro lista de la función reductora. La segunda llamada a `reduce` luego usa esto para encontrar el código más grande al comparar repetidamente dos scripts y retornando el más grande.

El código Han tiene más de 89,000 caracteres asignados en el Estándar Unicode, por lo que es, por mucho, el mayor sistema de escritura en el conjunto de datos. Han es un código (a veces) usado para texto chino, japonés y coreano. Esos idiomas comparten muchos caracteres, aunque tienden a escribirlos de manera diferente. El consorcio Unicode (con sede en EE.UU.) decidió tratarlos como un único sistema de escritura para ahorrar códigos de caracteres. Esto se llama *unificación Han* y aún enoja bastante a algunas personas.

COMPOSABILIDAD

Considera cómo habríamos escrito el ejemplo anterior (encontrar el código más grande) sin funciones de orden superior. El código no es mucho peor.

```

let mayor = null;
for (let codigo of Scripts) {
  if (mayor == null ||
      cuentaDeCaracteres(mayor) < cuentaDeCaracteres(codigo)) {
    mayor = codigo;
  }
}
console.log(mayor);
// → {name: "Han", ...}

```

Hay algunas vinculaciones más, y el programa tiene cuatro líneas más. Pero todavía es bastante legible.

Las funciones de orden superior comienzan a brillar cuando necesitas *componer* operaciones. Como ejemplo, vamos a escribir código que encuentre el año de origen promedio para los códigos vivos y muertos en el conjunto de datos.

```

function promedio(array) {
  return array.reduce((a, b) => a + b) / array.length;
}

```

```

}

console.log(Math.round(promedio(
  SCRIPTS.filter(codigo => codigo.living).map(codigo => codigo.year)
)));
// → 1185
console.log(Math.round(promedio(
  SCRIPTS.filter(codigo => !codigo.living).map(codigo => codigo.year)
)));
// → 209

```

Entonces, los códigos muertos en Unicode son, en promedio, más antiguos que los vivos. Esta no es una estadística terriblemente significativa o sorprendente. Pero espero que aceptes que el código utilizado para calcularlo no es difícil de leer. Puedes verlo como una tubería: comenzamos con todos los códigos, filtramos los vivos (o muertos), tomamos los años de aquellos, los promediamos, y redondeamos el resultado.

Definitivamente también podrías haber escribir este código como un gran ciclo.

```

let total = 0, cuenta = 0;
for (let codigo of SCRIPTS) {
  if (codigo.living) {
    total += codigo.year;
    cuenta += 1;
  }
}
console.log(Math.round(total / cuenta));
// → 1185

```

Pero es más difícil de ver qué se está calculando y cómo. Y ya que los resultados intermedios no se representan como valores coherentes, sería mucho más trabajo extraer algo así como `promedio` en una función aparte.

En términos de lo que la computadora realmente está haciendo, estos dos enfoques también son bastante diferentes. El primero creará nuevos arrays al ejecutar `filter` y `map`, mientras que el segundo solo computa algunos números, haciendo menos trabajo. Por lo general, puedes permitirte el enfoque legible, pero si estás procesando arrays enormes, y haciéndolo muchas veces, el estilo menos abstracto podría ser mejor debido a la velocidad extra.

STRINGS Y CÓDIGOS DE CARACTERES

Un uso del conjunto de datos sería averiguar qué código esta usando una pieza de texto. Veamos un programa que hace esto.

Recuerda que cada código tiene un array de rangos para los códigos de caracteres asociados a él. Entonces, dado un código de carácter, podríamos usar una función como esta para encontrar el código correspondiente (si lo hay):

```
function codigoCaracter(codigo_caracter) {
  for (let codigo of SCRIPTS) {
    if (codigo.ranges.some(([desde, hasta]) => {
      return codigo_caracter >= desde && codigo_caracter < hasta;
    })) {
      return codigo;
    }
  }
  return null;
}

console.log(codigoCaracter(121));
// → {name: "Latin", ...}
```

El método `some` (“alguno”) es otra función de orden superior. Toma una función de prueba y te dice si esa función retorna verdadero para cualquiera de los elementos en el array.

Pero cómo obtenemos los códigos de los caracteres en un string?

En el [Capítulo 1](#) mencioné que los strings de JavaScript están codificados como una secuencia de números de 16 bits. Estos se llaman *unidades de código*. Inicialmente se suponía que un código de carácter Unicode encajara dentro de esa unidad (lo que da un poco más de 65,000 caracteres). Cuando quedó claro que esto no sería suficiente, muchas personas se resistieron a la necesidad de usar más memoria por carácter. Para apaciguar estas preocupaciones, UTF-16, el formato utilizado por los strings de JavaScript, fue inventado. Este describe la mayoría de los caracteres más comunes usando una sola unidad de código de 16 bits, pero usa un par de dos de esas unidades para otros caracteres.

Al día de hoy UTF-16 generalmente se considera como una mala idea. Parece casi intencionalmente diseñado para invitar a errores. Es fácil escribir programas que pretenden que las unidades de código y caracteres son la misma cosa. Y si tu lenguaje no usa caracteres de dos unidades, esto parecerá funcionar simplemente bien. Pero tan pronto como alguien intente usar dicho programa con algunos menos comunes caracteres chinos, este se rompe. Afortunadamente, con la llegada del emoji, todo el mundo ha empezado a usar caracteres

de dos unidades, y la carga de lidiar con tales problemas esta bastante mejor distribuida.

Desafortunadamente, las operaciones obvias con strings de JavaScript, como obtener su longitud a través de la propiedad `length` y acceder a su contenido usando corchetes, trata solo con unidades de código.

```
// Dos caracteres emoji, caballo y zapato
let caballoZapato = "🐎👟";
console.log(caballoZapato.length);
// → 4
console.log(caballoZapato[0]);
// → ((Medio-carácter inválido))
console.log(caballoZapato.charCodeAt(0));
// → 55357 (Código del medio-carácter)
console.log(caballoZapato.codePointAt(0));
// → 128052 (Código real para emoji de caballo)
```

El método `charCodeAt` de JavaScript te da una unidad de código, no un código de carácter completo. El método `codePointAt`, añadido después, si da un carácter completo de Unicode. Entonces podríamos usarlo para obtener caracteres de un string. Pero el argumento pasado a `codePointAt` sigue siendo un índice en la secuencia de unidades de código. Entonces, para hacer un ciclo a través de todos los caracteres en un string, todavía tendríamos que lidiar con la cuestión de si un carácter ocupa una o dos unidades de código.

En el [capítulo anterior](#), mencioné que el ciclo `for/of` también se puede usar en strings. Como `codePointAt`, este tipo de ciclo se introdujo en un momento en que las personas eran muy conscientes de los problemas con UTF-16. Cuando lo usas para hacer un ciclo a través de un string, te da caracteres reales, no unidades de código.

```
let dragonRosa = "🐉🌹";
for (let caracter of dragonRosa) {
  console.log(caracter);
}
// → 🐉
// → 🌹
```

Si tienes un carácter (que será un string de unidades de uno o dos códigos), puedes usar `codePointAt(0)` para obtener su código.

RECONOCIENDO TEXTO

Tenemos una función `codigoCaracter` y una forma de correctamente hacer un ciclo a través de caracteres. El siguiente paso sería contar los caracteres que pertenecen a cada código. La siguiente abstracción de conteo será útil para eso:

```
function contarPor(elementos, nombreGrupo) {
  let cuentas = [];
  for (let elemento of elementos) {
    let nombre = nombreGrupo(elemento);
    let conocido = cuentas.findIndex(c => c.nombre == nombre);
    if (conocido == -1) {
      cuentas.push({nombre, cuenta: 1});
    } else {
      cuentas[conocido].cuenta++;
    }
  }
  return cuentas;
}

console.log(contarPor([1, 2, 3, 4, 5], n => n > 2));
// → [{nombre: false, cuenta: 2}, {nombre: true, cuenta: 3}]
```

La función `contarPor` espera una colección (cualquier cosa con la que podamos hacer un ciclo `for/of`) y una función que calcula un nombre de grupo para un elemento dado. Retorna un array de objetos, cada uno de los cuales nombra un grupo y te dice la cantidad de elementos que se encontraron en ese grupo.

Utiliza otro método de array—`findIndex` (“encontrar index”). Este método es algo así como `indexOf`, pero en lugar de buscar un valor específico, este encuentra el primer valor para el cual la función dada retorna verdadero. Como `indexOf`, retorna `-1` cuando no se encuentra dicho elemento.

Usando `contarPor`, podemos escribir la función que nos dice qué códigos se usan en una pieza de texto.

```
function codigosTexto(texto) {
  let codigos = contarPor(texto, caracter => {
    let codigo = codigoCaracter(caracter.codePointAt(0));
    return codigo ? codigo.name : "ninguno";
  }).filter(({name}) => name !== "ninguno");

  let total = codigos.reduce((n, {count}) => n + count, 0);
  if (total == 0) return "No se encontraron codigos";
}
```

```

    return codigos.map(({name, count}) => {
      return `${Math.round(count * 100 / total)}% ${name}`;
    }).join(", ");
  }

  console.log(codigosTexto('英国的狗说"woof", 俄罗斯的狗说"тяв"'));
  // → 61% Han, 22% Latin, 17% Cyrillic

```

La función primero cuenta los caracteres por nombre, usando `codigoCaracter` para asignarles un nombre, y recurre al string `"ninguno"` para caracteres que no son parte de ningún código. La llamada `filter` deja afuera las entrada para `"ninguno"` del array resultante, ya que no estamos interesados en esos caracteres.

Para poder calcular porcentajes, primero necesitamos la cantidad total de caracteres que pertenecen a un código, lo que podemos calcular con `reduce`. Si no se encuentran tales caracteres, la función retorna un string específico. De lo contrario, transforma las entradas de conteo en strings legibles con `map` y luego las combina con `join`.

RESUMEN

Ser capaz de pasar valores de función a otras funciones es un aspecto profundamente útil de JavaScript. Nos permite escribir funciones que modelen calculos con “brechas” en ellas. El código que llama a estas funciones pueden llenar estas brechas al proporcionar valores de función.

Los arrays proporcionan varios métodos útiles de orden superior. Puedes usar `forEach` para recorrer los elementos en un array. El método `filter` retorna un nuevo array que contiene solo los elementos que pasan una función de predicado. Transformar un array al poner cada elemento a través de una función se hace con `map`. Puedes usar `reduce` para combinar todos los elementos en una array a un solo valor. El método `some` prueba si algun elemento coincide con una función de predicado determinada. Y `findIndex` encuentra la posición del primer elemento que coincide con un predicado.

EJERCICIOS

APLANAMIENTO

Use el método `reduce` en combinación con el método `concat` para “aplanar” un array de arrays en un único array que tenga todos los elementos de los arrays

originales.

TU PROPIO CICLO

Escriba una función de orden superior llamada `ciclo` que proporcione algo así como una declaración de ciclo `for`. Esta toma un valor, una función de prueba, una función de actualización y un cuerpo de función. En cada iteración, primero ejecuta la función de prueba en el valor actual del ciclo y se detiene si esta retorna falso. Luego llama al cuerpo de función, dándole el valor actual. Y finalmente, llama a la función de actualización para crear un nuevo valor y comienza desde el principio.

Cuando definas la función, puedes usar un ciclo regular para hacer los ciclos reales.

CADA

De forma análoga al método `some`, los arrays también tienen un método `every` (“cada”). Este retorna `true` cuando la función dada devuelve verdadero para *cada* elemento en el array. En cierto modo, `some` es una versión del operador `||` que actúa en arrays, y `every` es como el operador `&&`.

Implementa `every` como una función que tome un array y una función predicado como parámetros. Escribe dos versiones, una usando un ciclo y una usando el método `some`.

DIRECCIÓN DE ESCRITURA DOMINANTE

Escriba una función que calcule la dirección de escritura dominante en un string de texto. Recuerde que cada objeto de código tiene una propiedad `direction` que puede ser `"ltr"` (de izquierda a derecha), `"rtl"` (de derecha a izquierda), o `"ttb"` (arriba a abajo).

La dirección dominante es la dirección de la mayoría de los caracteres que tienen un código asociado a ellos. Las funciones `codigoCaracter` y `contarPor` definidas anteriormente en el capítulo probablemente serán útiles aquí.

“Un tipo de datos abstracto se realiza al escribir un tipo especial de programa [...] que define el tipo en base a las operaciones que puedan ser realizadas en él.”

—Barbara Liskov, Programming with Abstract Data Types

CHAPTER 6

LA VIDA SECRETA DE LOS OBJETOS

El [Capítulo 4](#) introdujo los objetos en JavaScript. En la cultura de la programación, tenemos una cosa llamada *programación orientada a objetos*, la cual es un conjunto de técnicas que usan objetos (y conceptos relacionados) como el principio central de la organización del programa.

Aunque nadie realmente está de acuerdo con su definición exacta, la programación orientada a objetos ha contribuido al diseño de muchos lenguajes de programación, incluyendo JavaScript. Este capítulo describirá la forma en la que estas ideas pueden ser aplicadas en JavaScript.

ENCAPSULACIÓN

La idea central en la programación orientada a objetos es dividir a los programas en piezas más pequeñas y hacer que cada pieza sea responsable de gestionar su propio estado.

De esta forma, los conocimientos acerca de como funciona una parte del programa pueden mantenerse *locales* a esa pieza. Alguien trabajando en otra parte del programa no tiene que recordar o ni siquiera tener una idea de ese conocimiento. Cada vez que los detalles locales cambien, solo el código directamente a su alrededor debe ser actualizado.

Las diferentes piezas de un programa como tal, interactúan entre sí a través de *interfaces*, las cuales son conjuntos limitados de funciones y vinculaciones que proporcionan funcionalidades útiles en un nivel más abstracto, ocultando así su implementación interna.

Tales piezas del programa se modelan usando objetos. Sus interfaces consisten en un conjunto específico de métodos y propiedades. Las propiedades que son parte de la interfaz se llaman *publicas*. Las otras, las cuales no deberían ser tocadas por el código externo, se les llama *privadas*.

Muchos lenguajes proporcionan una forma de distinguir entre propiedades publicas y privadas, y además evitarán que el código externo pueda acceder a las privadas por completo. JavaScript, una vez más tomando el enfoque

minimalista, no hace esto. Todavía no, al menos—hay trabajo en camino para agregar esto al lenguaje.

Aunque el lenguaje no tenga esta distinción incorporada, los programadores de JavaScript *estan* usando esta idea con éxito. Típicamente, la interfaz disponible se describe en la documentación o en los comentarios. También es común poner un carácter de guión bajo (_) al comienzo de los nombres de las propiedades para indicar que estas propiedades son privadas.

Separar la interfaz de la implementación es una gran idea. Esto usualmente es llamado *encapsulación*.

MÉTODOS

Los métodos no son más que propiedades que tienen valores de función. Este es un método simple:

```
let conejo = {};  
conejo.hablar = function(linea) {  
  console.log(`El conejo dice '${linea}'`);  
};  
  
conejo.hablar("Estoy vivo.");  
// → El conejo dice 'Estoy vivo.'
```

Por lo general, un método debe hacer algo en el objeto con que se llamó. Cuando una función es llamada como un método—buscada como una propiedad y llamada inmediatamente, como en `objeto.metodo()`—la vinculación llamada `this` (“este”) en su cuerpo apunta automáticamente al objeto en la cual fue llamada.

```
function hablar(linea) {  
  console.log(`El conejo ${this.tipo} dice '${linea}'`);  
}  
let conejoBlanco = {tipo: "blanco", hablar};  
let conejoHambriento = {tipo: "hambriento", hablar};  
  
conejoBlanco.hablar("Oh mis orejas y bigotes, " +  
  "que tarde se esta haciendo!");  
// → El conejo blanco dice 'Oh mis orejas y bigotes, que  
//   tarde se esta haciendo!'  
conejoHambriento.hablar("Podria comerme una zanahoria ahora mismo.")  
;  
// → El conejo hambriento dice 'Podria comerme una zanahoria ahora
```

```
mismo.'
```

Puedes pensar en `this` como un parámetro extra que es pasado en una manera diferente. Si quieres pasarlo explícitamente, puedes usar el método `call` (“llamar”) de una función, que toma el valor de `this` como primer argumento y trata a los argumentos adicionales como parámetros normales.

```
hablar.call(conejoHambriento, "Burp!");  
// → El conejo hambriento dice 'Burp!'
```

Como cada función tiene su propia vinculación `this`, cuyo valor depende de la forma en como esta se llama, no puedes hacer referencia al `this` del alcance envolvente en una función regular definida con la palabra clave `function`.

Las funciones de flecha son diferentes—no crean su propia vinculación `this`, pero pueden ver la vinculación `this` del alcance a su alrededor. Por lo tanto, puedes hacer algo como el siguiente código, que hace referencia a `this` desde adentro de una función local:

```
function normalizar() {  
  console.log(this.coordinadas.map(n => n / this.length));  
}  
normalizar.call({coordinadas: [0, 2, 3], length: 5});  
// → [0, 0.4, 0.6]
```

Si hubieras escrito el argumento para `map` usando la palabra clave `function`, el código no funcionaría.

PROTOTIPOS

Observa atentamente.

```
let vacio = {};  
console.log(vacio.toString);  
// → function toString()...{}  
console.log(vacio.toString());  
// → [object Object]
```

Saqué una propiedad de un objeto vacío. Magia!

Bueno, en realidad no. Simplemente he estado ocultando información acerca de como funcionan los objetos en JavaScript. En adición a su conjunto de propiedades, la mayoría de los objetos también tienen un *prototipo*. Un pro-

totipo es otro objeto que se utiliza como una reserva de propiedades alternativa. Cuando un objeto recibe una solicitud por una propiedad que este no tiene, se buscará en su prototipo la propiedad, luego en el prototipo del prototipo y así sucesivamente.

Así que, ¿quién es el prototipo de ese objeto vacío? Es el gran prototipo ancestral, la entidad detrás de casi todos los objetos, `Object.prototype` (“Objeto.prototype”).

```
console.log(Object.getPrototypeOf({}) ==
               Object.prototype);
// → true
console.log(Object.getPrototypeOf(Object.prototype));
// → null
```

Como puedes adivinar, `Object.getPrototypeOf` (“Objeto.obtenerPrototipoDe”) retorna el prototipo de un objeto.

Las relaciones prototipo de los objetos en JavaScript forman una estructura en forma de árbol, y en la raíz de esta estructura se encuentra `Object.prototype`. Este proporciona algunos métodos que pueden ser accedidos por todos los objetos, como `toString`, que convierte un objeto en una representación de tipo string.

Muchos objetos no tienen `Object.prototype` directamente como su prototipo, pero en su lugar tienen otro objeto que proporciona un conjunto diferente de propiedades predeterminadas. Las funciones derivan de `Function.prototype`, y los arrays derivan de `Array.prototype`.

```
console.log(Object.getPrototypeOf(Math.max) ==
               Function.prototype);
// → true
console.log(Object.getPrototypeOf([]) ==
               Array.prototype);
// → true
```

Tal prototipo de objeto tendrá en sí mismo un prototipo, a menudo `Object.prototype`, por lo que aún proporciona indirectamente métodos como `toString`.

Puede usar `Object.create` para crear un objeto con un prototipo específico.

```
let conejoPrototipo = {
  hablar(linea) {
    console.log(`El conejo ${this.tipo} dice '${linea}'`);
  }
};
```



```
let conejoAsesino = Object.create(conejoPrototipo);
conejoAsesino.tipo = "asesino";
conejoAsesino.hablar("SKREEEE!");
// → El conejo asesino dice 'SKREEEE!'
```

Una propiedad como `hablar(linea)` en una expresión de objeto es un atajo para definir un método. Esta crea una propiedad llamada `hablar` y le da una función como su valor.

El conejo “prototipo” actúa como un contenedor para las propiedades que son compartidas por todos los conejos. Un objeto de conejo individual, como el conejo asesino, contiene propiedades que aplican solo a sí mismo—en este caso su tipo—y deriva propiedades compartidas desde su prototipo.

CLASES

El sistema de prototipos en JavaScript se puede interpretar como un enfoque informal de un concepto orientado a objetos llamado *clases*. Una clase define la forma de un tipo de objeto—qué métodos y propiedades tiene este. Tal objeto es llamado una *instancia* de la clase.

Los prototipos son útiles para definir propiedades en las cuales todas las instancias de una clase compartan el mismo valor, como métodos. Las propiedades que difieren por instancia, como la propiedad `tipo` en nuestros conejos, necesitan almacenarse directamente en los objetos mismos.

Entonces, para crear una instancia de una clase dada, debes crear un objeto que derive del prototipo adecuado, pero *también* debes asegurarte de que, en sí mismo, este objeto tenga las propiedades que las instancias de esta clase se supone que tengan. Esto es lo que una función *constructora* hace.

```
function crearConejo(tipo) {
  let conejo = Object.create(conejoPrototipo);
  conejo.tipo = tipo;
  return conejo;
}
```

JavaScript proporciona una manera de hacer que la definición de este tipo de funciones sea más fácil. Si colocas la palabra clave `new` (“new”) delante de una llamada de función, la función será tratada como un constructor. Esto significa que un objeto con el prototipo adecuado es creado automáticamente, vinculado a `this` en la función, y retornado al final de la función.

El objeto prototipo utilizado al construir objetos se encuentra al tomar la propiedad `prototype` de la función constructora.

```
function Conejo(tipo) {
  this.tipo = tipo;
}
Conejo.prototype.hablar = function(linea) {
  console.log(`El conejo ${this.tipo} dice '${linea}'`);
};

let conejoRaro = new Conejo("raro");
```

Los constructores (todas las funciones, de hecho) automáticamente obtienen una propiedad llamada `prototype`, que por defecto contiene un objeto simple y vacío, que deriva de `Object.prototype`. Puedes sobrescribirlo con un nuevo objeto si así quieres. O puedes agregar propiedades al objeto ya existente, como lo hace el ejemplo.

Por convención, los nombres de los constructores tienen la primera letra en mayúscula para que se puedan distinguir fácilmente de otras funciones.

Es importante entender la distinción entre la forma en que un prototipo está asociado con un constructor (a través de su propiedad `prototype`) y la forma en que los objetos *tienen* un prototipo (que se puede encontrar con `Object.getPrototypeOf`). El prototipo real de un constructor es `Function.prototype`, ya que los constructores son funciones. Su *propiedad* `prototype` contiene el prototipo utilizado para las instancias creadas a través de él.

```
console.log(Object.getPrototypeOf(Conejo) ==
              Function.prototype);
// → true
console.log(Object.getPrototypeOf(conejoRaro) ==
              Conejo.prototype);
// → true
```

NOTACIÓN DE CLASE

Entonces, las clases en JavaScript son funciones constructoras con una propiedad prototipo. Así es como funcionan, y hasta 2015, esa era la manera en como tenías que escribirlas. Estos días, tenemos una notación menos incómoda.

```
class Conejo {
  constructor(tipo) {
    this.tipo = tipo;
  }
}
```

```

    }
    hablar(linea) {
      console.log(`El conejo ${this.tipo} dice '${linea}'`);
    }
  }
}

let conejoAsesino = new Conejo("asesino");
let conejoNegro = new Conejo("negro");

```

La palabra clave `class` (“clase”) comienza una declaración de clase, que nos permite definir un constructor y un conjunto de métodos, todo en un solo lugar. Cualquier número de métodos se pueden escribir dentro de las llaves de la declaración. El metodo llamado **constructor** es tratado de una manera especial. Este proporciona la función constructora real, que estará vinculada al nombre `Conejo`. Los otros metodos estaran empacados en el prototipo de ese constructor. Por lo tanto, la declaración de clase anterior es equivalente a la definición de constructor en la sección anterior. Solo que se ve mejor.

Actualmente las declaraciones de clase solo permiten que los *metodos*—propiedades que contengan funciones—puedan ser agregados al prototipo. Esto puede ser algo inconveniente para cuando quieras guardar un valor no-funcional allí. La próxima versión del lenguaje probablemente mejore esto. Por ahora, tú puedes crear tales propiedades al manipular directamente el prototipo después de haber definido la clase.

Al igual que `function`, `class` se puede usar tanto en posiciones de declaración como de expresión. Cuando se usa como una expresión, no define una vinculación, pero solo produce el constructor como un valor. Tienes permitido omitir el nombre de clase en una expresión de clase.

```

let objeto = new class { obtenerPalabra() { return "hola"; } };
console.log(objeto.obtenerPalabra());
// → hola

```

SOBREESCRIBIENDO PROPIEDADES DERIVADAS

Cuando le agregas una propiedad a un objeto, ya sea que esté presente en el prototipo o no, la propiedad es agregada al objeto *en si mismo*. Si ya había una propiedad con el mismo nombre en el prototipo, esta propiedad ya no afectará al objeto, ya que ahora está oculta detrás de la propiedad del propio objeto.

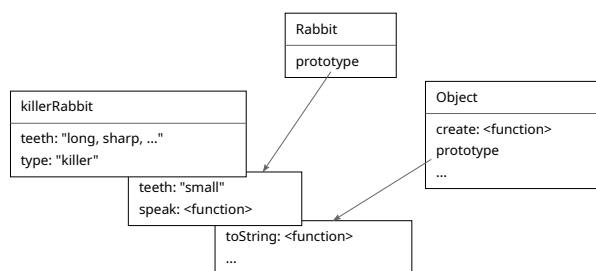
```

Rabbit.prototype.dientes = "pequeños";
console.log(conejoAsesino.dientes);

```

```
// → pequeños
conejoAsesino.dientes = "largos, filosos, y sangrientos";
console.log(conejoAsesino.dientes);
// → largos, filosos, y sangrientos
console.log(conejoNegro.dientes);
// → pequeños
console.log(Rabbit.prototype.dientes);
// → pequeños
```

El siguiente diagrama esboza la situación después de que este código ha sido ejecutado. Los prototipos de `Conejo` y `Object` se encuentran detrás de `conejoAsesino` como una especie de telón de fondo, donde las propiedades que no se encuentren en el objeto en sí mismo puedan ser buscadas.



Sobreescribir propiedades que existen en un prototipo puede ser algo útil que hacer. Como muestra el ejemplo de los dientes de conejo, esto se puede usar para expresar propiedades excepcionales en instancias de una clase más genérica de objetos, dejando que los objetos no-excepcionales tomen un valor estándar desde su prototipo.

También puedes sobreescribir para darle a los prototipos estándar de función y array un método diferente `toString` al del objeto prototipo básico.

```
console.log(Array.prototype.toString ==
              Object.prototype.toString);
// → false
console.log([1, 2].toString());
// → 1,2
```

Llamar a `toString` en un array da un resultado similar al de una llamada `.join(", ")` en él—pone comas entre los valores del array. Llamar directamente a `Object.prototype.toString` con un array produce un string diferente. Esa función no sabe acerca de los arrays, por lo que simplemente pone la palabra *object* y el nombre del tipo entre corchetes.

```
console.log(Object.prototype.toString.call([1, 2]));  
// → [object Array]
```

MAPAS

Vimos a la palabra *map* usada en el [capítulo anterior](#) para una operación que transforma una estructura de datos al aplicar una función en sus elementos.

Un *mapa* (sustantivo) es una estructura de datos que asocia valores (las llaves) con otros valores. Por ejemplo, es posible que desees mapear nombres a edades. Es posible usar objetos para esto.

```
let edades = {  
  Boris: 39,  
  Liang: 22,  
  Júlia: 62  
};  
  
console.log(`Júlia tiene ${edades["Júlia"]}`);  
// → Júlia tiene 62  
console.log("Se conoce la edad de Jack?", "Jack" in edades);  
// → Se conoce la edad de Jack? false  
console.log("Se conoce la edad de toString?", "toString" in edades);  
// → Se conoce la edad de toString? true
```

Aquí, los nombres de las propiedades del objeto son los nombres de las personas, y los valores de las propiedades sus edades. Pero ciertamente no incluimos a nadie llamado `toString` en nuestro mapa. Sin embargo, debido a que los objetos simples se derivan de `Object.prototype`, parece que la propiedad está ahí.

Como tal, usar objetos simples como mapas es peligroso. Hay varias formas posibles de evitar este problema. Primero, es posible crear objetos sin *ningun* prototipo. Si pasas `null` a `Object.create`, el objeto resultante no se derivará de `Object.prototype` y podrá ser usado de forma segura como un mapa.

```
console.log("toString" in Object.create(null));  
// → false
```

Los nombres de las propiedades de los objetos deben ser strings. Si necesitas un mapa cuyas claves no puedan ser convertidas fácilmente a strings—como objetos—no puedes usar un objeto como tu mapa.

Afortunadamente, JavaScript viene con una clase llamada `Map` que esta es-

crita para este propósito exacto. Esta almacena un mapeo y permite cualquier tipo de llaves.

```
let edades = new Map();
edades.set("Boris", 39);
edades.set("Liang", 22);
edades.set("Júlia", 62);

console.log(`Júlia tiene ${edades.get("Júlia")}`);
// → Júlia tiene 62
console.log("Se conoce la edad de Jack?", edades.has("Jack"));
// → Se conoce la edad de Jack? false
console.log(edades.has("toString"));
// → false
```

Los métodos `set` (“establecer”), `get` (“obtener”), y `has` (“tiene”) son parte de la interfaz del objeto `Map`. Escribir una estructura de datos que pueda actualizarse rápidamente y buscar en un gran conjunto de valores no es fácil, pero no tenemos que preocuparnos acerca de eso. Alguien más lo hizo por nosotros, y podemos utilizar esta simple interfaz para usar su trabajo.

Si tienes un objeto simple que necesitas tratar como un mapa por alguna razón, es útil saber que `Object.keys` solo retorna las llaves propias del objeto, no las que están en el prototipo. Como alternativa al operador `in`, puedes usar el método `hasOwnProperty` (“tienePropiaPropiedad”), el cual ignora el prototipo del objeto.

```
console.log({x: 1}.hasOwnProperty("x"));
// → true
console.log({x: 1}.hasOwnProperty("toString"));
// → false
```

POLIMORFISMO

Cuando llamas a la función `String` (que convierte un valor a un string) en un objeto, llamará al método `toString` en ese objeto para tratar de crear un string significativo a partir de él. Mencioné que algunos de los prototipos estándar definen su propia versión de `toString` para que puedan crear un string que contenga información más útil que `"[object Object]"`. También puedes hacer eso tú mismo.

```
Conejo.prototype.toString = function() {
  return `un conejo ${this.tipo}`;
```

```
};

console.log(String(conejoNegro));
// → un conejo negro
```

Esta es una instancia simple de una idea poderosa. Cuando un pedazo de código es escrito para funcionar con objetos que tienen una cierta interfaz—en este caso, un método `toString`—cualquier tipo de objeto que soporte esta interfaz se puede conectar al código, y simplemente funcionará.

Esta técnica se llama *polimorfismo*. El código polimórfico puede funcionar con valores de diferentes formas, siempre y cuando soporten la interfaz que este espera.

Mencioné en el [Capítulo 4](#) que un ciclo `for/of` puede recorrer varios tipos de estructuras de datos. Este es otro caso de polimorfismo—tales ciclos esperan que la estructura de datos exponga una interfaz específica, lo que hacen los arrays y strings. Y también puedes agregar esta interfaz a tus propios objetos! Pero antes de que podamos hacer eso, necesitamos saber qué son los símbolos.

SÍMBOLOS

Es posible que múltiples interfaces usen el mismo nombre de propiedad para diferentes cosas. Por ejemplo, podría definir una interfaz en la que se suponga que el método `toString` convierte el objeto a una pieza de hilo. No sería posible para un objeto ajustarse a esa interfaz y al uso estándar de `toString`.

Esa sería una mala idea, y este problema no es muy común. La mayoría de los programadores de JavaScript simplemente no piensan en eso. Pero los diseñadores del lenguaje, cuyo *trabajo* es pensar acerca de estas cosas, nos han proporcionado una solución de todos modos.

Cuando afirmé que los nombres de propiedad son strings, eso no fue del todo preciso. Usualmente lo son, pero también pueden ser *símbolos*. Los símbolos son valores creados con la función `Symbol`. A diferencia de los strings, los símbolos recién creados son únicos—no puedes crear el mismo símbolo dos veces.

```
let simbolo = Symbol("nombre");
console.log(simbolo == Symbol("nombre"));
// → false
Conejo.prototype[simbolo] = 55;
console.log(conejoNegro[simbolo]);
// → 55
```

El string que pases a `Symbol` es incluido cuando lo conviertas a string, y puede hacer que sea más fácil reconocer un símbolo cuando, por ejemplo, lo muestres en la consola. Pero no tiene sentido más allá de eso—múltiples símbolos pueden tener el mismo nombre.

Al ser únicos y utilizables como nombres de propiedad, los símbolos son adecuados para definir interfaces que pueden vivir pacíficamente junto a otras propiedades, sin importar cuáles sean sus nombres.

```
const simboloToString = Symbol("toString");
Array.prototype[simboloToString] = function() {
  return `${this.length} cm de hilo azul`;
};

console.log([1, 2].toString());
// → 1,2
console.log([1, 2][simboloToString]());
// → 2 cm de hilo azul
```

Es posible incluir propiedades de símbolos en expresiones de objetos y clases usando corchetes alrededor del nombre de la propiedad. Eso hace que se evalúe el nombre de la propiedad, al igual que la notación de corchetes para acceder propiedades, lo cual nos permite hacer referencia a una vinculación que contiene el símbolo.

```
let objetoString = {
  [simboloToString]() { return "una cuerda de cañamo"; }
};
console.log(objetoString[simboloToString]());
// → una cuerda de cañamo
```

LA INTERFAZ DE ITERADOR

Se espera que el objeto dado a un ciclo `for/of` sea *iterable*. Esto significa que tenga un método llamado con el símbolo `Symbol.iterator` (un valor de símbolo definido por el idioma, almacenado como una propiedad de la función `Symbol`).

Cuando sea llamado, ese método debe retornar un objeto que proporcione una segunda interfaz, *iteradora*. Esta es la cosa real que realiza la iteración. Tiene un método `next` (“siguiente”) que retorna el siguiente resultado. Ese resultado debería ser un objeto con una propiedad `value` (“valor”), que proporciona el siguiente valor, si hay uno, y una propiedad `done` (“listo”) que debería ser cierta cuando no haya más resultados y falso de lo contrario.

Ten en cuenta que los nombres de las propiedades `next`, `value` y `done` son

simples strings, no símbolos. Solo `Symbol.iterator`, que probablemente sea agregado a un *monton* de objetos diferentes, es un símbolo real.

Podemos usar directamente esta interfaz nosotros mismos.

```
let iteradorOK = "OK"[Symbol.iterator]();
console.log(iteradorOK.next());
// → {value: "O", done: false}
console.log(iteradorOK.next());
// → {value: "K", done: false}
console.log(iteradorOK.next());
// → {value: undefined, done: true}
```

Implementemos una estructura de datos iterable. Construiremos una clase *matriz*, que actuara como un array bidimensional.

```
class Matriz {
  constructor(ancho, altura, elemento = (x, y) => undefined) {
    this.ancho = ancho;
    this.altura = altura;
    this.contenido = [];

    for (let y = 0; y < altura; y++) {
      for (let x = 0; x < ancho; x++) {
        this.contenido[y * ancho + x] = elemento(x, y);
      }
    }
  }

  obtener(x, y) {
    return this.contenido[y * this.ancho + x];
  }
  establecer(x, y, valor) {
    this.contenido[y * this.ancho + x] = valor;
  }
}
```

La clase almacena su contenido en un único array de elementos *altura* × *ancho*. Los elementos se almacenan fila por fila, por lo que, por ejemplo, el tercer elemento en la quinta fila es (utilizando indexación basada en cero) almacenado en la posición $4 \times \text{ancho} + 2$.

La función constructora toma un ancho, una altura y una función opcional de contenido que se usará para llenar los valores iniciales. Hay métodos `obtener` y `establecer` para recuperar y actualizar elementos en la matriz.

Al hacer un ciclo sobre una matriz, generalmente estás interesado en la posi-

ción tanto de los elementos como de los elementos en sí mismos, así que haremos que nuestro iterador produzca objetos con propiedades `x`, `y`, y `value` (“valor”).

```
class IteradorMatriz {
  constructor(matriz) {
    this.x = 0;
    this.y = 0;
    this.matriz = matriz;
  }

  next() {
    if (this.y == this.matriz.altura) return {done: true};

    let value = {x: this.x,
                 y: this.y,
                 value: this.matriz.obtener(this.x, this.y)};
    this.x++;
    if (this.x == this.matriz.ancho) {
      this.x = 0;
      this.y++;
    }
    return {value, done: false};
  }
}
```

La clase hace un seguimiento del progreso de iterar sobre una matriz en sus propiedades `x` y `y`. El método `next` (“siguiente”) comienza comprobando si la parte inferior de la matriz ha sido alcanzada. Si no es así, *primero* crea el objeto que contiene el valor actual y *luego* actualiza su posición, moviéndose a la siguiente fila si es necesario.

Configuremos la clase `Matriz` para que sea iterable. A lo largo de este libro, Ocasionalmente usaré la manipulación del prototipo después de los hechos para agregar métodos a clases, para que las piezas individuales de código permanezcan pequeñas y autónomas. En un programa regular, donde no hay necesidad de dividir el código en pedazos pequeños, declararías estos métodos directamente en la clase.

```
Matriz.prototype[Symbol.iterator] = function() {
  return new IteradorMatriz(this);
};
```

Ahora podemos recorrer una matriz con `for/of`.

```
let matriz = new Matriz(2, 2, (x, y) => `valor ${x},${y}`);
```

```

for (let {x, y, value} of matriz) {
  console.log(x, y, value);
}
// → 0 0 valor 0,0
// → 1 0 valor 1,0
// → 0 1 valor 0,1
// → 1 1 valor 1,1

```

GETTERS, SETTERS Y ESTÁTICOS

A menudo, las interfaces consisten principalmente de métodos, pero también está bien incluir propiedades que contengan valores que no sean de función. Por ejemplo, los objetos `Map` tienen una propiedad `size` (“tamaño”) que te dice cuántas claves hay almacenadas en ellos.

Ni siquiera es necesario que dicho objeto calcule y almacene tales propiedades directamente en la instancia. Incluso las propiedades que pueden ser accedidas directamente pueden ocultar una llamada a un método. Tales métodos se llaman *getters*, y se definen escribiendo `get` (“obtener”) delante del nombre del método en una expresión de objeto o declaración de clase.

```

let tamañoCambiante = {
  get tamaño() {
    return Math.floor(Math.random() * 100);
  }
};

console.log(tamañoCambiante.tamaño);
// → 73
console.log(tamañoCambiante.tamaño);
// → 49

```

Cuando alguien lee desde la propiedad `tamaño` de este objeto, el método asociado es llamado. Puedes hacer algo similar cuando se escribe en una propiedad, usando un *setter*.

```

class Temperatura {
  constructor(celsius) {
    this.celsius = celsius;
  }
  get fahrenheit() {
    return this.celsius * 1.8 + 32;
  }
}

```

```

    set fahrenheit(valor) {
      this.celsius = (valor - 32) / 1.8;
    }

    static desdeFahrenheit(valor) {
      return new Temperatura((valor - 32) / 1.8);
    }
  }

  let temp = new Temperatura(22);
  console.log(temp.fahrenheit);
  // → 71.6
  temp.fahrenheit = 86;
  console.log(temp.celsius);
  // → 30

```

La clase `Temperatura` te permite leer y escribir la temperatura ya sea en grados Celsius o grados Fahrenheit, pero internamente solo almacena Celsius y convierte automáticamente a Celsius en el getter y setter `fahrenheit`.

Algunas veces quieres adjuntar algunas propiedades directamente a tu función constructora, en lugar de al prototipo. Tales métodos no tienen acceso a una instancia de clase, pero pueden, por ejemplo, ser utilizados para proporcionar formas adicionales de crear instancias.

Dentro de una declaración de clase, métodos que tienen `static` (“estático”) escrito antes su nombre son almacenados en el constructor. Entonces, la clase `Temperatura` te permite escribir `Temperature.desdeFahrenheit(100)` para crear una temperatura usando grados Fahrenheit.

HERENCIA

Algunas matrices son conocidas por ser *simétricas*. Si duplicas una matriz simétrico alrededor de su diagonal de arriba-izquierda a derecha-abajo, esta se mantiene igual. En otras palabras, el valor almacenado en x,y es siempre el mismo al de y,x .

Imagina que necesitamos una estructura de datos como `Matriz` pero que haga cumplir el hecho de que la matriz es y siga siendo simétrica. Podríamos escribirla desde cero, pero eso implicaría repetir algo de código muy similar al que ya hemos escrito.

El sistema de prototipos en JavaScript hace posible crear una *nueva* clase, parecida a la clase anterior, pero con nuevas definiciones para algunas de sus propiedades. El prototipo de la nueva clase deriva del antiguo prototipo, pero agrega una nueva definición para, por ejemplo, el método `set`.

En términos de programación orientada a objetos, esto se llama *herencia*. La nueva clase hereda propiedades y comportamientos de la vieja clase.

```
class MatrizSimetrica extends Matriz {
  constructor(tamaño, elemento = (x, y) => undefined) {
    super(tamaño, tamaño, (x, y) => {
      if (x < y) return elemento(y, x);
      else return elemento(x, y);
    });
  }

  set(x, y, valor) {
    super.set(x, y, valor);
    if (x !== y) {
      super.set(y, x, valor);
    }
  }
}

let matriz = new MatrizSimetrica(5, (x, y) => `${x},${y}`);
console.log(matriz.get(2, 3));
// → 3,2
```

El uso de la palabra `extends` indica que esta clase no debe estar basada directamente en el prototipo de `Objeto` predeterminado, pero de alguna otra clase. Esta se llama la *superclase*. La clase derivada es la *subclase*.

Para inicializar una instancia de `MatrizSimetrica`, el constructor llama a su constructor de superclase a través de la palabra clave `super`. Esto es necesario porque si este nuevo objeto se comporta (más o menos) como una `Matriz`, va a necesitar las propiedades de instancia que tienen las matrices. En orden para asegurar que la matriz sea simétrica, el constructor ajusta el método `contenido` para intercambiar las coordenadas de los valores por debajo del diagonal.

El método `set` nuevamente usa `super`, pero esta vez no para llamar al constructor, pero para llamar a un método específico del conjunto de metodos de la superclase. Estamos redefiniendo `set` pero queremos usar el comportamiento original. Ya que `this.set` se refiere al *nuevo* método `set`, llamarlo no funcionaria. Dentro de los métodos de clase, `super` proporciona una forma de llamar a los métodos tal y como se definieron en la superclase.

La herencia nos permite construir tipos de datos ligeramente diferentes a partir de tipos de datos existentes con relativamente poco trabajo. Es una parte fundamental de la tradición orientada a objetos, junto con la encapsulación y el polimorfismo. Pero mientras que los últimos dos son considerados como ideas maravillosas en la actualidad, la herencia es más controversial.

Mientras que la encapsulación y el polimorfismo se pueden usar para *separar* piezas de código entre sí, reduciendo el enredo del programa en general, la herencia fundamentalmente vincula las clases, creando *mas* enredo. Al heredar de una clase, generalmente tienes que saber más sobre cómo funciona que cuando simplemente la usas. La herencia puede ser una herramienta útil, y la uso de vez en cuando en mis propios programas, pero no debería ser la primera herramienta que busques, y probablemente no deberías estar buscando oportunidades para construir jerarquías (árboles genealógicos de clases) de clases en una manera activa.

EL OPERADOR INSTANCEOF

Ocasionalmente es útil saber si un objeto fue derivado de una clase específica. Para esto, JavaScript proporciona un operador binario llamado `instanceof` (“instancia de”).

```
console.log(
  new MatrizSimetrica(2) instanceof MatrizSimetrica);
// → true
console.log(new MatrizSimetrica(2) instanceof Matriz);
// → true
console.log(new Matriz(2, 2) instanceof MatrizSimetrica);
// → false
console.log([1] instanceof Array);
// → true
```

El operador verá a través de los tipos heredados, por lo que una `MatrizSimetrica` es una instancia de `Matriz`. El operador también se puede aplicar a constructores estándar como `Array`. Casi todos los objetos son una instancia de `Object`.

RESUMEN

Entonces los objetos hacen más que solo tener sus propias propiedades. Ellos tienen prototipos, que son otros objetos. Estos actuarán como si tuvieran propiedades que no tienen mientras su prototipo tenga esa propiedad. Los objetos simples tienen `Object.prototype` como su prototipo.

Los constructores, que son funciones cuyos nombres generalmente comienzan con una mayúscula, se pueden usar con el operador `new` para crear nuevos objetos. El prototipo del nuevo objeto será el objeto encontrado en la propiedad `prototype` del constructor. Puedes hacer un buen uso de esto al poner las

propiedades que todos los valores de un tipo dado comparten en su prototipo. Hay una notación de `class` que proporciona una manera clara de definir un constructor y su prototipo.

Puedes definir getters y setters para secretamente llamar a métodos cada vez que se acceda a la propiedad de un objeto. Los métodos estáticos son métodos almacenados en el constructor de clase, en lugar de su prototipo.

El operador `instanceof` puede, dado un objeto y un constructor, decir si ese objeto es una instancia de ese constructor.

Una cosa útil que hacer con los objetos es especificar una interfaz para ellos y decirle a todos que se supone que deben hablar con ese objeto solo a través de esa interfaz. El resto de los detalles que componen tu objeto ahora están *encapsulados*, escondidos detrás de la interfaz.

Más de un tipo puede implementar la misma interfaz. El código escrito para utilizar una interfaz automáticamente sabe cómo trabajar con cualquier cantidad de objetos diferentes que proporcionen la interfaz. Esto se llama *polimorfismo*.

Al implementar múltiples clases que difieran solo en algunos detalles, puede ser útil escribir las nuevas clases como *subclases* de una clase existente, *heredando* parte de su comportamiento.

EJERCICIOS

UN TIPO VECTOR

Escribe una clase `Vec` que represente un vector en un espacio de dos dimensiones. Toma los parámetros (numéricos) `x` y `y`, que debería guardar como propiedades del mismo nombre.

Dale al prototipo de `Vector` dos métodos, `mas` y `menos`, los cuales toman otro vector como parámetro y retornan un nuevo vector que tiene la suma o diferencia de los valores `x` y `y` de los dos vectores (`this` y el parámetro).

Agrega una propiedad getter llamada `longitud` al prototipo que calcule la longitud del vector—es decir, la distancia del punto (x, y) desde el origen $(0, 0)$.

CONJUNTOS

El entorno de JavaScript estándar proporciona otra estructura de datos llamada `Set` (“Conjunto”). Al igual que una instancia de `Map`, un conjunto contiene una colección de valores. Pero a diferencia de `Map`, este no asocia valores con otros—este solo rastrea qué valores son parte del conjunto. Un valor solo puede ser

parte de un conjunto una vez—agregarlo de nuevo no tiene ningún efecto.

Escribe una clase llamada `Conjunto`. Como `Set`, debe tener los métodos `add` (“añadir”), `delete` (“eliminar”), y `has` (“tiene”). Su constructor crea un conjunto vacío, `añadir` agrega un valor al conjunto (pero solo si no es ya un miembro), `eliminar` elimina su argumento del conjunto (si era un miembro) y `tiene` retorna un valor booleano que indica si su argumento es un miembro del conjunto.

Usa el operador `===`, o algo equivalente como `indexOf`, para determinar si dos valores son iguales.

Proporcionale a la clase un método estático `desde` que tome un objeto iterable como argumento y cree un grupo que contenga todos los valores producidos al iterar sobre el.

CONJUNTOS ITERABLES

Haz iterable la clase `Conjunto` del ejercicio anterior. Puedes remitirte a la sección acerca de la interfaz del iterador anteriormente en el capítulo si ya no recuerdas muy bien la forma exacta de la interfaz.

Si usaste un array para representar a los miembros del conjunto, no solo retornes el iterador creado llamando al método `Symbol.iterator` en el array. Eso funcionaría, pero frustra el propósito de este ejercicio.

Está bien si tu iterador se comporta de manera extraña cuando el conjunto es modificado durante la iteración.

TOMANDO UN MÉTODO PRESTADO

Anteriormente en el capítulo mencioné que el método `hasOwnProperty` de un objeto puede usarse como una alternativa más robusta al operador `in` cuando quieras ignorar las propiedades del prototipo. Pero, ¿y si tu mapa necesita incluir la palabra `"hasOwnProperty"`? Ya no podrás llamar a ese método ya que la propiedad del objeto oculta el valor del método.

¿Puedes pensar en una forma de llamar `hasOwnProperty` en un objeto que tiene una propia propiedad con ese nombre?

“[...] la pregunta de si las Maquinas Pueden Pensar [...] es tan relevante como la pregunta de si los Submarinos Pueden Nadar.”

—Edsger Dijkstra, The Threats to Computing Science

CHAPTER 7

PROYECTO: UN ROBOT

En los capítulos de “proyectos”, dejaré de golpearte con teoría nueva por un breve momento y en su lugar vamos a trabajar juntos en un programa. La teoría es necesaria para aprender a programar, pero leer y entender programas reales es igual de importante.

Nuestro proyecto en este capítulo es construir un autómatas, un pequeño programa que realiza una tarea en un mundo virtual. Nuestro autómatas será un robot de entregas por correo que recoge y deja paquetes.

VILLAPRADERA

El pueblo de VillaPradera no es muy grande. Este consiste de 11 lugares con 14 caminos entre ellos. Puede ser descrito con este array de caminos:

```
const caminos = [  
  "Casa de Alicia-Casa de Bob",          "Casa de Alicia-Cabaña",  
  "Casa de Alicia-Oficina de Correos",    "Casa de Bob-Ayuntamiento",  
  "Casa de Daria-Casa de Ernie",          "Casa de Daria-Ayuntamiento",  
  "Casa de Ernie-Casa de Grete",          "Casa de Grete-Granja",  
  "Casa de Grete-Tienda",                 "Mercado-Granja",  
  "Mercado-Oficina de Correos",           "Mercado-Tienda",  
  "Mercado-Ayuntamiento",                 "Tienda-Ayuntamiento"  
];
```



La red de caminos en el pueblo forma un *grafo*. Un grafo es una colección de puntos (lugares en el pueblo) con líneas entre ellos (caminos). Este grafo será el mundo por el que nuestro robot se movera.

El array de strings no es muy fácil de trabajar. En lo que estamos interesados es en los destinos a los que podemos llegar desde un lugar determinado. Vamos a convertir la lista de caminos en una estructura de datos que, para cada lugar, nos diga a donde se pueda llegar desde allí.

```
function construirGrafo(bordes) {
  let grafo = Object.create(null);
  function añadirBorde(desde, hasta) {
    if (grafo[desde] == null) {
      grafo[desde] = [hasta];
    } else {
      grafo[desde].push(hasta);
    }
  }
  for (let [desde, hasta] of bordes.map(c => c.split("-"))) {
    añadirBorde(desde, hasta);
    añadirBorde(hasta, desde);
  }
  return grafo;
}
```

```
const grafoCamino = construirGrafo(roads);
```

Dado un conjunto de bordes, `construirGrafo` crea un objeto de mapa que, para cada nodo, almacena un array de nodos conectados.

Utiliza el método `split` para ir de los strings de caminos, que tienen la forma "Comienzo-Final", a arrays de dos elementos que contienen el inicio y el final como strings separados.

LA TAREA

Nuestro robot se moverá por el pueblo. Hay paquetes en varios lugares, cada uno dirigido a otro lugar. El robot tomara paquetes cuando los encuentre y los entregara cuando llegue a sus destinos.

El autómatas debe decidir, en cada punto, a dónde ir después. Ha finalizado su tarea cuando se han entregado todos los paquetes.

Para poder simular este proceso, debemos definir un mundo virtual que pueda describirlo. Este modelo nos dice dónde está el robot y dónde están los paquetes. Cuando el robot ha decidido moverse a alguna parte, necesitamos actualizar el modelo para reflejar la nueva situación.

Si estás pensando en términos de programación orientada a objetos, tu primer impulso podría ser comenzar a definir objetos para los diversos elementos en el mundo. Una clase para el robot, una para un paquete, tal vez una para los lugares. Estas podrían tener propiedades que describen su estado actual, como la pila de paquetes en un lugar, que podríamos cambiar al actualizar el mundo.

Esto está mal.

Al menos, usualmente lo está. El hecho de que algo suena como un objeto no significa automáticamente que debe ser un objeto en tu programa. Escribir por reflejo las clases para cada concepto en tu aplicación tiende a dejarte con una colección de objetos interconectados donde cada uno tiene su propio estado interno y cambiante. Tales programas a menudo son difíciles de entender y, por lo tanto, fáciles de romper.

En lugar de eso, condensemos el estado del pueblo hasta el mínimo conjunto de valores que lo definan. Está la ubicación actual del robot y la colección de paquetes no entregados, cada uno de los cuales tiene una ubicación actual y una dirección de destino. Eso es todo.

Y mientras estamos en ello, hagámoslo de manera que no *cambiamos* este estado cuándo se mueva el robot, sino calcular un *nuevo* estado para la situación después del movimiento.

```
class EstadoPueblo {
    constructor(lugar, paquetes) {
        this.lugar = lugar;
        this.paquetes = paquetes;
    }
}
```

```

    mover(destino) {
      if (!grafoCamino[this.lugar].includes(destino)) {
        return this;
      } else {
        let paquetes = this.paquetes.map(p => {
          if (p.lugar !== this.lugar) return p;
          return {lugar: destino, direccion: p.direccion};
        }).filter(p => p.lugar !== p.direccion);
        return new EstadoPueblo(destino, paquetes);
      }
    }
  }
}

```

En el método `mover` es donde ocurre la acción. Este primero verifica si hay un camino que va del lugar actual al destino, y si no, retorna el estado anterior, ya que este no es un movimiento válido.

Luego crea un nuevo estado con el destino como el nuevo lugar del robot. Pero también necesita crear un nuevo conjunto de paquetes—los paquetes que el robot está llevando (que están en el lugar actual del robot) necesitan de moverse también al nuevo lugar. Y paquetes que están dirigidos al nuevo lugar donde deben de ser entregados—es decir, deben de eliminarse del conjunto de paquetes no entregados. La llamada a `map` se encarga de mover los paquetes, y la llamada a `filter` hace la entrega.

Los objetos de paquete no se modifican cuando se mueven, sino que se vuelven a crear. El método `movee` nos da un nuevo estado de aldea, pero deja el viejo completamente intacto

```

let primero = new EstadoPueblo(
  "Oficina de Correos",
  [{lugar: "Oficina de Correos", direccion: "Casa de Alicia"}]
);
let siguiente = primero.mover("Casa de Alicia");

console.log(siguiente.lugar);
// → Casa de Alicia
console.log(siguiente.parcelas);
// → []
console.log(primero.lugar);
// → Oficina de Correos

```

Mover hace que se entregue el paquete, y esto se refleja en el próximo estado. Pero el estado inicial todavía describe la situación donde el robot está en la oficina de correos y el paquete aun no ha sido entregado.

DATOS PERSISTENTES

Las estructuras de datos que no cambian se llaman *inmutables* o *persistentes*. Se comportan de manera muy similar a los strings y números en que son quienes son, y se quedan así, en lugar de contener diferentes cosas en diferentes momentos.

En JavaScript, casi todo *puede* ser cambiado, así que trabajar con valores que se supone que sean persistentes requieren cierta restricción. Hay una función llamada `Object.freeze` (“Objeto.congelar”) que cambia un objeto de manera que escribir en sus propiedades sea ignorado. Podrías usar eso para asegurarte de que tus objetos no cambien, si quieres ser cuidadoso. La congelación requiere que la computadora haga un trabajo extra e ignorar actualizaciones es probable que confunda a alguien tanto como para que hagan lo incorrecto. Por lo general, prefiero simplemente decirle a la gente que un determinado objeto no debe ser molestado, y espero que lo recuerden.

```
let objeto = Object.freeze({valor: 5});
objeto.valor = 10;
console.log(objeto.valor);
// → 5
```

Por qué me salgo de mi camino para no cambiar objetos cuando el lenguaje obviamente está esperando que lo haga?

Porque me ayuda a entender mis programas. Esto es acerca de manejar la complejidad nuevamente. Cuando los objetos en mi sistema son cosas fijas y estables, puedo considerar las operaciones en ellos de forma aislada—moverse a la casa de Alicia desde un estado de inicio siempre produce el mismo nuevo estado. Cuando los objetos cambian con el tiempo, eso agrega una dimensión completamente nueva de complejidad a este tipo de razonamiento.

Para un sistema pequeño como el que estamos construyendo en este capítulo, podríamos manejar ese poco de complejidad adicional. Pero el límite más importante sobre qué tipo de sistemas podemos construir es cuánto podemos entender. Cualquier cosa que haga que tu código sea más fácil de entender hace que sea posible construir un sistema más ambicioso.

Lamentablemente, aunque entender un sistema basado en estructuras de datos persistentes es más fácil, *diseñar* uno, especialmente cuando tu lenguaje de programación no ayuda, puede ser un poco más difícil. Buscaremos oportunidades para usar estructuras de datos persistentes en este libro, pero también utilizaremos las modificables.

SIMULACIÓN

Un robot de entregas mira al mundo y decide en qué dirección que quiere moverse. Como tal, podríamos decir que un robot es una función que toma un objeto `EstadoPueblo` y retorna el nombre de un lugar cercano.

Ya que queremos que los robots sean capaces de recordar cosas, para que puedan hacer y ejecutar planes, también les pasamos su memoria y les permitimos retornar una nueva memoria. Por lo tanto, lo que retorna un robot es un objeto que contiene tanto la dirección en la que quiere moverse como un valor de memoria que se le será regresado la próxima vez que se llame.

```
function correrRobot(estado, robot, memoria) {
  for (let turno = 0;; turno++) {
    if (estado.paquetes.length == 0) {
      console.log(`Listo en ${turno} turnos`);
      break;
    }
    let accion = robot(estado, memoria);
    estado = estado.mover(accion.direccion);
    memoria = accion.memoria;
    console.log(`Moverse a ${accion.direccion}`);
  }
}
```

Considera lo que un robot tiene que hacer para “resolver” un estado dado. Debe recoger todos los paquetes visitando cada ubicación que tenga un paquete, y entregarlos visitando cada lugar al que se dirige un paquete, pero solo después de recoger el paquete.

Cuál es la estrategia más estúpida que podría funcionar? El robot podría simplemente caminar hacia una dirección aleatoria en cada vuelta. Eso significa, con gran probabilidad, que eventualmente se encontrara con todos los paquetes, y luego también en algún momento llegara a todos los lugares donde estos deben ser entregados.

Aquí esta como se podría ver eso:

```
function eleccionAleatoria(array) {
  let eleccion = Math.floor(Math.random() * array.length);
  return array[eleccion];
}

function robotAleatorio(estado) {
  return {direccion: eleccionAleatoria(grafoCamino[estado.lugar])};
}
```

Recuerda que `Math.random ()` retorna un número entre cero y uno, pero siempre debajo de uno. Multiplicar dicho número por la longitud de un array y luego aplicarle `Math.floor` nos da un índice aleatorio para el array.

Como este robot no necesita recordar nada, ignora su segundo argumento (recuerda que puedes llamar a las funciones en JavaScript con argumentos adicionales sin efectos negativos) y omite la propiedad `memoria` en su objeto retornado.

Para poner en funcionamiento este sofisticado robot, primero necesitaremos una forma de crear un nuevo estado con algunos paquetes. Un método estático (escrito aquí al agregar directamente una propiedad al constructor) es un buen lugar para poner esa funcionalidad.

```
EstadoPueblo.aleatorio = function(numeroDePaquetes = 5) {
  let paquetes = [];
  for (let i = 0; i < numeroDePaquetes; i++) {
    let direccion = eleccionAleatoria(Object.keys(grafoCamino));
    let lugar;
    do {
      lugar = eleccionAleatoria(Object.keys(grafoCamino));
    } while (lugar == direccion);
    paquetes.push({lugar, direccion});
  }
  return new EstadoPueblo("Oficina de Correos", paquetes);
};
```

No queremos paquetes que sean enviados desde el mismo lugar al que están dirigidos. Por esta razón, el bucle `do` sigue seleccionando nuevos lugares cuando obtenga uno que sea igual a la dirección.

Comencemos un mundo virtual.

```
correrRobot(EstadoPueblo.aleatorio(), robotAleatorio);
// → Moverse a Mercado
// → Moverse a Ayuntamiento
// →...
// → Listo en 63 turnos
```

Le toma muchas vueltas al robot para entregar los paquetes, porque este no está planeando muy bien. Nos ocuparemos de eso pronto.

LA RUTA DEL CAMIÓN DE CORREOS

Deberíamos poder hacer algo mucho mejor que el robot aleatorio. Una mejora fácil sería tomar una pista de la forma en que como funciona la entrega de correos en el mundo real. Si encontramos una ruta que pasa por todos los lugares en el pueblo, el robot podría ejecutar esa ruta dos veces, y en ese punto esta garantizado que ha entregado todos los paquetes. Aquí hay una de esas rutas (comenzando desde la Oficina de Correos).

```
const rutaCorreo = [  
  "Casa de Alicia", "Cabaña", "Casa de Alicia", "Casa de Bob",  
  "Ayuntamiento", "Casa de Daria", "Casa de Ernie",  
  "GCasa de Grete", "Tienda", "Casa de Grete", "Granja",  
  "Mercado", "Oficina de Correos"  
];
```

Para implementar el robot que siga la ruta, necesitaremos hacer uso de la memoria del robot. El robot mantiene el resto de su ruta en su memoria y deja caer el primer elemento en cada vuelta.

```
function robotRuta(estado, memoria) {  
  if (memoria.length == 0) {  
    memoria = rutaCorreo;  
  }  
  return {direction: memoria[0], memoria: memoria.slice(1)};  
}
```

Este robot ya es mucho más rápido. Tomará un máximo de 26 turnos (dos veces la ruta de 13 pasos), pero generalmente serán menos.

BÚSQUEDA DE RUTAS

Aún así, realmente no llamaría seguir ciegamente una ruta fija comportamiento inteligente. El robot podría funcionar más eficientemente si ajustara su comportamiento al trabajo real que necesita hacerse.

Para hacer eso, tiene que ser capaz de avanzar deliberadamente hacia un determinado paquete, o hacia la ubicación donde se debe entregar un paquete. Al hacer eso, incluso cuando el objetivo esté a más de un movimiento de distancia, requiere algún tipo de función de búsqueda de ruta.

El problema de encontrar una ruta a través de un grafo es un típico *problema de búsqueda*. Podemos decir si una solución dada (una ruta) es una solución válida, pero no podemos calcular directamente la solución de la misma manera

que podríamos para $2 + 2$. En cambio, tenemos que seguir creando soluciones potenciales hasta que encontremos una que funcione.

El número de rutas posibles a través de un grafo es infinito. Pero cuando buscamos una ruta de A a B , solo estamos interesados en aquellas que comienzan en A . Tampoco nos importan las rutas que visitan el mismo lugar dos veces, definitivamente esa no es la ruta más eficiente en cualquier sitio. Entonces eso reduce la cantidad de rutas que el buscador de rutas tiene que considerar.

De hecho, estamos más interesados en la ruta *mas corta*. Entonces queremos asegurarnos de mirar las rutas cortas antes de mirar las más largas. Un buen enfoque sería “crecer” las rutas desde el punto de partida, explorando cada lugar accesible que aún no ha sido visitado, hasta que una ruta alcance la meta. De esa forma, solo exploraremos las rutas que son potencialmente interesantes, y encontremos la ruta más corta (o una de las rutas más cortas, si hay más de una) a la meta.

Aquí hay una función que hace esto:

```
function encontrarRuta(grafo, desde, hasta) {
  let trabajo = [{donde: desde, ruta: []}];
  for (let i = 0; i < trabajo.length; i++) {
    let {donde, ruta} = trabajo[i];
    for (let lugar of grafo[donde]) {
      if (lugar == hasta) return ruta.concat(lugar);
      if (!trabajo.some(w => w.donde == lugar)) {
        trabajo.push({donde: lugar, ruta: ruta.concat(lugar)});
      }
    }
  }
}
```

La exploración tiene que hacerse en el orden correcto—los lugares que fueron alcanzados primero deben ser explorados primero. No podemos explorar de inmediato un lugar apenas lo alcanzamos, porque eso significaría que los lugares alcanzados *desde allí* también se explorarían de inmediato, y así sucesivamente, incluso aunque puedan haber otros caminos más cortos que aún no han sido explorados.

Por lo tanto, la función mantiene una *lista de trabajo*. Esta es un array de lugares que deberían explorarse a continuación, junto con la ruta que nos llevó ahí. Esta comienza solo con la posición de inicio y una ruta vacía.

La búsqueda luego opera tomando el siguiente elemento en la lista y explorando eso, lo que significa que todos los caminos que van desde ese lugar son mirados. Si uno de ellos es el objetivo, una ruta final puede ser retornada. De lo contrario, si no hemos visto este lugar antes, un nuevo elemento se agrega a

la lista. Si lo hemos visto antes, ya que estamos buscando primero rutas cortas, hemos encontrado una ruta más larga a ese lugar o una precisamente tan larga como la existente, y no necesitamos explorarla.

Puedes imaginar esto visualmente como una red de rutas conocidas que se arrastran desde el lugar de inicio, creciendo uniformemente hacia todos los lados (pero nunca enredándose de vuelta a si misma). Tan pronto como el primer hilo llegue a la ubicación objetivo, ese hilo se remonta al comienzo, dándonos así nuestra ruta.

Nuestro código no maneja la situación donde no hay más elementos de trabajo en la lista de trabajo, porque sabemos que nuestro gráfico está *conectado*, lo que significa que se puede llegar a todos los lugares desde todos los otros lugares. Siempre podremos encontrar una ruta entre dos puntos, y la búsqueda no puede fallar.

```
function robotOrientadoAMetas({lugar, paquetes}, ruta) {
  if (ruta.length == 0) {
    let paquete = paquetes[0];
    if (paquete.lugar != lugar) {
      ruta = encontrarRuta(grafoCamino, lugar, paquete.lugar);
    } else {
      ruta = encontrarRuta(grafoCamino, lugar, paquete.direccion);
    }
  }
  return {direccion: ruta[0], memoria: ruta.slice(1)};
}
```

Este robot usa su valor de memoria como una lista de instrucciones para moverse, como el robot que sigue la ruta. Siempre que esa lista esté vacía, este tiene que descubrir qué hacer a continuación. Toma el primer paquete no entregado en el conjunto y, si ese paquete no se ha recogido aún, traza una ruta hacia el. Si el paquete *ha* sido recogido, todavía debe ser entregado, por lo que el robot crea una ruta hacia la dirección de entrega en su lugar.

Este robot generalmente termina la tarea de entregar 5 paquetes en 16 turnos aproximadamente. Un poco mejor que `robotRuta`, pero definitivamente no es óptimo.

EJERCICIOS

MIDIENDO UN ROBOT

Es difícil comparar objetivamente robots simplemente dejándolos resolver algunos escenarios. Tal vez un robot acaba de conseguir tareas más fáciles, o el tipo de tareas en las que es bueno, mientras que el otro no.

Escribe una función `compararRobots` que toma dos robots (y su memoria de inicio). Debe generar 100 tareas y dejar que cada uno de los robots resuelvan cada una de estas tareas. Cuando terminen, debería generar el promedio de pasos que cada robot tomó por tarea.

En favor de lo que es justo, asegúrate de la misma tarea a ambos robots, en lugar de generar diferentes tareas por robot.

EFICIENCIA DEL ROBOT

Puedes escribir un robot que termine la tarea de entrega más rápido que `robotOrientadoAMetas`? Si observas el comportamiento de ese robot, qué obviamente cosas estúpidas este hace? Cómo podrían mejorarse?

Si resolviste el ejercicio anterior, es posible que desees utilizar tu función `compararRobots` para verificar si has mejorado al robot.

CONJUNTO PERSISTENTE

La mayoría de las estructuras de datos proporcionadas en un entorno de JavaScript estándar no son muy adecuadas para usos persistentes. Los arrays tienen los métodos `slice` y `concat`, que nos permiten fácilmente crear nuevos arrays sin dañar al anterior. Pero `Set`, por ejemplo, no tiene métodos para crear un nuevo conjunto con un elemento agregado o eliminado.

Escribe una nueva clase `ConjuntoP`, similar a la clase `Conjunto` del [Capítulo 6](#), que almacena un conjunto de valores. Como `Grupo`, tiene métodos `añadir`, `eliminar`, y `tiene`.

Su método `añadir`, sin embargo, debería retornar una *nueva* instancia de `ConjuntoP` con el miembro dado agregado, y dejar la instancia anterior sin cambios. Del mismo modo, `eliminar` crea una nueva instancia sin un miembro dado.

La clase debería funcionar para valores de cualquier tipo, no solo strings. Esta *no* tiene que ser eficiente cuando se usa con grandes cantidades de valores.

El constructor no debería ser parte de la interfaz de la clase (aunque definitivamente querrás usarlo internamente). En cambio, allí hay una instancia vacía, `ConjuntoP.vacio`, que se puede usar como un valor de inicio.

Por qué solo necesitas un valor `ConjuntoP.vacio`, en lugar de tener una función que crea un nuevo mapa vacío cada vez?

“Arreglar errores es dos veces mas difícil que escribir el código en primer lugar. Por lo tanto, si escribes código de la manera más inteligente posible, eres, por definición, no lo suficientemente inteligente como para depurarlo.”

—Brian Kernighan and P.J. Plauger, *The Elements of Programming Style*

CHAPTER 8

BUGS Y ERRORES

Los defectos en los programas de computadora usualmente se llaman *bugs* (o “insectos”). Este nombre hace que los programadores se sientan bien al imaginarlos como pequeñas cosas que solo sucede se arrastran hacia nuestro trabajo. En la realidad, por supuesto, nosotros mismos los ponemos allí.

Si un programa es un pensamiento cristalizado, puedes categorizar en grandes rasgos a los bugs en aquellos causados al confundir los pensamientos, y los causados por cometer errores al convertir un pensamiento en código. El primer tipo es generalmente más difícil de diagnosticar y corregir que el último.

LENGUAJE

Muchos errores podrían ser señalados automáticamente por la computadora, si esta supiera lo suficiente sobre lo que estamos tratando de hacer. Pero aquí la soltura de JavaScript es un obstáculo. Su concepto de vinculaciones y propiedades es lo suficientemente vago que rara vez atraparé errores ortograficos antes de ejecutar el programa. E incluso entonces, te permite hacer algunas cosas claramente sin sentido, como calcular `true * "mono"`.

Hay algunas cosas de las que JavaScript se queja. Escribir un programa que no siga la gramática del lenguaje inmediatamente hara que la computadora se queje. Otras cosas, como llamar a algo que no sea una función o buscar una propiedad en un valor indefinido, causará un error que sera reportado cuando el programa intente realizar la acción.

Pero a menudo, tu cálculo sin sentido simplemente producirá NaN (no es un número) o un valor indefinido. Y el programa continuara felizmente, convencido de que está haciendo algo significativo. El error solo se manifestara más tarde, después de que el valor falso haya viajado a traves de varias funciones. Puede no desencadenar un error en absoluto, pero en silencio causara que la salida del programa sea incorrecta. Encontrar la fuente de tales problemas puede ser algo difícil.

El proceso de encontrar errores—bugs—en los programas se llama *depuración*.

MODULO ESTRUCTO

JavaScript se puede hacer un *poco* más estricto al habilitar el *modo estricto*. Esto se hace al poner el string "use strict" (“usar estricto”) en la parte superior de un archivo o cuerpo de función. Aquí hay un ejemplo:

```
function puedesDetectarElProblema() {  
  "use strict";  
  for (contador = 0; contador < 10; contador++) {  
    console.log("Feliz feliz");  
  }  
}  
  
puedesDetectarElProblema();  
// → ReferenceError: contador is not defined
```

Normalmente, cuando te olvidas de poner `let` delante de tu vinculación, como con `contador` en el ejemplo, JavaScript silenciosamente crea una vinculación global y utiliza eso. En el modo estricto, se reportara un error en su lugar. Esto es muy útil. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esto no funciona cuando la vinculación en cuestión ya existe como una vinculación global. En ese caso, el ciclo aún sobrescribirá silenciosamente el valor de la vinculación.

Otro cambio en el modo estricto es que la vinculación `this` contiene el valor `undefined` en funciones que no se llamen como métodos. Cuando se hace una llamada fuera del modo estricto, `this` se refiere al objeto del alcance global, que es un objeto cuyas propiedades son vinculaciones globales. Entonces, si llamas accidentalmente a un método o constructor incorrectamente en el modo estricto, JavaScript producirá un error tan pronto trate de leer algo de `this`, en lugar de escribirlo felizmente al alcance global.

Por ejemplo, considera el siguiente código, que llama una función constructora sin la palabra clave `new` de modo que su `this` *no* hara referencia a un objeto recién construido:

```
function Persona(nombre) { this.nombre = nombre; }  
let ferdinand = Persona("Ferdinand"); // oops  
console.log(nombre);  
// → Ferdinand
```

Así que la llamada fraudulenta a `Persona` tuvo éxito pero retorno un valor indefinido y creó la vinculación `nombre` global. En el modo estricto, el resultado es diferente.

```
"use strict";
function Persona(nombre) { this.nombre = nombre; }
let ferdinand = Persona("Ferdinand"); // olvide new
// → TypeError: Cannot set property 'nombre' of undefined
```

Se nos dice inmediatamente que algo está mal. Esto es útil.

Afortunadamente, los constructores creados con la notación `class` siempre se quejan si se llaman sin `new`, lo que hace que esto sea menos un problema incluso en el modo no-estricto.

El modo estricto hace algunas cosas más. No permite darle a una función múltiples parámetros con el mismo nombre y elimina ciertas características problemáticas del lenguaje por completo (como la declaración `with` (“con”), la cual esta tan mal, que no se discute en este libro).

En resumen, poner `"use strict"` en la parte superior de tu programa rara vez duele y puede ayudarte a detectar un problema.

TIPOS

Algunos lenguajes quieren saber los tipos de todas tus vinculaciones y expresiones incluso antes de ejecutar un programa. Estos te dirán de una vez cuando uses un tipo de una manera inconsistente. JavaScript solo considera a los tipos cuando ejecuta el programa, e incluso a menudo intentara convertir implícitamente los valores al tipo que espera, por lo que no es de mucha ayuda

Aún así, los tipos proporcionan un marco útil para hablar acerca de los programas. Muchos errores provienen de estar confundido acerca del tipo de valor que entra o sale de una función. Si tienes esa información anotada, es menos probable que te confundas.

Podrías agregar un comentario como arriba de la función `robotOrientadoAMetas` del último capítulo, para describir su tipo.

```
// (EstadoMundo, Array) → {direccion: string, memoria: Array}
function robotOrientadoAMetas(estado, memoria) {
  // ...
}
```

Hay varias convenciones diferentes para anotar programas de JavaScript con tipos.

Una cosa acerca de los tipos es que necesitan introducir su propia complejidad

para poder describir suficiente código como para poder ser útil. Cual crees que sería el tipo de la función `eleccionAleatoria` que retorna un elemento aleatorio de un array? Deberías introducir un *tipo variable*, T , que puede representar cualquier tipo, para que puedas darle a `eleccionAleatoria` un tipo como $([T]) \rightarrow T$ (función de un array de T s a a T).

Cuando se conocen los tipos de un programa, es posible que la computadora haga un *chequeo* por ti, señalando los errores antes de que el programa sea ejecutado. Hay varios dialectos de JavaScript que agregan tipos al lenguaje y los verifica. El más popular se llama TypeScript. Si estás interesado en agregarle más rigor a tus programas, te recomiendo que lo pruebes.

En este libro, continuaremos usando código en JavaScript crudo, peligroso y sin tipos.

PROBANDO

Si el lenguaje no va a hacer mucho para ayudarnos a encontrar errores, tendremos que encontrarlos de la manera difícil: ejecutando el programa y viendo si hace lo correcto.

Hacer esto a mano, una y otra vez, es una muy mala idea. No solo es molesto, también tiende a ser ineficaz, ya que lleva demasiado tiempo probar exhaustivamente todo cada vez que haces un cambio en tu programa.

Las computadoras son buenas para las tareas repetitivas, y las pruebas son las tareas repetitivas ideales. Las pruebas automatizadas es el proceso de escribir un programa que prueba otro programa. Escribir pruebas consiste en algo más de trabajo que probar manualmente, pero una vez que lo haz hecho, ganas un tipo de superpoder: solo te tomara unos segundos verificar que tu programa todavía se comporta correctamente en todas las situaciones para las que escribiste tu prueba. Cuando rompas algo, lo notarás inmediatamente, en lugar aleatoriamente encontrarte con el problema en algún momento posterior.

Las pruebas usualmente toman la forma de pequeños programas etiquetados que verifican algún aspecto de tu código. Por ejemplo, un conjunto de pruebas para el método (estándar, probablemente ya probado por otra persona) `toUpperCase` podría verse así:

```
function probar(etiqueta, cuerpo) {
  if (!cuerpo()) console.log(`Fallo: ${etiqueta}`);
}

probar("convertir texto Latino a mayúscula", () => {
  return "hola".toUpperCase() == "HOLA";
});
```



```

probar("convertir texto Griego a mayúsculas", () => {
  return "Χαίρετε".toUpperCase() == "ΧΑΙΡΕΤΕ";
});
probar("no convierte caracteres sin mayúsculas", () => {
  return "مرحبا".toUpperCase() == "مرحبا";
});

```

Escribir pruebas de esta manera tiende a producir código bastante repetitivo e incómodo. Afortunadamente, existen piezas de software que te ayudan a construir y ejecutar colecciones de pruebas (*suites de prueba*) al proporcionar un lenguaje (en forma de funciones y métodos) adecuado para expresar pruebas y obtener información informativa cuando una prueba falla. Estos generalmente se llaman *corredores de pruebas*.

Algunos programas son más fáciles de probar que otros programas. Por lo general, con cuantos más objetos externos interactúe el código, más difícil es establecer el contexto en el cual probarlo. El estilo de programación mostrado en el [capítulo anterior](#), que usa valores persistentes auto-contenidos en lugar de cambiar objetos, tiende a ser fácil de probar.

DEPURACIÓN

Una vez que notes que hay algo mal con tu programa porque se comporta mal o produce errores, el siguiente paso es descubrir *cual* es el problema.

A veces es obvio. El mensaje de error apuntará a una línea específica de tu programa, y si miras la descripción del error y esa línea de código, a menudo puedes ver el problema.

Pero no siempre. A veces, la línea que provocó el problema es simplemente el primer lugar en donde un valor extraño producido en otro lugar es usado de una manera inválida. Si has estado resolviendo los ejercicios en capítulos anteriores, probablemente ya habrás experimentado tales situaciones.

El siguiente programa de ejemplo intenta convertir un número entero a un string en una base dada (decimal, binario, etc.) al repetidamente seleccionar el último dígito y luego dividiendo el número para deshacerse de este dígito. Pero la extraña salida que produce sugiere que tiene un error.

```

function numeroAString(n, base = 10) {
  let resultado = "", signo = "";
  if (n < 0) {
    signo = "-";
    n = -n;
  }

```

```

    }
    do {
        resultado = String(n % base) + resultado;
        n /= base;
    } while (n > 0);
    return signo + resultado;
}
console.log(numeroAString(13, 10));
// → 1.5e-3231.3e-3221.3e-3211.3e-3201.3e-3191.3e...-3181.3

```

Incluso si ya ves el problema, finge por un momento que no lo has hecho. Sabemos que nuestro programa no funciona bien, y queremos encontrar por qué.

Aquí es donde debes resistir el impulso de comenzar a hacer cambios aleatorios en el código para ver si eso lo mejora. En cambio, *piensa*. Analiza lo que está sucediendo y piensa en una teoría de por qué podría ser sucediendo. Luego, haz observaciones adicionales para probar esta teoría—o si aún no tienes una teoría, haz observaciones adicionales para ayudarte a que se te ocurra una.

Poner algunas llamadas estratégicas a `console.log` en el programa es una buena forma de obtener información adicional sobre lo que está haciendo el programa. En este caso, queremos que `n` tome los valores 13, 1 y luego 0. Vamos a escribir su valor al comienzo del ciclo.

```

13
1.3
0.13
0.013...

1.5e-323

```

Exacto. Dividir 13 entre 10 no produce un número entero. En lugar de `n /= base`, lo que realmente queremos es `n = Math.floor(n / base)` para que el número sea correctamente “desplazado” hacia la derecha.

Una alternativa al uso de `console.log` para echarle un vistazo al comportamiento del programa es usar las capacidades del *depurador* de tu navegador. Los navegadores vienen con la capacidad de establecer un *punto de interrupción* en una línea específico de tu código. Cuando la ejecución del programa alcanza una línea con un punto de interrupción, este entra en pausa, y puedes inspeccionar los valores de las vinculaciones en ese punto. No entraré en detalles, ya que los depuradores difieren de navegador en navegador, pero mira las herramientas de desarrollador en tu navegador o busca en la Web para obtener

más información.

Otra forma de establecer un punto de interrupción es incluir una declaración `debugger` (que consiste simplemente de esa palabra clave) en tu programa. Si las herramientas de desarrollador en tu navegador están activas, el programa pausará cada vez que llegue a tal declaración.

PROPAGACIÓN DE ERRORES

Desafortunadamente, no todos los problemas pueden ser prevenidos por el programador. Si tu programa se comunica con el mundo exterior de alguna manera, es posible obtener una entrada malformada, sobrecargarse con el trabajo, o la red falle en la ejecución.

Si solo estás programando para ti mismo, puedes permitirte ignorar tales problemas hasta que estos ocurran. Pero si construyes algo que va a ser utilizado por cualquier otra persona, generalmente quieres que el programa haga algo mejor que solo estrellarse. A veces lo correcto es tomar la mala entrada en zancada y continuar corriendo. En otros casos, es mejor informar al usuario lo que salió mal y luego darse por vencido. Pero en cualquier situación, el programa tiene que hacer algo activamente en respuesta al problema.

Supongamos que tienes una función `pedirEntero` que le pide al usuario un número entero y lo retorna. Qué deberías retornar si la entrada por parte del usuario es “naranja”?

Una opción es hacer que retorne un valor especial. Opciones comunes para tales valores son `null`, `undefined`, o `-1`.

```
function pedirEntero(pregunta) {  
  let resultado = Number(prompt(pregunta));  
  if (Number.isNaN(resultado)) return null;  
  else return resultado;  
}  
  
console.log(pedirEntero("Cuantos arboles ves?"));
```

Ahora cualquier código que llame a `pedirEntero` debe verificar si un número real fue leído y, si eso falla, de alguna manera debe recuperarse—tal vez preguntando nuevamente o usando un valor predeterminado. O podría de nuevo retornar un valor especial a *su* llamada para indicar que no pudo hacer lo que se pidió.

En muchas situaciones, principalmente cuando los errores son comunes y la persona que llama debe tenerlos explícitamente en cuenta, retornar un valor especial es una buena forma de indicar un error. Sin embargo, esto tiene sus

desventajas. Primero, qué pasa si la función puede retornar cada tipo de valor posible? En tal función, tendrás que hacer algo como envolver el resultado en un objeto para poder distinguir el éxito del fracaso.

```
function ultimoElemento(array) {  
  if (array.length == 0) {  
    return {fallo: true};  
  } else {  
    return {elemento: array[array.length - 1]};  
  }  
}
```

El segundo problema con retornar valores especiales es que puede conducir a código muy incómodo. Si un fragmento de código llama a `pedirEntero` 10 veces, tiene que comprobar 10 veces si `null` fue retornado. Y si su respuesta a encontrar `null` es simplemente retornar `null` en sí mismo, los llamadores de esa función a su vez tendrán que verificarlo, y así sucesivamente.

EXCEPCIONES

Cuando una función no puede continuar normalmente, lo que nos *gustaría* hacer es simplemente detener lo que estamos haciendo e inmediatamente saltar a un lugar que sepa cómo manejar el problema. Esto es lo que el *manejo de excepciones* hace.

Las excepciones son un mecanismo que hace posible que el código que se encuentre con un problema *produzca* (o *lance*) una excepción. Una excepción puede ser cualquier valor. Producir una se asemeja a un retorno súper-cargado de una función: salta no solo de la función actual sino también fuera de sus llamadores, todo el camino hasta la primera llamada que comenzó la ejecución actual. Esto se llama *desenrollando la pila*. Puede que recuerdes que la pila de llamadas de función fue mencionada en el [Capítulo 3](#). Una excepción se aleja de esta pila, descartando todos los contextos de llamadas que encuentra.

Si las excepciones siempre se acercaran al final de la pila, estas no serían de mucha utilidad. Simplemente proporcionarían una nueva forma de explotar tu programa. Su poder reside en el hecho de que puedes establecer “obstáculos” a lo largo de la pila para *capturar* la excepción, cuando esta se dirige hacia abajo. Una vez que hayas capturado una excepción, puedes hacer algo con ella para abordar el problema y luego continuar ejecutando el programa.

Aquí hay un ejemplo:

```

function pedirDireccion(pregunta) {
  let resultado = prompt(pregunta);
  if (resultado.toLowerCase() == "izquierda") return "I";
  if (resultado.toLowerCase() == "derecha") return "D";
  throw new Error("Dirección invalida: " + resultado);
}

function mirar() {
  if (pedirDireccion("Hacia que dirección quieres ir?") == "I") {
    return "una casa";
  } else {
    return "dos osos furiosos";
  }
}

try {
  console.log("Tu ves", mirar());
} catch (error) {
  console.log("Algo incorrecto sucedio: " + error);
}

```

La palabra clave `throw` (“producir”) se usa para generar una excepción. La captura de una se hace al envolver un fragmento de código en un bloque `try` (“intentar”), seguido de la palabra clave `catch` (“atrapar”). Cuando el código en el bloque `try` cause una excepción para ser producida, se evalúa el bloque `catch`, con el nombre en paréntesis vinculado al valor de la excepción. Después de que el bloque `catch` finaliza, o si el bloque `try` finaliza sin problemas, el programa procede debajo de toda la declaración `try/catch`.

En este caso, usamos el constructor `Error` para crear nuestro valor de excepción. Este es un constructor (estándar) de JavaScript que crea un objeto con una propiedad `message` (“mensaje”). En la mayoría de los entornos de JavaScript, las instancias de este constructor también recopilan información sobre la pila de llamadas que existía cuando se creó la excepción, algo llamado *seguimiento de la pila*. Esta información se almacena en la propiedad `stack` (“pila”) y puede ser útil al intentar depurar un problema: esta nos dice la función donde ocurrió el problema y qué funciones realizaron la llamada fallida.

Ten en cuenta que la función `mirar` ignora por completo la posibilidad de que `pedirDireccion` podría salir mal. Esta es la gran ventaja de las excepciones: el código de manejo de errores es necesario solamente en el punto donde el error ocurre y en el punto donde se maneja. Las funciones en el medio puede olvidarse de todo.

Bueno, casi...

LIMPIANDO DESPUÉS DE EXCEPCIONES

El efecto de una excepción es otro tipo de flujo de control. Cada acción que podría causar una excepción, que es prácticamente cualquier llamada de función y acceso a propiedades, puede causar al control dejar tu código repentinamente.

Eso significa que cuando el código tiene varios efectos secundarios, incluso si parece que el flujo de control “regular” siempre sucederá, una excepción puede evitar que algunos de ellos sucedan.

Aquí hay un código bancario realmente malo.

```
const cuentas = {
  a: 100,
  b: 0,
  c: 20
};

function obtenerCuenta() {
  let nombreCuenta = prompt("Ingrese el nombre de la cuenta");
  if (!cuentas.hasOwnProperty(nombreCuenta)) {
    throw new Error(`La cuenta "${nombreCuenta}" no existe`);
  }
  return nombreCuenta;
}

function transferir(desde, cantidad) {
  if (cuentas[desde] < cantidad) return;
  cuentas[desde] -= cantidad;
  cuentas[obtenerCuenta()] += cantidad;
}
```

La función `transferir` transfiere una suma de dinero desde una determinada cuenta a otra, pidiendo el nombre de la otra cuenta en el proceso. Si se le da un nombre de cuenta no válido, `obtenerCuenta` arroja una excepción.

Pero `transferir` *primero* remueve el dinero de la cuenta, y *luego* llama a `obtenerCuenta` antes de añadirlo a la otra cuenta. Si esto es interrumpido por una excepción en ese momento, solo hará que el dinero desaparezca.

Ese código podría haber sido escrito de una manera un poco más inteligente, por ejemplo al llamar `obtenerCuenta` antes de que se comience a mover el dinero. Pero a menudo problemas como este ocurren de maneras más sutiles. Incluso funciones que no parece que lanzarán una excepción podría hacerlo en circunstancias excepcionales o cuando contienen un error de programador.

Una forma de abordar esto es usar menos efectos secundarios. De nuevo, un estilo de programación que calcula nuevos valores en lugar de cambiar los

datos existentes ayuda. Si un fragmento de código deja de ejecutarse en el medio de crear un nuevo valor, nadie ve el valor a medio terminar, y no hay ningún problema.

Pero eso no siempre es práctico. Entonces, hay otra característica que las declaraciones `try` tienen. Estas pueden ser seguidas por un bloque `finally` (“finalmente”) en lugar de o además de un bloque `catch`. Un bloque `finally` dice “no importa lo que pase, ejecuta este código después de intentar ejecutar el código en el bloque `try`.”

```
function transferir(desde, cantidad) {
  if (cuentas[desde] < cantidad) return;
  let progreso = 0;
  try {
    cuentas[desde] -= cantidad;
    progreso = 1;
    cuentas[obtenerCuenta()] += cantidad;
    progreso = 2;
  } finally {
    if (progreso == 1) {
      cuentas[desde] += cantidad;
    }
  }
}
```

Esta versión de la función rastrea su progreso, y si, cuando este terminando, se da cuenta de que fue abortada en un punto donde había creado un estado de programa inconsistente, repara el daño que hizo.

Ten en cuenta que, aunque el código `finally` se ejecuta cuando una excepción deja el bloque `try`, no interfiere con la excepción. Después de que se ejecuta el bloque `finally`, la pila continúa desenrollándose.

Escribir programas que funcionan de manera confiable incluso cuando aparecen excepciones en lugares inesperados es muy difícil. Muchas personas simplemente no se molestan, y porque las excepciones suelen reservarse para circunstancias excepcionales, el problema puede ocurrir tan raramente que nunca siquiera es notado. Si eso es algo bueno o algo realmente malo depende de cuánto daño hará el software cuando falle.

CAPTURA SELECTIVA

Cuando una excepción llega hasta el final de la pila sin ser capturada, esta es manejada por el entorno. Lo que esto significa difiere entre los entornos. En los navegadores, una descripción del error generalmente será escrita en la con-

sola de JavaScript (accesible a través de las herramientas de desarrollador del navegador). Node.js, el entorno de JavaScript sin navegador que discutiremos en el [Capítulo 20](#), es más cuidadoso con la corrupción de datos. Aborta todo el proceso cuando ocurre una excepción no manejada.

Para los errores de programador, solo dejar pasar al error es a menudo lo mejor que puedes hacer. Una excepción no manejada es una forma razonable de señalar un programa roto, y la consola de JavaScript, en los navegadores moderno, te proporcionan cierta información acerca de qué llamadas de función estaban en la pila cuando ocurrió el problema.

Para problemas que se *espera* que sucedan durante el uso rutinario, estrellarse con una excepción no manejada es una estrategia terrible.

Usos inválidos del lenguaje, como hacer referencia a vinculaciones inexistentes, buscar una propiedad en `null`, o llamar a algo que no sea una función, también dará como resultado que se levanten excepciones. Tales excepciones también pueden ser atrapadas.

Cuando se ingresa en un cuerpo `catch`, todo lo que sabemos es que *algo* en nuestro cuerpo `try` provocó una excepción. Pero no sabemos *que*, o *cual* excepción este causó.

JavaScript (en una omisión bastante evidente) no proporciona soporte directo para la captura selectiva de excepciones: o las atrapas todas o no atrapas nada. Esto hace que sea tentador *asumir* que la excepción que obtienes es en la que estabas pensando cuando escribiste el bloque `catch`.

Pero puede que no. Alguna otra suposición podría ser violada, o es posible que hayas introducido un error que está causando una excepción. Aquí está un ejemplo que *intenta* seguir llamando `pedirDireccion` hasta que obtenga una respuesta válida:

```
for (;;) {
  try {
    let direccion = pedirDireccion("Donde?"); // ← error tipografico!
    console.log("Tu elegiste ", direccion);
    break;
  } catch (e) {
    console.log ("No es una dirección válida. Inténtalo de nuevo");
  }
}
```

El constructo `for (;;)` es una forma de crear intencionalmente un ciclo que no termine por si mismo. Salimos del ciclo solamente una cuando dirección válida sea dada. *Pero* escribimos mal `pedirDireccion`, lo que dará como resultado un error de “variable indefinida”. Ya que el bloque `catch` ignora por

completo su valor de excepción (e), suponiendo que sabe cuál es el problema, trata erróneamente al error de vinculación como indicador de una mala entrada. Esto no solo causa un ciclo infinito, también “entierra” el útil mensaje de error acerca de la vinculación mal escrita.

Como regla general, no incluyas excepciones a menos de que sean con el propósito de “enrutarlas” hacia alguna parte—por ejemplo, a través de la red para decirle a otro sistema que nuestro programa se bloqueó. E incluso entonces, piensa cuidadosamente sobre cómo podrias estar ocultando información.

Por lo tanto, queremos detectar un tipo de excepción *específico*. Podemos hacer esto al revisar el bloque `catch` si la excepción que tenemos es en la que estamos interesados y relanzar de otra manera. Pero como hacemos para reconocer una excepción?

Podríamos comparar su propiedad `message` con el mensaje de error que sucede estamos esperando. Pero esa es una forma inestable de escribir código—estaríamos utilizando información destinada al consumo humano (el mensaje) para tomar una decisión programática. Tan pronto como alguien cambie (o traduzca) el mensaje, el código dejaría de funcionar.

En vez de esto, definamos un nuevo tipo de error y usemos `instanceof` para identificarlo.

```
class ErrorDeEntrada extends Error {}

function pedirDireccion(pregunta) {
  let resultado = prompt(pregunta);
  if (resultado.toLowerCase() == "izquierda") return "I";
  if (resultado.toLowerCase() == "derecha") return "D";
  throw new ErrorDeEntrada("Direccion invalida: " + resultado);
}
```

La nueva clase de error extiende `Error`. No define su propio constructor, lo que significa que hereda el constructor `Error`, que espera un mensaje de string como argumento. De hecho, no define nada—la clase está vacía. Los objetos `ErrorDeEntrada` se comportan como objetos `Error`, excepto que tienen una clase diferente por la cual podemos reconocerlos.

Ahora el ciclo puede atraparlos con mas cuidado.

```
for (;;) {
  try {
    let direccion = pedirDireccion("Donde?");
    console.log("Tu eliges ", direccion);
```

```

        break;
    } catch (e) {
        if (e instanceof ErrorDeEntrada) {
            console.log ("No es una dirección válida. Inténtalo de nuevo")
            ;
        } else {
            throw e;
        }
    }
}
}

```

Esto capturará solo las instancias de **error** y dejará que las excepciones no relacionadas pasen a través. Si reintroduce el error tipográfico, el error de la vinculación indefinida será reportado correctamente.

AFIRMACIONES

Las *afirmaciones* son comprobaciones dentro de un programa que verifican que algo este en la forma en la que se supone que debe estar. Se usan no para manejar situaciones que puedan aparecer en el funcionamiento normal, pero para encontrar errores hechos por el programador.

Si, por ejemplo, `primerElemento` se describe como una función que nunca se debería invocar en arrays vacíos, podríamos escribirla así:

```

function primerElemento(array) {
    if (array.length == 0) {
        throw new Error("primerElemento llamado con []");
    }
    return array[0];
}

```

Ahora, en lugar de silenciosamente retornar `undefined` (que es lo que obtienes cuando lees una propiedad de array que no existe), esto explotará fuertemente tu programa tan pronto como lo uses mal. Esto hace que sea menos probable que tales errores pasen desapercibidos, y sea más fácil encontrar su causa cuando estos ocurran.

No recomiendo tratar de escribir afirmaciones para todos los tipos posibles de entradas erróneas. Eso sería mucho trabajo y llevaría a código muy ruidoso. Querrás reservarlas para errores que son fáciles de hacer (o que te encuentras haciendo constantemente).

RESUMEN

Los errores y las malas entradas son hechos de la vida. Una parte importante de la programación es encontrar, diagnosticar y corregir errores. Los problemas pueden ser más fáciles de notar si tienes un conjunto de pruebas automatizadas o si agregas afirmaciones a tus programas.

Por lo general, los problemas causados por factores fuera del control del programa deberían ser manejados con gracia. A veces, cuando el problema pueda ser manejado localmente, los valores de devolución especiales son una buena forma de rastrearlos. De lo contrario, las excepciones pueden ser preferibles.

Al lanzar una excepción, se desenrolla la pila de llamadas hasta el próximo bloque `try/catch` o hasta el final de la pila. Se le dará el valor de excepción al bloque `catch` que lo atrape, que debería verificar que en realidad es el tipo esperado de excepción y luego hacer algo con eso. Para ayudar a controlar el impredecible flujo de control causado por las excepciones, los bloques `finally` se pueden usar para asegurarte de que una parte del código *siempre* se ejecute cuando un bloque termina.

EJERCICIOS

REINTENTAR

Digamos que tienes una función `multiplicacionPrimitiva` que, en el 20 por ciento de los casos, multiplica dos números, y en el otro 80 por ciento, genera una excepción del tipo `FalloUnidadMultiplicadora`. Escribe una función que envuelva esta torpe función y solo siga intentando hasta que una llamada tenga éxito, después de lo cual retorna el resultado.

Asegúrete de solo manejar las excepciones que estás tratando de manejar.

LA CAJA BLOQUEADA

Considera el siguiente objeto (bastante artificial):

```
const caja = {
  bloqueada: true,
  desbloquear() { this.bloqueada = false; },
  bloquear() { this.bloqueada = true; },
  _contenido: [],
  get contenido() {
    if (this.bloqueada) throw new Error("Bloqueada!");
    return this._contenido;
  }
}
```

```
};
```

Es solo una caja con una cerradura. Hay un array en la caja, pero solo puedes accederlo cuando la caja esté desbloqueada. Acceder directamente a la propiedad privada `_contenido` está prohibido.

Escribe una función llamada `conCajaDesbloqueada` que toma un valor de función como su argumento, desbloquea la caja, ejecuta la función y luego se asegura de que la caja se bloquee nuevamente antes de retornar, independientemente de si la función argumento retorna normalmente o lanza una excepción.

“Algunas personas, cuando confrontadas con un problema, piensan ‘Ya sé, usaré expresiones regulares.’ Ahora tienen dos problemas.”

—Jamie Zawinski

CHAPTER 9

EXPRESIONES REGULARES

Las herramientas y técnicas de la programación sobreviven y se propagan de una forma caótica y evolutiva. No siempre son las bonitas o las brillantes las que ganan, sino más bien las que funcionan lo suficientemente bien dentro del nicho correcto o que sucede se integran con otra pieza exitosa de tecnología.

En este capítulo, discutiré una de esas herramientas, *expresiones regulares*. Las expresiones regulares son una forma de describir patrones en datos de tipo string. Estas forman un lenguaje pequeño e independiente que es parte de JavaScript y de muchos otros lenguajes y sistemas.

Las expresiones regulares son terriblemente incómodas y extremadamente útiles. Su sintaxis es críptica, y la interfaz de programación que JavaScript proporciona para ellas es torpe. Pero son una poderosa herramienta para inspeccionar y procesar cadenas. Entender apropiadamente a las expresiones regulares te hará un programador más efectivo.

CREANDO UNA EXPRESIÓN REGULAR

Una expresión regular es un tipo de objeto. Puede ser construido con el constructor `RegExp` o escrito como un valor literal al envolver un patrón en caracteres de barras diagonales (`/`).

```
let re1 = new RegExp("abc");  
let re2 = /abc/;
```

Ambos objetos de expresión regular representan el mismo patrón: un carácter *a* seguido por una *b* seguida de una *c*.

Cuando se usa el constructor `RegExp`, el patrón se escribe como un string normal, por lo que las reglas habituales se aplican a las barras invertidas.

La segunda notación, donde el patrón aparece entre caracteres de barras diagonales, trata a las barras invertidas de una forma diferente. Primero, dado que una barra diagonal termina el patrón, tenemos que poner una barra invertida antes de cualquier barra diagonal que queremos sea *parte* del patrón.

En adición, las barras invertidas que no sean parte de códigos especiales de caracteres (como `\n`) serán *preservadas*, en lugar de ignoradas, ya que están en strings, y cambian el significado del patrón. Algunos caracteres, como los signos de interrogación pregunta y los signos de adición, tienen significados especiales en las expresiones regulares y deben ir precedidos por una barra inversa si se pretende que representen al caracter en sí mismo.

```
let dieciochoMas = /dieciocho\+/;
```

PROBANDO POR COINCIDENCIAS

Los objetos de expresión regular tienen varios métodos. El más simple es `test` (“probar”). Si le pasas un string, retornar un Booleano diciéndote si el string contiene una coincidencia del patrón en la expresión.

```
console.log(/abc/.test("abcde"));  
// → true  
console.log(/abc/.test("abxde"));  
// → false
```

Una expresión regular que consista solamente de caracteres no especiales simplemente representara esa secuencia de caracteres. Si *abc* ocurre en cualquier parte del string con la que estamos probando (no solo al comienzo), `test` retornara `true`.

CONJUNTOS DE CARACTERES

Averiguar si un string contiene *abc* bien podría hacerse con una llamada a `indexOf`. Las expresiones regulares nos permiten expresar patrones más complicados.

Digamos que queremos encontrar cualquier número. En una expresión regular, poner un conjunto de caracteres entre corchetes hace que esa parte de la expresión coincida con cualquiera de los caracteres entre los corchetes.

Ambas expresiones coincidirán con todas los strings que contengan un dígito:

```
console.log(/[0123456789]/.test("en 1992"));  
// → true  
console.log(/[0-9]/.test("en 1992"));  
// → true
```

Dentro de los corchetes, un guion (-) entre dos caracteres puede ser utilizado para indicar un rango de caracteres, donde el orden es determinado por el número Unicode del carácter. Los caracteres 0 a 9 están uno al lado del otro en este orden (códigos 48 a 57), por lo que [0-9] los cubre a todos y coincide con cualquier dígito.

Un número de caracteres comunes tienen sus propios atajos incorporados. Los dígitos son uno de ellos: \d significa lo mismo que [0-9].

\d Cualquier carácter dígito

\w Un carácter alfanumérico

\s Cualquier carácter de espacio en blanco (espacio, tabulación, nueva línea y similar)

\D Un carácter que *no* es un dígito

\W Un carácter no alfanumérico

\S Un carácter que no es un espacio en blanco

. Cualquier carácter a excepción de una nueva línea

Por lo que podrías coincidir con un formato de fecha y hora como 30-01-2003 15:20 con la siguiente expresión:

```
let fechaHora = /\d\d-\d\d-\d\d\d\d \d\d:\d\d/;
console.log(fechaHora.test("30-01-2003 15:20"));
// → true
console.log(fechaHora.test("30-jan-2003 15:20"));
// → false
```

Eso se ve completamente horrible, ¿no? La mitad de la expresión son barras invertidas, produciendo un ruido de fondo que hace que sea difícil detectar el patrón real que queremos expresar. Veremos una versión ligeramente mejorada de esta expresión [más tarde](#).

Estos códigos de barra invertida también pueden usarse dentro de corchetes. Por ejemplo, [\d.] representa cualquier dígito o un carácter de punto. Pero el punto en sí mismo, entre corchetes, pierde su significado especial. Lo mismo va para otros caracteres especiales, como +.

Para *invertir* un conjunto de caracteres, es decir, para expresar que deseas coincidir con cualquier carácter *excepto* con los que están en el conjunto—puedes escribir un carácter de intercalación (^) después del corchete de apertura.

```
let noBinario = /^[^01]/;
console.log(noBinario.test("1100100010100110"));
// → false
console.log(noBinario.test("1100100010200110"));
// → true
```

REPITIENDO PARTES DE UN PATRÓN

Ya sabemos cómo hacer coincidir un solo dígito. Qué pasa si queremos hacer coincidir un número completo—una secuencia de uno o más dígitos?

Cuando pones un signo más (+) después de algo en una expresión regular, este indica que el elemento puede repetirse más de una vez. Por lo tanto, `/\d+/` coincide con uno o más caracteres de dígitos.

```
console.log(/\d+/.test("'123'"));  
// → true  
console.log(/\d+/.test(''));  
// → false  
console.log(/\d*/.test("'123'"));  
// → true  
console.log(/\d*/.test(''));  
// → true
```

La estrella (*) tiene un significado similar pero también permite que el patrón coincida cero veces. Algo con una estrella después de el nunca evitara un patrón de coincidirlo—este solo coincidirá con cero instancias si no puede encontrar ningún texto adecuado para coincidir.

Un signo de interrogación hace que alguna parte de un patrón sea *opcional*, lo que significa que puede ocurrir cero o mas veces. En el siguiente ejemplo, el carácter *h* está permitido, pero el patrón también retorna verdadero cuando esta letra no esta.

```
let reusar = /reh?usar/;  
console.log(reusar.test("rehusar"));  
// → true  
console.log(reusar.test("reusar"));  
// → true
```

Para indicar que un patrón debería ocurrir un número preciso de veces, usa llaves. Por ejemplo, al poner `{4}` después de un elemento, hace que requiera que este ocurra exactamente cuatro veces. También es posible especificar un rango de esta manera: `{2,4}` significa que el elemento debe ocurrir al menos dos veces y como máximo cuatro veces.

Aquí hay otra versión del patrón fecha y hora que permite días tanto en dígitos individuales como dobles, meses y horas. Es también un poco más fácil de descifrar.

```
let fechaHora = /\d{1,2}-\d{1,2}-\d{4} \d{1,2}:\d{2}/;
```



```
console.log(fechaHora.test("30-1-2003 8:45"));  
// → true
```

También puedes especificar rangos de final abierto al usar llaves omitiendo el número después de la coma. Entonces, {5,} significa cinco o más veces.

AGRUPANDO SUBEXPRESIONES

Para usar un operador como * o + en más de un elemento a la vez, tienes que usar paréntesis. Una parte de una expresión regular que se encierre entre paréntesis cuenta como un elemento único en cuanto a los operadores que la siguen están preocupados.

```
let caricaturaLlorando = /boo+(hoo+)+/i;  
console.log(caricaturaLlorando.test("Boohooooohooohoo"));  
// → true
```

El primer y segundo caracter + aplican solo a la segunda *o* en *boo* y *hoo*, respectivamente. El tercer + se aplica a la totalidad del grupo (hoo+), haciendo coincidir una o más secuencias como esa.

La *i* al final de la expresión en el ejemplo hace que esta expresión regular sea insensible a mayúsculas y minúsculas, lo que permite que coincida con la letra mayúscula *B* en el string que se le da de entrada, así el patrón en sí mismo este en minúsculas.

COINCIDENCIAS Y GRUPOS

El método `test` es la forma más simple de hacer coincidir una expresión. Solo te dice si coincide y nada más. Las expresiones regulares también tienen un método `exec` (“ejecutar”) que retorna `null` si no se encontró una coincidencia y retorna un objeto con información sobre la coincidencia de lo contrario.

```
let coincidencia = /\d+/.exec("uno dos 100");  
console.log(coincidencia);  
// → ["100"]  
console.log(coincidencia.index);  
// → 8
```

Un objeto retornado por `exec` tiene una propiedad `index` (“índice”) que nos dice *donde* en el string comienza la coincidencia exitosa. Aparte de eso, el

objeto parece (y de hecho es) un array de strings, cuyo primer elemento es el string que coincidió—en el ejemplo anterior, esta es la secuencia de dígitos que estábamos buscando.

Los valores de tipo string tienen un método `match` que se comporta de manera similar.

```
console.log("uno dos 100".match(/\d+/));  
// → ["100"]
```

Cuando la expresión regular contenga subexpresiones agrupadas con paréntesis, el texto que coincida con esos grupos también aparecerá en el array. La coincidencia completa es siempre el primer elemento. El siguiente elemento es la parte que coincidió con el primer grupo (el que abre paréntesis primero en la expresión), luego el segundo grupo, y así sucesivamente.

```
let textoCitado = /'([^']*)*'/;  
console.log(textoCitado.exec("ella dijo 'hola'"));  
// → ["'hola'", "hola"]
```

Cuando un grupo no termina siendo emparejado en absoluto (por ejemplo, cuando es seguido de un signo de interrogación), su posición en el array de salida será `undefined`. Del mismo modo, cuando un grupo coincida múltiples veces, solo la última coincidencia termina en el array.

```
console.log(/mal(isimo)?/.exec("mal"));  
// → ["mal", undefined]  
console.log(/(\d)+/.exec("123"));  
// → ["123", "3"]
```

Los grupos pueden ser útiles para extraer partes de un string. Si no solo queremos verificar si un string contiene una fecha pero también extraerla y construir un objeto que la represente, podemos envolver paréntesis alrededor de los patrones de dígitos y tomar directamente la fecha del resultado de `exec`.

Pero primero, un breve desvío, en el que discutiremos la forma incorporada de representar valores de fecha y hora en JavaScript.

LA CLASE DATE (``FECHA'')

JavaScript tiene una clase estándar para representar fechas—o mejor dicho, puntos en el tiempo. Se llama `Date`. Si simplemente creas un objeto fecha

usando `new`, obtienes la fecha y hora actual.

```
console.log(new Date());  
// → Mon Nov 13 2017 16:19:11 GMT+0100 (CET)
```

También puedes crear un objeto para un tiempo específico.

```
console.log(new Date(2009, 11, 9));  
// → Wed Dec 09 2009 00:00:00 GMT+0100 (CET)  
console.log(new Date(2009, 11, 9, 12, 59, 59, 999));  
// → Wed Dec 09 2009 12:59:59 GMT+0100 (CET)
```

JavaScript usa una convención en donde los números de los meses comienzan en cero (por lo que Diciembre es 11), sin embargo, los números de los días comienzan en uno. Esto es confuso y tonto. Ten cuidado.

Los últimos cuatro argumentos (horas, minutos, segundos y milisegundos) son opcionales y se toman como cero cuando no se dan.

Las marcas de tiempo se almacenan como la cantidad de milisegundos desde el inicio de 1970, en la zona horaria UTC. Esto sigue una convención establecida por el “Tiempo Unix”, el cual se inventó en ese momento. Puedes usar números negativos para los tiempos anteriores a 1970. Usar el método `getTime` (“obtenerTiempo”) en un objeto fecha retorna este número. Es bastante grande, como te puedes imaginar.

```
console.log(new Date(2013, 11, 19).getTime());  
// → 1387407600000  
console.log(new Date(1387407600000));  
// → Thu Dec 19 2013 00:00:00 GMT+0100 (CET)
```

Si le das al constructor `Date` un único argumento, ese argumento será tratado como un conteo de milisegundos. Puedes obtener el recuento de milisegundos actual creando un nuevo objeto `Date` y llamando `getTime` en él o llamando a la función `Date.now`.

Los objetos de fecha proporcionan métodos como `getFullYear` (“obtenerAño-Completo”), `getMonth` (“obtenerMes”), `getDate` (“obtenerFecha”), `getHours` (“obtenerHoras”), `getMinutes` (“obtenerMinutos”), y `getSeconds` (“obtenerSegundos”) para extraer sus componentes. Además de `getFullYear`, también existe `getYear` (“obtenerAño”), que te da como resultado un valor de año de dos dígitos bastante inútil (como 93 o 14).

Al poner paréntesis alrededor de las partes de la expresión en las que estamos

interesados, ahora podemos crear un objeto de fecha a partir de un string.

```
function obtenerFecha(string) {  
  let [_ , dia, mes, año] =  
    /(\d{1,2})-(\d{1,2})-(\d{4})/.exec(string);  
  return new Date(año, mes - 1, dia);  
}  
console.log(obtenerFecha("30-1-2003"));  
// → Thu Jan 30 2003 00:00:00 GMT+0100 (CET)
```

La vinculación `_` (guion bajo) es ignorada, y solo se usa para omitir el elemento de coincidencia completa en el array retornado por `exec`.

PALABRA Y LÍMITES DE STRING

Desafortunadamente, `obtenerFecha` felizmente también extraerá la absurda fecha 00-1-3000 del string `"100-1-30000"`. Una coincidencia puede suceder en cualquier lugar del string, por lo que en este caso, esta simplemente comenzará en el segundo carácter y terminará en el penúltimo carácter.

Si queremos hacer cumplir que la coincidencia deba abarcar el string completamente, puedes agregar los marcadores `^` y `$`. El signo de intercalación (`"^"`) coincide con el inicio del string de entrada, mientras que el signo de dólar coincide con el final. Entonces, `/^d+$/` coincide con un string compuesto por uno o más dígitos, `/^!/` coincide con cualquier string que comience con un signo de exclamación, y `/x^/` no coincide con ningún string (no puede haber una *x* antes del inicio del string).

Si, por el otro lado, solo queremos asegurarnos de que la fecha comience y termina en un límite de palabras, podemos usar el marcador `\b`. Un límite de palabra puede ser el inicio o el final del string o cualquier punto en el string que tenga un carácter de palabra (como en `\w`) en un lado y un carácter de no-palabra en el otro.

```
console.log(/cat/.test("concatenar"));  
// → true  
console.log(/\bcat\b/.test("concatenar"));  
// → false
```

Ten en cuenta que un marcador de límite no coincide con un carácter real. Solo hace cumplir que la expresión regular coincida solo cuando una cierta condición se mantenga en el lugar donde aparece en el patrón.

PATRONES DE ELECCIÓN

Digamos que queremos saber si una parte del texto contiene no solo un número pero un número seguido de una de las palabras *cerdo*, *vaca*, o *pollo*, o cualquiera de sus formas plurales.

Podríamos escribir tres expresiones regulares y probarlas a su vez, pero hay una manera más agradable. El carácter de tubería (`|`) denota una elección entre el patrón a su izquierda y el patrón a su derecha. Entonces puedo decir esto:

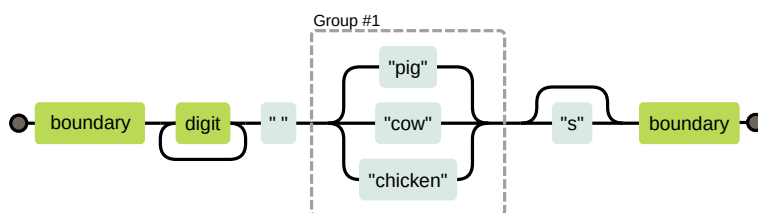
```
let conteoAnimales = /\b\d+ (cerdo|vaca|pollo)s?\b/;
console.log(conteoAnimales.test("15 cerdo"));
// → true
console.log(conteoAnimales.test("15 cerdopollos"));
// → false
```

Los paréntesis se pueden usar para limitar la parte del patrón a la que aplica el operador de tubería, y puedes poner varios de estos operadores unos a los lados de los otros para expresar una elección entre más de dos alternativas.

LAS MECÁNICAS DEL EMPAREJAMIENTO

Conceptualmente, cuando usas `exec` o `test` el motor de la expresión regular busca una coincidencia en tu string al tratar de hacer coincidir la expresión primero desde el comienzo del string, luego desde el segundo carácter, y así sucesivamente hasta que encuentra una coincidencia o llega al final del string. Retornara la primera coincidencia que se puede encontrar o fallara en encontrar cualquier coincidencia.

Para realmente hacer la coincidencia, el motor trata una expresión regular algo así como un diagrama de flujo. Este es el diagrama para la expresión de ganado en el ejemplo anterior:



Nuestra expresión coincide si podemos encontrar un camino desde el lado izquierdo del diagrama al lado derecho. Mantenemos una posición actual en el

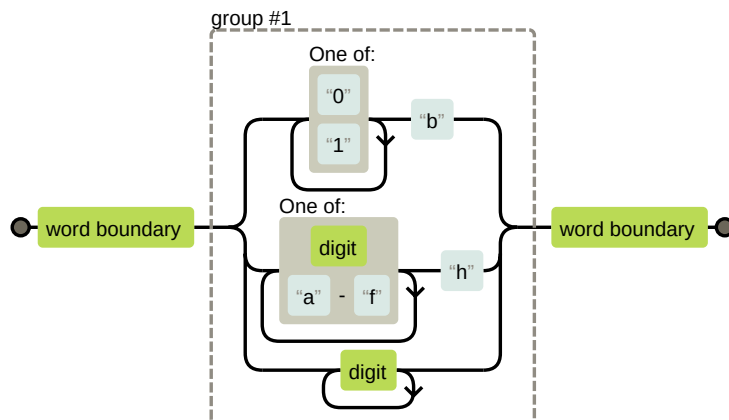
string, y cada vez que nos movemos a través de una caja, verificaremos que la parte del string después de nuestra posición actual coincida con esa caja.

Entonces, si tratamos de coincidir "los 3 cerdos" desde la posición 4, nuestro progreso a través del diagrama de flujo se vería así:

- En la posición 4, hay un límite de palabra, por lo que podemos pasar la primera caja.
- Aún en la posición 4, encontramos un dígito, por lo que también podemos pasar la segunda caja.
- En la posición 5, una ruta regresa a antes de la segunda caja (dígito), mientras que la otra se mueve hacia adelante a través de la caja que contiene un carácter de espacio simple. Hay un espacio aquí, no un dígito, así que debemos tomar el segundo camino.
- Ahora estamos en la posición 6 (el comienzo de "cerdos") y en el camino de tres vías en el diagrama. No vemos "vaca" o "pollo" aquí, pero vemos "cerdo", entonces tomamos esa rama.
- En la posición 9, después de la rama de tres vías, un camino se salta la caja *s* y va directamente al límite de la palabra final, mientras que la otra ruta coincide con una *s*. Aquí hay un carácter *s*, no una palabra límite, por lo que pasamos por la caja *s*.
- Estamos en la posición 10 (al final del string) y solo podemos hacer coincidir una palabra límite. El final de un string cuenta como un límite de palabra, así que pasamos por la última caja y hemos emparejado con éxito este string.

RETROCEDIENDO

La expresión regular `/\b([01]+b|[\da-f]+h|\d+)\b/` coincide con un número binario seguido de una *b*, un número hexadecimal (es decir, en base 16, con las letras *a* a *f* representando los dígitos 10 a 15) seguido de una *h*, o un número decimal regular sin carácter de sufijo. Este es el diagrama correspondiente:



Al hacer coincidir esta expresión, a menudo sucederá que la rama superior (binaria) sea ingresada aunque la entrada en realidad no contenga un número binario. Al hacer coincidir el string "103", por ejemplo, queda claro solo en el 3 que estamos en la rama equivocada. El string *si* coincide con la expresión, pero no con la rama en la que nos encontramos actualmente.

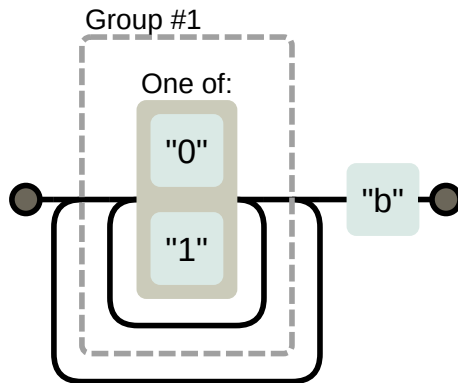
Entonces el “emparejador” *retrocede*. Al ingresar a una rama, este recuerda su posición actual (en este caso, al comienzo del string, justo después del primer cuadro de límite en el diagrama) para que pueda retroceder e intentar otra rama si la actual no funciona. Para el string "103", después de encontrar los 3 caracteres, comenzará a probar la rama para números hexadecimales, que falla nuevamente porque no hay *h* después del número. Por lo tanto, intenta con la rama de número decimal. Esta encaja, y se informa de una coincidencia después de todo.

El emparejador se detiene tan pronto como encuentra una coincidencia completa. Esto significa que si múltiples ramas podrían coincidir con un string, solo la primera (ordenado por donde las ramas aparecen en la expresión regular) es usada.

El retroceso también ocurre para repetición de operadores como $+$ y $*$. Si hace coincidir $/^.*x/$ contra "abcxe", la parte $.*$ intentará primero consumir todo el string. El motor entonces se dará cuenta de que necesita una x para que coincida con el patrón. Como no hay x al pasar el final del string, el operador de estrella intenta hacer coincidir un carácter menos. Pero el emparejador tampoco encuentra una x después de abcx, por lo que retrocede nuevamente, haciendo coincidir el operador de estrella con abc. *Ahora* encuentra una x donde lo necesita e informa de una coincidencia exitosa de las posiciones 0 a 4.

Es posible escribir expresiones regulares que harán un *monton* de retrocesos. Este problema ocurre cuando un patrón puede coincidir con una pieza de entrada en muchas maneras diferentes. Por ejemplo, si nos confundimos mientras

escribimos una expresión regular de números binarios, podríamos accidentalmente escribir algo como `/([01]+)b/`.



Si intentas hacer coincidir eso con algunas largas series de ceros y unos sin un carácter *b* al final, el emparejador primero pasará por el ciclo interior hasta que se quede sin dígitos. Entonces nota que no hay *b*, así que retrocede una posición, atraviesa el ciclo externo una vez, y se da por vencido otra vez, tratando de retroceder fuera del ciclo interno una vez más. Continuará probando todas las rutas posibles a través de estos dos bucles. Esto significa que la cantidad de trabajo se *duplica* con cada carácter. Incluso para unas pocas docenas de caracteres, la coincidencia resultante tomará prácticamente para siempre.

EL MÉTODO REPLACE

Los valores de string tienen un método `replace` (“reemplazar”) que se puede usar para reemplazar parte del string con otro string.

```
console.log("papa".replace("p", "m"));  
// → mapa
```

El primer argumento también puede ser una expresión regular, en cuyo caso la primera coincidencia de la expresión regular es reemplazada. Cuando una opción *g* (para *global*) se agrega a la expresión regular, *todas* las coincidencias en el string serán reemplazadas, no solo la primera.

```
console.log("Borobudur".replace(/ou/, "a"));  
// → Barobudur  
console.log("Borobudur".replace(/ou/g, "a"));  
// → Barabadar
```


Hubiera sido sensato si la elección entre reemplazar una coincidencia o todas las coincidencias se hiciera a través de un argumento adicional en `replace` o proporcionando un método diferente, `replaceAll` (“reemplazarTodas”). Pero por alguna desafortunada razón, la elección se basa en una propiedad de los expresiones regulares en su lugar.

El verdadero poder de usar expresiones regulares con `replace` viene del hecho de que podemos referirnos a grupos coincidentes en la string de reemplazo. Por ejemplo, supongamos que tenemos una gran string que contenga los nombres de personas, un nombre por línea, en el formato `Apellido, Nombre`. Si deseamos intercambiar estos nombres y eliminar la coma para obtener un formato `Nombre Apellido`, podemos usar el siguiente código:

```
console.log(
  "Liskov, Barbara\nMcCarthy, John\nWadler, Philip"
  .replace(/(\w+), (\w+)/g, "$2 $1"));
// → Barbara Liskov
//   John McCarthy
//   Philip Wadler
```

Los `$1` y `$2` en el string de reemplazo se refieren a los grupos entre paréntesis del patrón. `$1` se reemplaza por el texto que coincide con el primer grupo, `$2` por el segundo, y así sucesivamente, hasta `$9`. Puedes hacer referencia a la coincidencia completa con `$&`.

Es posible pasar una función, en lugar de un string, como segundo argumento para `replace`. Para cada reemplazo, la función será llamada con los grupos coincidentes (así como con la coincidencia completa) como argumentos, y su valor de retorno se insertará en el nuevo string.

Aquí hay un pequeño ejemplo:

```
let s = "la cia y el fbi";
console.log(s.replace(/\b(fbi|cia)\b/g,
  str => str.toUpperCase()));
// → la CIA y el FBI
```

Y aquí hay uno más interesante:

```
let almacen = "1 limon, 2 lechugas, y 101 huevos";
function menosUno(coincidencia, cantidad, unidad) {
  cantidad = Number(cantidad) - 1;
  if (cantidad == 1) { // solo queda uno, remover la 's'
    unidad = unidad.slice(0, unidad.length - 1);
  } else if (cantidad == 0) {
    cantidad = "sin";
  }
}
```

```

    return cantidad + " " + unidad;
}
console.log(almacen.replace(/(\d+) (\w+)/g, menosUno));
// → sin limon, 1 lechuga, y 100 huevos

```

Esta función toma un string, encuentra todas las ocurrencias de un número seguido de una palabra alfanumérica, y retorna un string en la que cada ocurrencia es decrementada por uno.

El grupo `(\d+)` termina como el argumento `cantidad` para la función, y el grupo `(\w+)` se vincula a `unidad`. La función convierte `cantidad` a un número—lo que siempre funciona, ya que coincidió con `\d+`—y realiza algunos ajustes en caso de que solo quede uno o cero.

CODICIA

Es posible usar `replace` para escribir una función que elimine todo los comentarios de un fragmento de código JavaScript. Aquí hay un primer intento:

```

function removerComentarios(codigo) {
    return codigo.replace(/\/\/*.*|\/\/*[^\n]*\n\/\/*/g, "");
}
console.log(removerComentarios("1 + /* 2 */3"));
// → 1 + 3
console.log(removerComentarios("x = 10; // ten!"));
// → x = 10;
console.log(removerComentarios("1 /* a */+/* b */ 1"));
// → 1 1

```

La parte anterior al operador `/` coincide con dos caracteres de barra inclinada seguido de cualquier número de caracteres que no sean nuevas líneas. La parte para los comentarios de líneas múltiples es más complicado. Usamos `[^]` (cualquier caracter que no está en el conjunto de caracteres vacíos) como una forma de unir cualquier caracter. No podemos simplemente usar un punto aquí porque los comentarios de bloque pueden continuar en una nueva línea, y el carácter del período no coincide con caracteres de nuevas líneas.

Pero la salida de la última línea parece haber salido mal. Por qué?

La parte `[^]*` de la expresión, como describí en la sección retroceder, primero coincidirá tanto como sea posible. Si eso causa un falo en la siguiente parte del patrón, el emparejador retrocede un caracter e intenta nuevamente desde allí. En el ejemplo, el emparejador primero intenta emparejar el resto del string y luego se mueve hacia atrás desde allí. Este encontrará una ocurrencia de `*/`

después de retroceder cuatro caracteres y emparejar eso. Esto no es lo que queríamos, la intención era hacer coincidir un solo comentario, no ir hasta el final del código y encontrar el final del último comentario de bloque.

Debido a este comportamiento, decimos que los operadores de repetición (+, *, ? y {}) son __ codiciosos, lo que significa que coinciden con tanto como pueden y retroceden desde allí. Si colocas un signo de interrogación después de ellos (+?, *?, ??, {}?), se vuelven no-codiciosos y comienzan a hacer coincidir lo menos posible, haciendo coincidir más solo cuando el patrón restante no se ajuste a la coincidencia más pequeña.

Y eso es exactamente lo que queremos en este caso. Al hacer que la estrella coincida con el tramo más pequeño de caracteres que nos lleve a un */, consumimos un comentario de bloque y nada más.

```
function removerComentarios(codigo) {  
  return codigo.replace(/\/\/*|\/\/*[^\/*]*\/\/*/g, "");  
}  
console.log(removerComentarios("1 /* a */+/* b */ 1"));  
// → 1 + 1
```

Una gran cantidad de errores en los programas de expresiones regulares se pueden rastrear a intencionalmente usar un operador codicioso, donde uno que no sea codicioso trabajaria mejor. Al usar un operador de repetición, considera la variante no-codiciosa primero.

CREANDO OBJETOS REGEXP DINÁMICAMENTE

Hay casos en los que quizás no sepas el patrón exacto necesario para coincidir cuando estes escribiendo tu código. Imagina que quieres buscar el nombre del usuario en un texto y encerrarlo en caracteres de subrayado para que se destaque. Como solo sabrás el nombrar una vez que el programa se está ejecutando realmente, no puedes usar la notación basada en barras.

Pero puedes construir un string y usar el constructor RegExp en el. Aquí hay un ejemplo:

```
let nombre = "harry";  
let texto = "Harry es un personaje sospechoso.";  
let regexp = new RegExp("\\b(" + nombre + ")\\b", "gi");  
console.log(texto.replace(regexp, "_$1_"));  
// → _Harry_ es un personaje sospechoso.
```

Al crear los marcadores de límite \b, tenemos que usar dos barras invertidas

porque las estamos escribiendo en un string normal, no en una expresión regular contenida en barras. El segundo argumento para el constructor `RegExp` contiene las opciones para la expresión regular—en este caso, "gi" para global e insensible a mayúsculas y minúsculas.

Pero, y si el nombre es "dea+hl[]rd" porque nuestro usuario es un nerd adolescente? Eso daría como resultado una expresión regular sin sentido que en realidad no coincidirá con el nombre del usuario.

Para solucionar esto, podemos agregar barras diagonales inversas antes de cualquier caracter que tenga un significado especial.

```
let nombre = "dea+hl[]rd";
let texto = "Este sujeto dea+hl[]rd es super fastidioso.";
let escapados = nombre.replace(/\[\.+\*\?\(\)|\^\$/g, "\\$&");
let regexp = new RegExp("\\b" + escapados + "\\b", "gi");
console.log(texto.replace(regexp, "_$&_"));
// → Este sujeto _dea+hl[]rd_ es super fastidioso.
```

EL MÉTODO SEARCH

El método `indexOf` en strings no puede invocarse con una expresión regular. Pero hay otro método, `search` (“buscar”), que espera una expresión regular. Al igual que `indexOf`, retorna el primer índice en que se encontró la expresión, o -1 cuando no se encontró.

```
console.log(" palabra".search(/S/));
// → 2
console.log(" ".search(/S/));
// → -1
```

Desafortunadamente, no hay forma de indicar que la coincidencia debería comenzar a partir de un desplazamiento dado (como podemos con el segundo argumento para `indexOf`), que a menudo sería útil.

LA PROPIEDAD LASTINDEX

De manera similar el método `exec` no proporciona una manera conveniente de comenzar buscando desde una posición dada en el string. Pero proporciona una manera *inconveniente*.

Los objetos de expresión regular tienen propiedades. Una de esas propiedades es `source` (“fuente”), que contiene el string de donde se creó la expresión. Otra

propiedad es `lastIndex` (“ultimoIndice”), que controla, en algunas circunstancias limitadas, donde comenzará la siguiente coincidencia.

Esas circunstancias son que la expresión regular debe tener la opción global (`g`) o adhesiva (`y`) habilitada, y la coincidencia debe suceder a través del método `exec`. De nuevo, una solución menos confusa hubiese sido permitir que un argumento adicional fuera pasado a `exec`, pero la confusión es una característica esencial de la interfaz de las expresiones regulares de JavaScript.

```
let patron = /y/g;
patron.lastIndex = 3;
let coincidencia = patron.exec("xyzzzy");
console.log(coincidencia.index);
// → 4
console.log(patron.lastIndex);
// → 5
```

Si la coincidencia fue exitosa, la llamada a `exec` actualiza automáticamente a la propiedad `lastIndex` para que apunte después de la coincidencia. Si no se encontraron coincidencias, `lastIndex` vuelve a cero, que es también el valor que tiene un objeto de expresión regular recién construido.

La diferencia entre las opciones globales y las adhesivas es que, cuandoa adhesivo está habilitado, la coincidencia solo tendrá éxito si comienza directamente en `lastIndex`, mientras que con `global`, buscará una posición donde pueda comenzar una coincidencia.

```
let global = /abc/g;
console.log(global.exec("xyz abc"));
// → ["abc"]
let adhesivo = /abc/y;
console.log(adhesivo.exec("xyz abc"));
// → null
```

Cuando se usa un valor de expresión regular compartido para múltiples llamadas a `exec`, estas actualizaciones automáticas a la propiedad `lastIndex` pueden causar problemas. Tu expresión regular podría estar accidentalmente comenzando en un índice que quedó de una llamada anterior.

```
let digito = /\d/g;
console.log(digito.exec("aqui esta: 1"));
// → ["1"]
console.log(digito.exec("y ahora: 1"));
// → null
```

Otro efecto interesante de la opción global es que cambia la forma en que funciona el método `match` en strings. Cuando se llama con una expresión global, en lugar de retornar un matriz similar al retornado por `exec`, `match` encontrará *todas* las coincidencias del patrón en el string y retornar un array que contiene los strings coincidentes.

```
console.log("Banana".match(/an/g));  
// → ["an", "an"]
```

Por lo tanto, ten cuidado con las expresiones regulares globales. Los casos donde son necesarias—llamadas a `replace` y lugares donde deseas explícitamente usar `lastIndex`—son generalmente los únicos lugares donde querrás usarlas.

CICLOS SOBRE COINCIDENCIAS

Una cosa común que hacer es escanear todas las ocurrencias de un patrón en un string, de una manera que nos de acceso al objeto de coincidencia en el cuerpo del ciclo. Podemos hacer esto usando `lastIndex` y `exec`.

```
let entrada = "Un string con 3 numeros en el... 42 y 88.";  
let numero = /\b\d+\b/g;  
let coincidencia;  
while (coincidencia = numero.exec(entrada)) {  
  console.log("Se encontro", coincidencia[0], "en", coincidencia.  
    index);  
}  
// → Se encontro 3 en 14  
//   Se encontro 42 en 33  
//   Se encontro 88 en 38
```

Esto hace uso del hecho de que el valor de una expresión de asignación (`=`) es el valor asignado. Entonces al usar `coincidencia = numero.exec(entrada)` como la condición en la declaración `while`, realizamos la coincidencia al inicio de cada iteración, guardamos su resultado en una vinculación, y terminamos de repetir cuando no se encuentran más coincidencias.

ANÁLISIS DE UN ARCHIVO INI

Para concluir el capítulo, veremos un problema que requiere de expresiones regulares. Imagina que estamos escribiendo un programa para recolectar au-

tomáticamente información sobre nuestros enemigos de el Internet. (No escribiremos ese programa aquí, solo la parte que lee el archivo de configuración. Lo siento.) El archivo de configuración se ve así:

```
motordebusqueda=https://duckduckgo.com/?q=$1
malevolencia=9.7

; los comentarios estan precedidos por un punto y coma...
; cada seccion contiene un enemigo individual

[larry]
nombrecompleto=Larry Doe
tipo=bravucon del preescolar
sitioweb=http://www.geocities.com/CapeCanaveral/11451

[davaeorn]
nombrecompleto=Davaeorn
tipo=hechizero malvado
directoriosalida=/home/marijn/enemies/davaeorn
```

Las reglas exactas para este formato (que es un formato ampliamente utilizado, usualmente llamado un archivo *INI*) son las siguientes:

- Las líneas en blanco y líneas que comienzan con punto y coma se ignoran.
- Las líneas envueltas en [y] comienzan una nueva sección.
- Líneas que contienen un identificador alfanumérico seguido de un carácter = agregan una configuración a la sección actual.
- Cualquier otra cosa no es válida.

Nuestra tarea es convertir un string como este en un objeto cuyas propiedades contengan strings para configuraciones sin sección y sub-objetos para secciones, con esos subobjetos conteniendo la configuración de la sección.

Dado que el formato debe procesarse línea por línea, dividir el archivo en líneas separadas es un buen comienzo. Usamos `string.split("\n")` para hacer esto en el [Capítulo 4](#). Algunos sistemas operativos, sin embargo, usan no solo un carácter de nueva línea para separar líneas sino un carácter de retorno de carro seguido de una nueva línea ("`\r\n`"). Dado que el método `split` también permite una expresión regular como su argumento, podemos usar una expresión regular como `/\r?\n/` para dividir el string de una manera que permita tanto "`\n`" como "`\r\n`" entre líneas.

```

function analizarINI(string) {
  // Comenzar con un objeto para mantener los campos de nivel
  superior
  let resultado = {};
  let seccion = resultado;
  string.split(/\r?\n/).forEach(linea => {
    let coincidencia;
    if (coincidencia = linea.match(/^(\\w+)=(.*)$/)) {
      seccion[coincidencia[1]] = coincidencia[2];
    } else if (coincidencia = linea.match(/^[\\(\\.)\\$]/)) {
      seccion = resultado[coincidencia[1]] = {};
    } else if (!/^\\s*(;.*)?$/ .test(linea)) {
      throw new Error("Linea '" + linea + "' no es valida.");
    }
  });
  return resultado;
}

console.log(analizarINI(`
nombre=Vasilis
[direccion]
ciudad=Tessaloniki`));
// → {nombre: "Vasilis", direccion: {ciudad: "Tessaloniki"}}

```

El código pasa por las líneas del archivo y crea un objeto. Las propiedades en la parte superior se almacenan directamente en ese objeto, mientras que las propiedades que se encuentran en las secciones se almacenan en un objeto de sección separado. La vinculación `sección` apunta al objeto para la sección actual.

Hay dos tipos de líneas significativas—encabezados de sección o líneas de propiedades. Cuando una línea es una propiedad regular, esta se almacena en la sección actual. Cuando se trata de un encabezado de sección, se crea un nuevo objeto de sección, y `seccion` se configura para apuntar a él.

Nota el uso recurrente de `^` y `$` para asegurarse de que la expresión coincida con toda la línea, no solo con parte de ella. Dejando afuera estos resultados en código que funciona principalmente, pero que se comporta de forma extraña para algunas entradas, lo que puede ser un error difícil de rastrear.

El patrón `if (coincidencia = string.match (...))` es similar al truco de usar una asignación como condición para `while`. A menudo no estás seguro de que tu llamada a `match` tendrá éxito, para que puedas acceder al objeto resultante solo dentro de una declaración `if` que pruebe esto. Para no romper la agradable cadena de las formas `else if`, asignamos el resultado de la coin-

cidencia a una vinculación e inmediatamente usamos esa asignación como la prueba para la declaración `if`.

Si una línea no es un encabezado de sección o una propiedad, la función verifica si es un comentario o una línea vacía usando la expresión `/^\s*(;.*)?$/`. Ves cómo funciona? La parte entre los paréntesis coincidirá con los comentarios, y el `?` asegura que también coincida con líneas que contengan solo espacios en blanco. Cuando una línea no coincida con cualquiera de las formas esperadas, la función arroja una excepción.

CARACTERES INTERNACIONALES

Debido a la simplista implementación inicial de JavaScript y al hecho de que este enfoque simplista fue luego establecido en piedra como comportamiento estándar, las expresiones regulares de JavaScript son bastante tontas acerca de los caracteres que no aparecen en el idioma inglés. Por ejemplo, en cuanto a las expresiones regulares de JavaScript, una “palabra caracter” es solo uno de los 26 caracteres en el alfabeto latino (mayúsculas o minúsculas), dígitos decimales, y, por alguna razón, el carácter de guion bajo. Cosas como *é* o *ß*, que definitivamente son caracteres de palabras, no coincidirán con `\w` (y *si* coincidieran con `\W` mayúscula, la categoría no-palabra).

Por un extraño accidente histórico, `\s` (espacio en blanco) no tiene este problema y coincide con todos los caracteres que el estándar Unicode considera espacios en blanco, incluyendo cosas como el (espacio de no separación) y el Separador de vocales Mongol.

Otro problema es que, de forma predeterminada, las expresiones regulares funcionan en unidades del código, como se discute en el [Capítulo 5](#), no en caracteres reales. Esto significa que los caracteres que están compuestos de dos unidades de código se comportan de manera extraña.

```
console.log(/🍏{3}/.test("🍏🍏🍏"));
// → false
console.log(/<.>/.test("<🌹>"));
// → false
console.log(/<.>/u.test("<🌹>"));
// → true
```

El problema es que la `🍏` en la primera línea se trata como dos unidades de código, y la parte `{3}` se aplica solo a la segunda. Del mismo modo, el punto coincide con una sola unidad de código, no con las dos que componen al emoji de rosa.

Debe agregar una opción `u` (para Unicode) a tu expresión regular para hacerla tratar a tales caracteres apropiadamente. El comportamiento incorrecto sigue siendo el predeterminado, desafortunadamente, porque cambiarlo podría causar problemas en código ya existente que depende de él.

Aunque esto solo se acaba de estandarizar y aun no es, al momento de escribir este libro, ampliamente compatible con muchos navegadores, es posible usar `\p` en una expresión regular (que debe tener habilitada la opción Unicode) para que coincida con todos los caracteres a los que el estándar Unicode les asigna una propiedad determinada.

```
console.log(/\p{Script=Greek}/u.test("α"));
// → true
console.log(/\p{Script=Arabic}/u.test("ا"));
// → false
console.log(/\p{Alphabetic}/u.test("α"));
// → true
console.log(/\p{Alphabetic}/u.test("!"));
// → false
```

Unicode define una cantidad de propiedades útiles, aunque encontrar la que necesitas puede no ser siempre trivial. Puedes usar la notación `\p{Property=Value}` para hacer coincidir con cualquier carácter que tenga el valor dado para esa propiedad. Si el nombre de la propiedad se deja afuera, como en `\p{Name}`, se asume que el nombre es una propiedad binaria como `Alfabético` o una categoría como `Número`.

RESUMEN

Las expresiones regulares son objetos que representan patrones en strings. Ellas usan su propio lenguaje para expresar estos patrones.

/abc/	Una secuencia de caracteres
/[abc]/	Cualquier caracter de un conjunto de caracteres
/[^abc]/	Cualquier carácter que <i>no</i> este en un conjunto de caracteres
/[0-9]/	Cualquier caracter en un rango de caracteres
/x+/	Una o más ocurrencias del patrón x
/x+?/	Una o más ocurrencias, no codiciosas
/x*/	Cero o más ocurrencias
/x?/	Cero o una ocurrencia
/x{2,4}/	De dos a cuatro ocurrencias
/(abc)/	Un grupo
/a b c/	Cualquiera de varios patrones
/\d/	Cualquier caracter de dígito
/\w/	Un caracter alfanumérico (“carácter de palabra”)
/\s/	Cualquier caracter de espacio en blanco
/./	Cualquier caracter excepto líneas nuevas
/\b/	Un límite de palabra
/^/	Inicio de entrada
/\$/	Fin de la entrada

Una expresión regular tiene un método `test` para probar si una determinada string coincide en ella. También tiene un método `exec` que, cuando una coincidencia es encontrada, retorna un array que contiene todos los grupos que coincidieron. Tal array tiene una propiedad `index` que indica en dónde comenzó la coincidencia.

Los strings tienen un método `match` para coincidir las con una expresión regular y un método `search` para buscar por una, retornando solo la posición inicial de la coincidencia. Su método `replace` puede reemplazar coincidencias de un patrón con un string o función de reemplazo.

Las expresiones regulares pueden tener opciones, que se escriben después de la barra que cierra la expresión. La opción `i` hace que la coincidencia no distinga entre mayúsculas y minúsculas. La opción `g` hace que la expresión sea *global*, que, entre otras cosas, hace que el método `replace` reemplace todas las instancias en lugar de solo la primera. La opción `y` la hace adhesivo, lo que significa que hará que no busque con anticipación y omita la parte del string cuando busque una coincidencia. La opción `u` activa el modo Unicode, lo que soluciona varios problemas alrededor del manejo de caracteres que toman dos unidades de código.

Las expresiones regulares son herramientas afiladas con un manejo incómodo. Ellas simplifican algunas tareas enormemente, pero pueden volverse inmanejables rápidamente cuando se aplican a problemas complejos. Parte de saber cómo usarlas es resistiendo el impulso de tratar de calzar cosas que no pueden

ser expresadas limpiamente en ellas.

EJERCICIOS

Es casi inevitable que, durante el curso de trabajar en estos ejercicios, te sentiras confundido y frustrado por el comportamiento inexplicable de alguna regular expresión. A veces ayuda ingresar tu expresión en una herramienta en línea como *debuggex.com* para ver si su visualización corresponde a lo que pretendías y a experimentar con la forma en que responde a varios strings de entrada.

GOLF REGEXP

Golf de Código es un término usado para el juego de intentar expresar un programa particular con el menor número de caracteres posible. Similarmente, *Golf de Regexp* es la práctica de escribir una expresión regular tan pequeña como sea posible para que coincida con un patrón dado, y *sólo* con ese patrón.

Para cada uno de los siguientes elementos, escribe una expresión regular para probar si alguna de las substrings dadas ocurre en un string. La expresión regular debe coincidir solo con strings que contengan una de las substrings descritas. No te preocupes por los límites de palabras a menos que sean explícitamente mencionados. Cuando tu expresión funcione, ve si puedes hacerla más pequeña.

1. *car* y *cat*
2. *pop* y *prop*
3. *ferret*, *ferry*, y *ferrari*
4. Cualquier palabra que termine *iou*s
5. Un carácter de espacio en blanco seguido de un punto, coma, dos puntos o punto y coma
6. Una palabra con mas de seis letras
7. Una palabra sin la letra *e* (o *E*)

Consulta la tabla en el [resumen del capítulo](#) para ayudarte. Pruebe cada solución con algunos strings de prueba.

ESTILO ENTRE COMILLAS

Imagina que has escrito una historia y has utilizado comillas simples en todas partes para marcar piezas de diálogo. Ahora quieres reemplazar todas las comillas de diálogo con comillas dobles, pero manteniendo las comillas simples usadas en contracciones como *aren't*.

Piensa en un patrón que distinga de estos dos tipos de uso de citas y crea una llamada al método `replace` que haga el reemplazo apropiado.

NÚMEROS OTRA VEZ

Escribe una expresión que coincida solo con el estilo de números en JavaScript. Esta debe admitir un signo opcional menos *o* más delante del número, el punto decimal, y la notación de exponente—`5e-3` o `1E10`— nuevamente con un signo opcional en frente del exponente. También ten en cuenta que no es necesario que hayan dígitos delante o detrás del punto, pero el número no puede ser solo un punto. Es decir, `.5` y `5.` son números válidos de JavaScript, pero solo un punto *no* lo es.

“Escriba código que sea fácil de borrar, no fácil de extender.”

—Tef, Programming is Terrible

CHAPTER 10

MÓDULOS

El programa ideal tiene una estructura cristalina. La forma en que funciona es fácil de explicar, y cada parte juega un papel bien definido.

Un típico programa real crece orgánicamente. Nuevas piezas de funcionalidad se agregan a medida que surgen nuevas necesidades. Estructurar—y preservar la estructura—es trabajo adicional, trabajo que solo valdra la pena en el futuro, la *siguiente* vez que alguien trabaje en el programa. Así que es tentador descuidarlo, y permitir que las partes del programa se vuelvan profundamente enredadas.

Esto causa dos problemas prácticos. En primer lugar, entender tal sistema es difícil. Si todo puede tocar todo lo demás, es difícil ver a cualquier pieza dada de forma aislada. Estas obligado a construir un entendimiento holístico de todo el asunto. En segundo lugar, si quieres usar cualquiera de las funcionalidades de dicho programa en otra situación, reescribirla podría resultar más fácil que tratar de desenredarla de su contexto.

El término “gran bola de barro” se usa a menudo para tales programas grandes, sin estructura. Todo se mantiene pegado, y cuando intentas sacar una pieza, todo se desarma y tus manos se ensucian.

MÓDULOS

Los *módulos* son un intento de evitar estos problemas. Un módulo es una pieza del programa que especifica en qué otras piezas este depende (sus *dependencias*) y qué funcionalidad proporciona para que otros módulos usen (su *interfaz*).

Las interfaces de los módulos tienen mucho en común con las interfaces de objetos, como las vimos en el [Capítulo 6](#). Estas hacen parte del módulo disponible para el mundo exterior y mantienen el resto privado. Al restringir las formas en que los módulos interactúan entre sí, el sistema se parece más a un juego de LEGOS, donde las piezas interactúan a través de conectores bien definidos, y menos como barro, donde todo se mezcla con todo.

Las relaciones entre los módulos se llaman *dependencias*. Cuando un módulo

necesita una pieza de otro módulo, se dice que depende de ese módulo. Cuando este hecho está claramente especificado en el módulo en sí, puede usarse para descubrir qué otros módulos deben estar presentes para poder ser capaces de usar un módulo dado y cargar dependencias automáticamente.

Para separar módulos de esa manera, cada uno necesita su propio alcance privado.

Simplemente poner todo tu código JavaScript en diferentes archivos no satisface estos requisitos. Los archivos aún comparten el mismo espacio de nombres global. Pueden, intencionalmente o accidentalmente, interferir con las vinculaciones de cada uno. Y la estructura de dependencia sigue sin estar clara. Podemos hacerlo mejor, como veremos más adelante en el capítulo.

Diseñar una estructura de módulo ajustada para un programa puede ser difícil. En la fase en la que todavía estás explorando el problema, intentando cosas diferentes para ver que funciona, es posible que desees no preocuparte demasiado por eso, ya que puede ser una gran distracción. Una vez que tengas algo que se sienta sólido, es un buen momento para dar un paso atrás y organizarlo.

PAQUETES

Una de las ventajas de construir un programa a partir de piezas separadas, y ser capaces de ejecutar esas piezas por sí mismas, es que tú podrías ser capaz de aplicar la misma pieza en diferentes programas.

Pero cómo se configura esto? Digamos que quiero usar la función `analizarINI` del [Capítulo 9](#) en otro programa. Si está claro de qué depende la función (en este caso, nada), puedo copiar todo el código necesario en mi nuevo proyecto y usarlo. Pero luego, si encuentro un error en ese código, probablemente lo solucione en el programa en el que estoy trabajando en ese momento y me olvido de arreglarlo en el otro programa.

Una vez que comience a duplicar código, rápidamente te encontraras perdiendo tiempo y energía moviendo las copias alrededor y manteniéndolas actualizadas.

Ahí es donde los *paquetes* entran. Un paquete es un pedazo de código que puede ser distribuido (copiado e instalado). Puede contener uno o más módulos, y tiene información acerca de qué otros paquetes depende. Un paquete también suele venir con documentación que explica qué es lo que hace, para que las personas que no lo escribieron todavía puedan hacer uso de él.

Cuando se encuentra un problema en un paquete, o se agrega una nueva característica, el paquete es actualizado. Ahora los programas que dependen de él (que también pueden ser otros paquetes) pueden actualizar a la nueva

versión.

Trabajar de esta manera requiere infraestructura. Necesitamos un lugar para almacenar y encontrar paquetes, y una forma conveniente de instalar y actualizarlos. En el mundo de JavaScript, esta infraestructura es provista por NPM (npmjs.org).

NPM es dos cosas: un servicio en línea donde uno puede descargar (y subir) paquetes, y un programa (incluido con Node.js) que te ayuda a instalar y administrarlos.

Al momento de escribir esto, hay más de medio millón de paquetes diferentes disponibles en NPM. Una gran parte de ellos son basura, debería mencionar, pero casi todos los paquetes útiles, disponibles públicamente, se puede encontrar allí. Por ejemplo, un analizador de archivos INI, similar al uno que construimos en el [Capítulo 9](#), está disponible bajo el nombre de paquete `ini`.

En el [Capítulo 20](#) veremos cómo instalar dichos paquetes de forma local utilizando el programa de línea de comandos `npm`.

Tener paquetes de calidad disponibles para descargar es extremadamente valioso. Significa que a menudo podemos evitar tener que reinventar un programa que cien personas han escrito antes, y obtener una implementación sólida y bien probado con solo presionar algunas teclas.

El software es barato de copiar, por lo que una vez lo haya escrito alguien, distribuirlo a otras personas es un proceso eficiente. Pero escribirlo en el primer lugar, *es* trabajo y responder a las personas que han encontrado problemas en el código, o que quieren proponer nuevas características, es aún más trabajo.

Por defecto, tu posees el copyright del código que escribes, y otras personas solo pueden usarlo con tu permiso. Pero ya que algunas personas son simplemente agradables, y porque la publicación de un buen software puede ayudarte a hacerte un poco famoso entre los programadores, se publican muchos paquetes bajo una licencia que explícitamente permite a otras personas usarlos.

La mayoría del código en NPM está licenciado de esta manera. Algunas licencias requieren que tu publiques también el código bajo la misma licencia del paquete que estas usando. Otras son menos exigentes, solo requieren que guardes la licencia con el código cuando lo distribuyas. La comunidad de JavaScript principalmente usa ese último tipo de licencia. Al usar paquetes de otras personas, asegúrete de conocer su licencia.

MÓDULOS IMPROVISADOS

Hasta 2015, el lenguaje JavaScript no tenía un sistema de módulos incorporado. Sin embargo, la gente había estado construyendo sistemas grandes en

JavaScript durante más de una década y ellos *necesitaban* módulos.

Así que diseñaron sus propios sistema de módulos arriba del lenguaje. Puedes usar funciones de JavaScript para crear alcances locales, y objetos para representar las interfaces de los módulos.

Este es un módulo para ir entre los nombres de los días y números (como son retornados por el método `getDay` de `Date`). Su interfaz consiste en `diaDeLaSemana.nombre` y `diaDeLaSemana.numero`, y oculta su vinculación local nombres dentro del alcance de una expresión de función que se invoca inmediatamente.

```
const diaDeLaSemana = function() {
  const nombres = ["Domingo", "Lunes", "Martes", "Miercoles",
    "Jueves", "Viernes", "Sabado"];
  return {
    nombre(numero) { return nombres[numero]; },
    numero(nombre) { return nombres.indexOf(nombre); }
  };
}();

console.log(diaDeLaSemana.nombre(diaDeLaSemana.numero("Domingo")));
// → Domingo
```

Este estilo de módulos proporciona aislamiento, hasta cierto punto, pero no declara dependencias. En cambio, simplemente pone su interfaz en el alcance global y espera que sus dependencias, si hay alguna, hagan lo mismo. Durante mucho tiempo, este fue el enfoque principal utilizado en la programación web, pero ahora está mayormente obsoleto.

Si queremos hacer que las relaciones de dependencia sean parte del código, tendremos que tomar el control de las dependencias que deben ser cargadas. Hacer eso requiere que seamos capaces de ejecutar strings como código. JavaScript puede hacer esto.

EVALUANDO DATOS COMO CÓDIGO

Hay varias maneras de tomar datos (un string de código) y ejecutarlos como una parte del programa actual.

La forma más obvia es usar el operador especial `eval`, que ejecuta un string en el alcance *actual*. Esto usualmente es una mala idea porque rompe algunas de las propiedades que normalmente tienen los alcances, tal como fácilmente predecir a qué vinculación se refiere un nombre dado.

```
const x = 1;
```

```
function evaluarYRetornarX(codigo) {
  eval(codigo);
  return x;
}

console.log(evaluarYRetornarX("var x = 2"));
// → 2
```

Una forma menos aterradora de interpretar datos como código es usar el constructor `Function`. Este toma dos argumentos: un string que contiene una lista de nombres de argumentos separados por comas y un string que contiene el cuerpo de la función.

```
let masUno = Function("n", "return n + 1;");
console.log(masUno(4));
// → 5
```

Esto es precisamente lo que necesitamos para un sistema de módulos. Podemos envolver el código del módulo en una función y usar el alcance de esa función como el alcance del módulo.

COMMONJS

El enfoque más utilizado para incluir módulos en JavaScript es llamado *módulos CommonJS*. Node.js lo usa, y es el sistema utilizado por la mayoría de los paquetes en NPM.

El concepto principal en los módulos CommonJS es una función llamada `require` (“requerir”). Cuando la llamas con el nombre del módulo de una dependencia, esta se asegura de que el módulo sea cargado y retorna su interfaz.

Debido a que el cargador envuelve el código del módulo en una función, los módulos obtienen automáticamente su propio alcance local. Todo lo que tienen que hacer es llamar a `require` para acceder a sus dependencias, y poner su interfaz en el objeto vinculado a `exports` (“exportaciones”).

Este módulo de ejemplo proporciona una función de formateo de fecha. Utiliza dos paquetes de NPM—`ordinal` para convertir números a strings como “1st” y “2nd”, y `date-names` para obtener los nombres en inglés de los días de la semana y meses. Este exporta una sola función, `formatDate`, que toma un objeto `Date` y un string plantilla.

El string de plantilla puede contener códigos que dirigen el formato, como `YYYY` para todo el año y `Do` para el día ordinal del mes. Podrías darle un string como “MMMM Do YYYY” para obtener resultados como “November 22nd 2017”.

```

const ordinal = require("ordinal");
const {days, months} = require("date-names");

exports.formatDate = function(date, format) {
  return format.replace(/YYYY|M(MMM)?|Do?|dddd/g, tag => {
    if (tag == "YYYY") return date.getFullYear();
    if (tag == "M") return date.getMonth();
    if (tag == "MMMM") return months[date.getMonth()];
    if (tag == "D") return date.getDate();
    if (tag == "Do") return ordinal(date.getDate());
    if (tag == "dddd") return days[date.getDay()];
  });
};

```

La interfaz de `ordinal` es una función única, mientras que `date-names` exporta un objeto que contiene varias cosas—los dos valores que usamos son arrays de nombres. La desestructuración es muy conveniente cuando creamos vinculaciones para interfaces importadas.

El módulo agrega su función de interfaz a `exports`, de modo que los módulos que dependen de él tengan acceso a él. Podríamos usar el módulo de esta manera:

```

const {formatDate} = require("../format-date");

console.log(formatDate(new Date(2017, 9, 13),
                        "dddd the Do"));
// → Friday the 13th

```

Podemos definir `require`, en su forma más mínima, así:

```

require.cache = Object.create(null);

function require(nombre) {
  if (!(nombre in require.cache)) {
    let codigo = leerArchivo(nombre);
    let modulo = {exportaciones: {}};
    require.cache[nombre] = modulo;
    let envolvedor = Function("require, exportaciones, modulo",
                              codigo);
    envolvedor(require, modulo.exportaciones, modulo);
  }
  return require.cache[nombre].exportaciones;
}

```

En este código, `leerArchivo` es una función inventada que lee un archivo y retorna su contenido como un string. El estándar de JavaScript no ofrece tal funcionalidad—pero diferentes entornos de JavaScript, como el navegador y Node.js, proporcionan sus propias formas de acceder a archivos. El ejemplo solo pretende que `leerArchivo` existe.

Para evitar cargar el mismo módulo varias veces, `require` mantiene un (caché) almacenado de módulos que ya han sido cargados. Cuando se llama, primero verifica si el módulo solicitado ya ha sido cargado y, si no, lo carga. Esto implica leer el código del módulo, envolverlo en una función y llamarla.

La interfaz del paquete `ordinal` que vimos antes no es un objeto, sino una función. Una peculiaridad de los módulos CommonJS es que, aunque el sistema de módulos creará un objeto de interfaz vacío para ti (vinculado a `exports`), puedes reemplazarlo con cualquier valor al sobrescribir `module.exports`. Esto lo hacen muchos módulos para exportar un valor único en lugar de un objeto de interfaz.

Al definir `require`, exportaciones y `modulo` como parametros para la función de envoltura generada (y pasando los valores apropiados al llamarla), el cargador se asegura de que estas vinculaciones estén disponibles en el alcance del módulo.

La forma en que el string dado a `require` se traduce a un nombre de archivo real o dirección web difiere en diferentes sistemas. Cuando comienza con `"/` o `"/`, generalmente se interpreta como relativo al nombre del archivo actual. Entonces `./format-date` sería el archivo llamado `format-date.js` en el mismo directorio.

Cuando el nombre no es relativo, Node.js buscará por un paquete instalado con ese nombre. En el código de ejemplo de este capítulo, interpretaremos esos nombres como referencias a paquetes de NPM. Entraremos en más detalles sobre cómo instalar y usar los módulos de NPM en el [Capítulo 20](#).

Ahora, en lugar de escribir nuestro propio analizador de archivos INI, podemos usar uno de NPM:

```
const {parse} = require("ini");

console.log(parse("x = 10\ny = 20"));
// → {x: "10", y: "20"}
```

MÓDULOS ECMAScript

Los módulos CommonJS funcionan bastante bien y, en combinación con NPM, han permitido que la comunidad de JavaScript comience a compartir código en

una gran escala.

Pero siguen siendo un poco de un truco con cinta adhesiva. La notación es ligeramente incomoda—las cosas que agregas a `exports` no están disponibles en el alcance local, por ejemplo. Y ya que `require` es una llamada de función normal tomando cualquier tipo de argumento, no solo un string literal, puede ser difícil de determinar las dependencias de un módulo sin correr su código primero.

Esta es la razón por la cual el estándar de JavaScript introdujo su propio, sistema de módulos diferente a partir de 2015. Por lo general es llamado *módulos ES*, donde *ES* significa ECMAScript. Los principales conceptos de dependencias e interfaces siguen siendo los mismos, pero los detalles difieren. Por un lado, la notación está ahora integrada en el lenguaje. En lugar de llamar a una función para acceder a una dependencia, utilizas una palabra clave `import` (“importar”) especial.

```
import ordinal from "ordinal";
import {days, months} from "date-names";

export function formatDate(date, format) { /* ... */ }
```

Similarmente, la palabra clave `export` se usa para exportar cosas. Puede aparecer delante de una función, clase o definición de vinculación (`let`, `const`, o `var`).

La interfaz de un módulo ES no es un valor único, sino un conjunto de vinculaciones con nombres. El módulo anterior vincula `formatDate` a una función. Cuando importas desde otro módulo, importas la *vinculación*, no el valor, lo que significa que un módulo exportado puede cambiar el valor de la vinculación en cualquier momento, y que los módulos que la importen verán su nuevo valor.

Cuando hay una vinculación llamada `default`, esta se trata como el principal valor del módulo exportado. Si importas un módulo como `ordinal` en el ejemplo, sin llaves alrededor del nombre de la vinculación, obtienes su vinculación `default`. Dichos módulos aún pueden exportar otras vinculaciones bajo diferentes nombres además de su exportación por `default`.

Para crear una exportación por `default`, escribe `export default` antes de una expresión, una declaración de función o una declaración de clase.

```
export default ["Invierno", "Primavera", "Verano", "Otoño"];
```

Es posible renombrar la vinculación importada usando la palabra `as` (“como”).

```
import {days as nombresDias} from "date-names";
```

```
console.log(nombresDias.length);  
// → 7
```

Al momento de escribir esto, la comunidad de JavaScript está en proceso de adoptar este estilo de módulos. Pero ha sido un proceso lento. Tomó algunos años, después de que se haya especificado el formato para que los navegadores y Node.js comenzaran a soportarlo. Y a pesar de que lo soportan mayormente ahora, este soporte todavía tiene problemas, y la discusión sobre cómo dichos módulos deberían distribuirse a través de NPM todavía está en curso.

Muchos proyectos se escriben usando módulos ES y luego se convierten automáticamente a algún otro formato cuando son publicados. Estamos en período de transición en el que se utilizan dos sistemas de módulos diferentes uno al lado del otro, y es útil poder leer y escribir código en cualquiera de ellos.

CONSTRUYENDO Y EMPAQUETANDO

De hecho, muchos proyectos de JavaScript ni siquiera están, técnicamente, escritos en JavaScript. Hay extensiones, como el dialecto de comprobación de tipos mencionado en el [Capítulo 7](#), que son ampliamente usados. Las personas también suelen comenzar a usar extensiones planificadas para el lenguaje mucho antes de que estas hayan sido agregadas a las plataformas que realmente corren JavaScript.

Para que esto sea posible, ellos *compilan* su código, traduciéndolo del dialecto de JavaScript que eligieron a JavaScript simple y antiguo—o incluso a una versión anterior de JavaScript, para que navegadores antiguos puedan ejecutarlo.

Incluir un programa modular que consiste de 200 archivos diferentes en una página web produce sus propios problemas. Si buscar un solo archivo sobre la red tarda 50 milisegundos, cargar todo el programa tardaría 10 segundos, o tal vez la mitad si puedes cargar varios archivos simultáneamente. Eso es mucho tiempo perdido. Ya que buscar un solo archivo grande tiende a ser más rápido que buscar muchos archivos pequeños, los programadores web han comenzado a usar herramientas que convierten sus programas (los cuales cuidadosamente están divididos en módulos) de nuevo en un único archivo grande antes de publicarlo en la Web. Tales herramientas son llamadas *empaquetadores*.

Y podemos ir más allá. Además de la cantidad de archivos, el *tamaño* de los archivos también determina qué tan rápido se pueden transferir a través de la red. Por lo tanto, la comunidad de JavaScript ha inventado *minificadores*. Estas son herramientas que toman un programa de JavaScript y lo hacen más

pequeño al eliminar automáticamente los comentarios y espacios en blanco, cambia el nombre de las vinculaciones, y reemplaza piezas de código con código equivalente que ocupa menos espacio.

Por lo tanto, no es raro que el código que encuentres en un paquete de NPM o que se ejecute en una página web haya pasado por *múltiples* etapas de transformación: conversión de JavaScript moderno a JavaScript histórico, del formato de módulos ES a CommonJS, empaquetado y minificado. No vamos a entrar en los detalles de estas herramientas en este libro, ya que tienden a ser aburridos y cambian rápidamente. Solo ten en cuenta que el código JavaScript que ejecutas a menudo no es el código tal y como fue escrito.

DISEÑO DE MÓDULOS

La estructuración de programas es uno de los aspectos más sutiles de la programación. Cualquier pieza de funcionalidad no trivial se puede modelar de varias maneras.

Un buen diseño de programa es subjetivo—hay ventajas/desventajas involucradas, y cuestiones de gusto. La mejor manera de aprender el valor de una buena estructura de diseño es leer o trabajar en muchos programas y notar lo que funciona y lo que no. No asumas que un desastroso doloroso es “solo la forma en que las cosas son”. Puedes mejorar la estructura de casi todo al ponerle mas pensamiento.

Un aspecto del diseño de módulos es la facilidad de uso. Si estás diseñando algo que está destinado a ser utilizado por varias personas—o incluso por ti mismo, en tres meses cuando ya no recuerdes los detalles de lo que hiciste—es útil si tu interfaz es simple y predecible.

Eso puede significar seguir convenciones existentes. Un buen ejemplo es el paquete `ini`. Este módulo imita el objeto estándar `JSON` al proporcionar las funciones `parse` y `stringify` (para escribir un archivo INI), y, como `JSON`, convierte entre strings y objetos simples. Entonces la interfaz es pequeña y familiar, y después de haber trabajado con ella una vez, es probable que recuerdes cómo usarla.

Incluso si no hay una función estándar o un paquete ampliamente utilizado para imitar, puedes mantener tus módulos predecibles mediante el uso de estructuras de datos simples y haciendo una cosa única y enfocada. Muchos de los módulos de análisis de archivos INI en NPM proporcionan una función que lee directamente tal archivo del disco duro y lo analiza, por ejemplo. Esto hace que sea imposible de usar tales módulos en el navegador, donde no tenemos acceso directo al sistema de archivos, y agrega una complejidad que habría

sido mejor abordada al *componer* el módulo con alguna función de lectura de archivos.

Lo que apunta a otro aspecto útil del diseño de módulos—la facilidad con la que algo se puede componer con otro código. Módulos enfocados que computan valores son aplicables en una gama más amplia de programas que módulos mas grandes que realizan acciones complicadas con efectos secundarios. Un lector de archivos INI que insista en leer el archivo desde el disco es inútil en un escenario donde el contenido del archivo provenga de alguna otra fuente.

Relacionadamente, los objetos con estado son a veces útiles e incluso necesarios, pero si se puede hacer algo con una función, usa una función. Varios de los lectores de archivos INI en NPM proporcionan un estilo de interfaz que requiere que primero debes crear un objeto, luego cargar el archivo en tu objeto, y finalmente usar métodos especializados para obtener los resultados. Este tipo de cosas es común en la tradición orientada a objetos, y es terrible. En lugar de hacer una sola llamada de función y seguir adelante, tienes que realizar el ritual de mover tu objeto a través de diversos estados. Y ya que los datos ahora están envueltos en un objeto de tipo especializado, todo el código que interactúa con él tiene que saber sobre ese tipo, creando interdependencias innecesarias.

A menudo no se puede evitar la definición de nuevas estructuras de datos—solo unas pocas básicas son provistos por el estándar de lenguaje, y muchos tipos de datos tienen que ser más complejos que un array o un mapa. Pero cuando el array es suficiente, usa un array.

Un ejemplo de una estructura de datos un poco más compleja es el grafo de el [Capítulo 7](#). No hay una sola manera obvia de representar un grafo en JavaScript. En ese capítulo, usamos un objeto cuya propiedades contenían arrays de strings—los otros nodos accesibles desde ese nodo.

Hay varios paquetes de búsqueda de rutas diferentes en NPM, pero ninguno de ellos usa este formato de grafo. Por lo general, estos permiten que los bordes del grafo tengan un peso, el costo o la distancia asociada a ellos, lo que no es posible en nuestra representación.

Por ejemplo, está el paquete `dijkstra.js`. Un enfoque bien conocido par la búsqueda de rutas, bastante similar a nuestra función `encontrarRuta`, se llama el *algoritmo de Dijkstra*, después de Edsger Dijkstra, quien fue el primero que lo escribió. El sufijo `js` a menudo se agrega a los nombres de los paquetes para indicar el hecho de que están escritos en JavaScript. Este paquete `dijkstra.js` utiliza un formato de grafo similar al nuestro, pero en lugar de arrays, utiliza objetos cuyos valores de propiedad son números—los pesos de los bordes.

Si quisiéramos usar ese paquete, tendríamos que asegurarnos de que nuestro grafo fue almacenado en el formato que este espera.


```

const {find_path} = require("dijkstrajs");

let grafo = {};
for (let node of Object.keys(roadGraph)) {
  let edges = graph[node] = {};
  for (let dest of roadGraph[node]) {
    edges[dest] = 1;
  }
}

console.log(find_path(grafo, "Oficina de Correos", "Cabaña"));
// → ["Oficina de Correos", "Casa de Alice", "Cabaña"]

```

Esto puede ser una barrera para la composición—cuando varios paquetes están usando diferentes estructuras de datos para describir cosas similares, combinarlos es difícil. Por lo tanto, si deseas diseñar para la compibilidad, averigua qué estructura de datos están usando otras personas y, cuando sea posible, sigue su ejemplo.

RESUMEN

Los módulos proporcionan de estructura a programas más grandes al separar el código en piezas con interfaces y dependencias claras. La interfaz es la parte del módulo que es visible desde otros módulos, y las dependencias son los otros módulos este que utiliza.

Debido a que históricamente JavaScript no proporcionó un sistema de módulos, el sistema CommonJS fue construido encima. Entonces, en algún momento, *consiguio* un sistema incorporado, que ahora coexiste incomodamente con el sistema CommonJS.

Un paquete es una porción de código que se puede distribuir por sí misma. NPM es un repositorio de paquetes de JavaScript. Puedes descargar todo tipo de paquetes útiles (e inútiles) de él.

EJERCICIOS

UN ROBOT MODULAR

Estas son las vinculaciones que el proyecto del [Capítulo 7](#) crea:

```

caminos
construirGrafo
grafoCamino

```

```
EstadoPueblo
correrRobot
eleccionAleatoria
robotAleatorio
rutaCorreo
robotRuta
encontrarRuta
robotOrientadoAMetas
```

Si tuvieras que escribir ese proyecto como un programa modular, qué módulos crearías? Qué módulo dependería de qué otro módulo, y cómo se verían sus interfaces?

Qué piezas es probable que estén disponibles pre-escritas en NPM? Preferirías usar un paquete de NPM o escribirlas tu mismo?

MÓDULO DE CAMINOS

Escribe un módulo CommonJS, basado en el ejemplo del [Capítulo 7](#), que contenga el array de caminos y exporte la estructura de datos grafo que los representa como `grafoCamino`. Debería depender de un modulo `./grafo`, que exporta una función `construirGrafo` que se usa para construir el grafo. Esta función espera un array de arrays de dos elementos (los puntos de inicio y final de los caminos).

DEPENDENCIAS CIRCULARES

Una dependencia circular es una situación en donde el módulo A depende de B, y B también, directa o indirectamente, depende de A. Muchos sistemas de módulos simplemente prohíben esto porque cualquiera que sea el orden que elijas para cargar tales módulos, no puedes asegurarse de que las dependencias de cada módulo han sido cargadas antes de que se ejecuten.

Los modulos CommonJS permiten una forma limitada de dependencias cíclicas. Siempre que los módulos no reemplacen a su objeto `exports` predeterminado, y no accedan a la interfaz de las demás hasta que terminen de cargar, las dependencias cíclicas están bien.

La función `require` dada [anteriormente en este capítulo](#) es compatible con este tipo de ciclo de dependencias. Puedes ver cómo maneja los ciclos? Qué iría mal cuando un módulo en un ciclo *reemplace* su objeto `exports` por defecto?

*“Quién puede esperar tranquilamente mientras el barro se asienta?
Quién puede permanecer en calma hasta el momento de actuar?”*

—Laozi, Tao Te Ching

CHAPTER 11

PROGRAMACIÓN ASINCRÓNICA

La parte central de una computadora, la parte que lleva a cabo los pasos individuales que componen nuestros programas, es llamada *procesador*. Los programas que hemos visto hasta ahora son cosas que mantienen al procesador ocupado hasta que hayan terminado su trabajo. La velocidad a la que algo como un ciclo que manipule números pueda ser ejecutado, depende casi completamente de la velocidad del procesador.

Pero muchos programas interactúan con cosas fuera del procesador. por ejemplo, podrían comunicarse a través de una red de computadoras o solicitar datos del disco duro—lo que es mucho más lento que obtenerlos desde la memoria.

Cuando una cosa como tal este sucediendo, sería una pena dejar que el procesador se mantenga inactivo—podría haber algún otro trabajo que este pueda hacer en el mientras tanto. En parte, esto es manejado por tu sistema operativo, que cambiará el procesador entre múltiples programas en ejecución. Pero eso no ayuda cuando queremos que un *único* programa pueda hacer progreso mientras este espera una solicitud de red.

ASINCRONICIDAD

En un modelo de programación *síncrono*, las cosas suceden una a la vez. Cuando llamas a una función que realiza una acción de larga duración, solo retorna cuando la acción ha terminado y puede retornar el resultado. Esto detiene tu programa durante el tiempo que tome la acción.

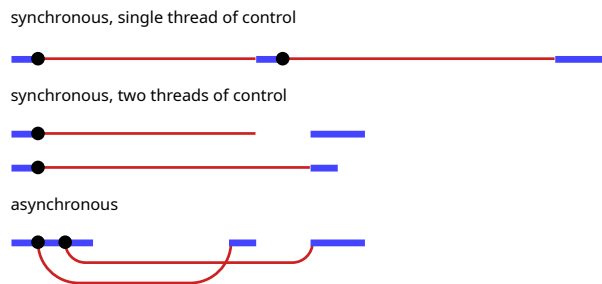
Un modelo *asíncrono* permite que ocurran varias cosas al mismo tiempo. Cuando comienzas una acción, tu programa continúa ejecutándose. Cuando la acción termina, el programa es informado y tiene acceso al resultado (por ejemplo, los datos leídos del disco).

Podemos comparar a la programación síncrona y asíncrona usando un pequeño ejemplo: un programa que obtiene dos recursos de la red y luego combina resultados.

En un entorno síncrono, donde la función de solicitud solo retorna una vez que ha hecho su trabajo, la forma más fácil de realizar esta tarea es realizar las solicitudes una después de la otra. Esto tiene el inconveniente de que la segunda solicitud se iniciará solo cuando la primera haya finalizado. El tiempo total de ejecución será como mínimo la suma de los dos tiempos de respuesta.

La solución a este problema, en un sistema síncrono, es comenzar hilos adicionales de control. Un *hilo* es otro programa activo cuya ejecución puede ser intercalada con otros programas por el sistema operativo—ya que la mayoría de las computadoras modernas contienen múltiples procesadores, múltiples hilos pueden incluso ejecutarse al mismo tiempo, en diferentes procesadores. Un segundo hilo podría iniciar la segunda solicitud, y luego ambos subprocesos esperan a que los resultados vuelvan, después de lo cual se vuelven a resincronizar para combinar sus resultados.

En el siguiente diagrama, las líneas gruesas representan el tiempo que el programa pasa corriendo normalmente, y las líneas finas representan el tiempo pasado esperando la red. En el modelo síncrono, el tiempo empleado por la red es *parte* de la línea de tiempo para un hilo de control dado. En el modelo asíncrono, comenzar una acción de red conceptualmente causa una *división* en la línea del tiempo. El programa que inició la acción continúa ejecutándose, y la acción ocurre junto a el, notificando al programa cuando está termina.



Otra forma de describir la diferencia es que esperar que las acciones terminen es *implicito* en el modelo síncrono, mientras que es *explicito*, bajo nuestro control, en el asíncrono.

La asincronicidad corta en ambos sentidos. Hace que expresar programas que hagan algo no se ajuste al modelo de control lineal más fácil, pero también puede hacer que expresar programas que siguen una línea recta sea más incómodo. Veremos algunas formas de abordar esta incomodidad más adelante en el capítulo.

Ambas de las plataformas de programación JavaScript importantes—navegadores y Node.js—realizan operaciones que pueden tomar un tiempo asíncronamente, en lugar de confiar en hilos. Dado que la programación con hilos es notoria-

mente difícil (entender lo que hace un programa es mucho más difícil cuando está haciendo varias cosas a la vez), esto es generalmente considerado una buena cosa.

TECNOLOGÍA CUERVO

La mayoría de las personas son conscientes del hecho de que los cuervos son pájaros muy inteligentes. Pueden usar herramientas, planear con anticipación, recordar cosas e incluso comunicarse estas cosas entre ellos.

Lo que la mayoría de la gente no sabe, es que son capaces de hacer muchas cosas que mantienen bien escondidas de nosotros. Personas de buena reputación (un tanto excéntricas) expertas en córvidos, me han dicho que la tecnología cuervo no está muy por detrás de la tecnología humana, y que nos están alcanzando.

Por ejemplo, muchas culturas cuervo tienen la capacidad de construir dispositivos informáticos. Estos no son electrónicos, como lo son los dispositivos informáticos humanos, pero operan a través de las acciones de pequeños insectos, una especie estrechamente relacionada con las termitas, que ha desarrollado una relación simbiótica con los cuervos. Los pájaros les proporcionan comida, y a cambio los insectos construyen y operan sus complejas colonias que, con la ayuda de las criaturas vivientes dentro de ellos, realizan computaciones.

Tales colonias generalmente se encuentran en nidos grandes de larga vida. Las aves e insectos trabajan juntos para construir una red de estructuras bulbosas hechas de arcilla, escondidas entre las ramitas del nido, en el que los insectos viven y trabajan.

Para comunicarse con otros dispositivos, estas máquinas usan señales de luz. Los cuervos incrustan piezas de material reflectante en tallos de comunicación especial, y los insectos apuntan estos para reflejar la luz hacia otro nido, codificando los datos como una secuencia de flashes rápidos. Esto significa que solo los nidos que tienen una conexión visual ininterrumpida pueden comunicarse entre ellos.

Nuestro amigo, el experto en córvidos, ha mapeado la red de nidos de cuervo en el pueblo de Hières-sur-Amby, a orillas del río Ródano. Este mapa muestra los nidos y sus conexiones.



En un ejemplo asombroso de evolución convergente, las computadoras cuervo ejecutan JavaScript. En este capítulo vamos a escribir algunas funciones de redes básicas para ellos.

DEVOLUCIÓN DE LLAMADAS

Un enfoque para la programación asíncrona es hacer que las funciones que realizan una acción lenta, tomen un argumento adicional, una *función de devolución de llamada*. La acción se inicia y, cuando esta finaliza, la función de devolución es llamada con el resultado.

Como ejemplo, la función `setTimeout`, disponible tanto en Node.js como en navegadores, espera una cantidad determinada de milisegundos (un segundo son mil milisegundos) y luego llama una función.

```
setTimeout(() => console.log("Tick"), 500);
```

Esperar no es generalmente un tipo de trabajo muy importante, pero puede ser útil cuando se hace algo como actualizar una animación o verificar si algo está tardando más que una cantidad dada de tiempo.

La realización de múltiples acciones asíncronas en una fila utilizando devoluciones de llamada significa que debes seguir pasando nuevas funciones para manejar la continuación de la computación después de las acciones.

La mayoría de las computadoras en los nidos de los cuervos tienen un bulbo de almacenamiento de datos a largo plazo, donde las piezas de información se graban en ramitas para que estas puedan ser recuperadas más tarde. Grabar o encontrar un fragmento de información requiere un momento, por lo que la interfaz para el almacenamiento a largo plazo es asíncrona y utiliza funciones de devolución de llamada.

Los bulbos de almacenamiento almacenan piezas de JSON-datos codificables bajo nombres. Un cuervo podría almacenar información sobre los lugares donde

hay comida escondida bajo el nombre "caches de alimentos", que podría contener un array de nombres que apuntan a otros datos, que describen el caché real. Para buscar un caché de alimento en los bulbos de almacenamiento del nido *Gran Roble*, un cuervo podría ejecutar código como este:

```
import {granRoble} from "./tecnologia-cuervo";

granRoble.leerAlmacenamiento("caches de alimentos", caches => {
  let primerCache = caches[0];
  granRoble.leerAlmacenamiento(primerCache, informacion => {
    console.log(informacion);
  });
});
```

(Todos los nombres de las vinculaciones y los strings se han traducido del lenguaje cuervo a Español.)

Este estilo de programación es viable, pero el nivel de indentación aumenta con cada acción asincrónica, ya que terminas en otra función. Hacer cosas más complicadas, como ejecutar múltiples acciones al mismo tiempo, puede ser un poco incómodo.

Las computadoras cuervo están construidas para comunicarse usando pares de solicitud-respuesta. Eso significa que un nido envía un mensaje a otro nido, el cual inmediatamente envía un mensaje de vuelta, confirmando el recibo y, posiblemente, incluyendo una respuesta a una pregunta formulada en el mensaje.

Cada mensaje está etiquetado con un *tipo*, que determina cómo este es manejado. Nuestro código puede definir manejadores para tipos de solicitud específicos, y cuando se recibe una solicitud de este tipo, se llama al controlador para que este produzca una respuesta.

La interfaz exportada por el módulo "*./tecnologia-cuervo*" proporciona funciones de devolución de llamada para la comunicación. Los nidos tienen un método `enviar` que envía una solicitud. Este espera el nombre del nido objetivo, el tipo de solicitud y el contenido de la solicitud como sus primeros tres argumentos, y una función a llamar cuando llega una respuesta como su cuarto y último argumento.

```
granRoble.send("Pastura de Vacas", "nota", "Vamos a graznar fuerte a las 7PM",
  () => console.log("Nota entregada."));
```

Pero para hacer nidos capaces de recibir esa solicitud, primero tenemos que definir un tipo de solicitud llamado "nota". El código que maneja las solicitudes debe ejecutarse no solo en este nido-computadora, sino en todos los nidos que

puedan recibir mensajes de este tipo. Asumiremos que un cuervo sobrevuela e instala nuestro código controlador en todos los nidos.

```
import {definirTipoSolicitud} from "../tecnologia-cuervo";

definirTipoSolicitud("nota", (nido, contenido, fuente, listo) => {
  console.log(`${nido.nombre} recibio nota: ${contenido}`);
  listo();
});
```

La función `definirTipoSolicitud` define un nuevo tipo de solicitud. El ejemplo agrega soporte para solicitudes de tipo "nota", que simplemente envían una nota a un nido dado. Nuestra implementación llama a `console.log` para que podamos verificar que la solicitud llegó. Los nidos tienen una propiedad `nombre` que contiene su nombre.

El cuarto argumento dado al controlador, `listo`, es una función de devolución de llamada que debe ser llamada cuando se finaliza con la solicitud. Si hubiésemos utilizado el valor de retorno del controlador como el valor de respuesta, eso significaría que un controlador de solicitud no puede realizar acciones asíncronas por sí mismo. Una función que realiza trabajos asíncronos normalmente retorna antes de que el trabajo este hecho, habiendo arreglado que se llame una devolución de llamada cuando este completada. Entonces, necesitamos algún mecanismo asíncrono, en este caso, otra función de devolución de llamada—para indicar cuándo hay una respuesta disponible.

En cierto modo, la asincronía es *contagiosa*. Cualquier función que llame a una función que funcione asincrónicamente debe ser asíncrona en si misma, utilizando una devolución de llamada o algun mecanismo similar para entregar su resultado. Llamar devoluciones de llamada es algo más involucrado y propenso a errores que simplemente retornar un valor, por lo que necesitar estructurar grandes partes de tu programa de esa manera no es algo muy bueno.

PROMESAS

Trabajar con conceptos abstractos es a menudo más fácil cuando esos conceptos pueden ser representados por valores. En el caso de acciones asíncronas, podrías, en lugar de organizar a una función para que esta sea llamada en algún momento en el futuro, retornar un objeto que represente este evento en el futuro.

Esto es para lo que es la clase estándar `Promise` (“Promesa”). Una *promesa* es una acción asíncrona que puede completarse en algún punto y producir un valor. Esta puede notificar a cualquier persona que esté interesada cuando su

valor este disponible.

La forma más fácil de crear una promesa es llamando a `Promise.resolve` (“Promesa.resolve”). Esta función se asegura de que el valor que le des, sea envuelto en una promesa. Si ya es una promesa, simplemente es retornada—de lo contrario, obtienes una nueva promesa que termina de inmediato con tu valor como su resultado.

```
let quince = Promise.resolve(15);
quince.then(valor => console.log(`Obtuve ${valor}`));
// → Obtuve 15
```

Para obtener el resultado de una promesa, puede usar su método `then` (“entonces”). Este registra una (función de devolución de llamada) para que sea llamada cuando la promesa resuelva y produzca un valor. Puedes agregar múltiples devoluciones de llamada a una única promesa, y serán llamadas, incluso si las agregas después de que la promesa ya haya sido *resuelta* (terminada).

Pero eso no es todo lo que hace el método `then`. Este retorna otra promesa, que resuelve al valor que retorna la función del controlador o, si esa retorna una promesa, espera por esa promesa y luego resuelve su resultado.

Es útil pensar acerca de las promesas como dispositivos para mover valores a una realidad asincrónica. Un valor normal simplemente está allí. Un valor prometido es un valor que *podría* ya estar allí o podría aparecer en algún momento en el futuro. Las computaciones definidas en términos de promesas actúan en tales valores envueltos y se ejecutan de forma asíncrona a medida que los valores se vuelven disponibles.

Para crear una promesa, puedes usar `Promise` como un constructor. Tiene una interfaz algo extraña—el constructor espera una función como argumento, a la cual llama inmediatamente, pasando una función que puede usar para resolver la promesa. Funciona de esta manera, en lugar de, por ejemplo, con un método `resolve`, de modo que solo el código que creó la promesa pueda resolverla.

Así es como crearía una interfaz basada en promesas para la función `leerAlmacenamiento`

```
function almacenamiento(nido, nombre) {
  return new Promise(resolve => {
    nido.leerAlmacenamiento(nombre, resultado => resolve(resultado))
  });
}
```

```
almacenamiento(granRoble, "enemigos")  
  .then(valor => console.log("Obtuve", valor));
```

Esta función asíncrona retorna un valor significativo. Esta es la principal ventaja de las promesas—simplifican el uso de funciones asíncronas. En lugar de tener que pasar devoluciones de llamadas, las funciones basadas en promesas son similares a las normales: toman entradas como argumentos y retornan su resultado. La única diferencia es que la salida puede que no este disponible inmediatamente.

FRACASO

Las computaciones regulares en JavaScript pueden fallar lanzando una excepción. Las computaciones asíncronas a menudo necesitan algo así. Una solicitud de red puede fallar, o algún código que sea parte de la computación asíncrona puede arrojar una excepción.

Uno de los problemas más urgentes con el estilo de devolución de llamadas en la programación asíncrona es que hace que sea extremadamente difícil asegurarte de que las fallas sean reportadas correctamente a las devoluciones de llamada.

Una convención ampliamente utilizada es que el primer argumento para la devolución de llamada es usado para indicar que la acción falló, y el segundo contiene el valor producido por la acción cuando tuvo éxito. Tales funciones de devolución de llamadas siempre deben verificar si recibieron una excepción, y asegurarse de que cualquier problema que causen, incluidas las excepciones lanzadas por las funciones que estas llaman, sean atrapadas y entregadas a la función correcta.

Las promesas hacen esto más fácil. Estas pueden ser resueltas (la acción termino con éxito) o rechazadas (esta falló). Los controladores de resolución (registrados con `then`) solo se llaman cuando la acción es exitosa, y los rechazos se propagan automáticamente a la nueva promesa que es retornada por `then`. Y cuando un controlador arroje una excepción, esto automáticamente hace que la promesa producida por su llamada `then` sea rechazada. Entonces, si cualquier elemento en una cadena de acciones asíncronas falla, el resultado de toda la cadena se marca como rechazado, y no se llaman más manejadores despues del punto en donde falló.

Al igual que resolver una promesa proporciona un valor, rechazar una también proporciona uno, generalmente llamado la *razón* el rechazo. Cuando una excepción en una función de controlador provoca el rechazo, el valor de la excepción se usa como la razón. Del mismo modo, cuando un controlador retorna

una promesa que es rechazada, ese rechazo fluye hacia la próxima promesa. Hay una función `Promise.reject` que crea una nueva promesa inmediatamente rechazada.

Para manejar explícitamente tales rechazos, las promesas tienen un método `catch` (“atraoar”) que registra un controlador para que sea llamado cuando se rechaze la promesa, similar a cómo los manejadores `then` manejan la resolución normal. También es muy parecido a `then` en que retorna una nueva promesa, que se resuelve en el valor de la promesa original si esta se resuelve normalmente, y al resultado del controlador `catch` de lo contrario. Si un controlador `catch` lanza un error, la nueva promesa también es rechazada.

Como una abreviatura, `then` también acepta un manejador de rechazo como segundo argumento, por lo que puedes instalar ambos tipos de controladores en un solo método de llamada.

Una función que se pasa al constructor `Promise` recibe un segundo argumento, junto con la función de resolución, que puede usar para rechazar la nueva promesa.

Las cadenas de promesas creadas por llamadas a `then` y `catch` puede verse como una tubería a través de la cual los valores asíncronicos o las fallas se mueven. Dado que tales cadenas se crean mediante el registro de controladores, cada enlace tiene un controlador de éxito o un controlador de rechazo (o ambos) asociados a ello. Controladores que no coinciden con ese tipo de resultados (éxito o fracaso) son ignorados. Pero los que sí coinciden son llamados, y su resultado determina qué tipo de valor viene después—éxito cuando retorna un valor que no es una promesa, rechazo cuando arroja una excepción, y el resultado de una promesa cuando retorna una de esas.

Al igual que una excepción no detectada es manejada por el entorno, Los entornos de JavaScript pueden detectar cuándo una promesa rechazada no es manejada, y reportará esto como un error.

LAS REDES SON DIFÍCILES

Ocasionalmente, no hay suficiente luz para los sistemas de espejos de los cuervos para transmitir una señal, o algo bloquea el camino de la señal. Es posible que se envíe una señal, pero que nunca se reciba.

Tal y como es, eso solo causará que la devolución de llamada dada a `send` nunca sea llamada, lo que probablemente hará que el programa se detenga sin siquiera notar que hay un problema. Sería bueno si, después de un determinado período de no obtener una respuesta, una solicitud *expirará* e informara de un fracaso.

A menudo, las fallas de transmisión son accidentes aleatorios, como la luz del faro de un auto interfiriendo con las señales de luz, y simplemente volver a intentar la solicitud puede hacer que esta tenga éxito. Entonces, mientras estamos en eso, hagamos que nuestra función de solicitud automáticamente reintente el envío de la solicitud momentos antes de que se de por vencida.

Y, como hemos establecido que las promesas son algo bueno, también haremos que nuestra función de solicitud retorne una promesa. En términos de lo que pueden expresar, las devoluciones de llamada y las promesas son equivalentes. Las funciones basadas en devoluciones de llamadas se pueden envolver para exponer una interfaz basada en promesas, y viceversa.

Incluso cuando una solicitud y su respuesta sean entregadas exitosamente, la respuesta puede indicar un error—por ejemplo, si la solicitud intenta utilizar un tipo de solicitud que no haya sido definida o si el controlador genera un error. Para soportar esto, `send` y `definirTipoSolicitud` siguen la convención mencionada anteriormente, donde el primer argumento pasado a las devoluciones de llamada es el motivo del fallo, si lo hay, y el segundo es el resultado real.

Estos pueden ser traducidos para prometer resolución y rechazo por parte de nuestra envoltura.

```
class TiempoDeEspera extends Error {}

function request(nido, objetivo, tipo, contenido) {
  return new Promise((resolve, reject) => {
    let listo = false;
    function intentar(n) {
      nido.send(objetivo, tipo, contenido, (fallo, value) => {
        listo = true;
        if (fallo) reject(fallo);
        else resolve(value);
      });
      setTimeout(() => {
        if (listo) return;
        else if (n < 3) intentar(n + 1);
        else reject(new TiempoDeEspera("Tiempo de espera agotado"));
      }, 250);
    }
    intentar(1);
  });
}
```

Debido a que las promesas solo se pueden resolver (o rechazar) una vez, esto

funcionara. La primera vez que se llame a `resolve` o `reject` se determinara el resultado de la promesa y cualquier llamada subsecuente, como el tiempo de espera que llega después de que finaliza la solicitud, o una solicitud que regresa después de que otra solicitud es finalizada, es ignorada.

Para construir un ciclo asincrónico, para los reintentos, necesitamos usar una función recursiva—un ciclo regular no nos permite detenernos y esperar por una acción asincrónica. La función `intentar` hace un solo intento de enviar una solicitud. También establece un tiempo de espera que, si no ha regresado una respuesta después de 250 milisegundos, comienza el próximo intento o, si este es el cuarto intento, rechaza la promesa con una instancia de `TiempoDeEspera` como la razón.

Volver a intentar cada cuarto de segundo y rendirse cuando no ha llegado ninguna respuesta después de un segundo es algo definitivamente arbitrario. Es incluso posible, si la solicitud llegó pero el controlador se está tardando un poco más, que las solicitudes se entreguen varias veces. Escribiremos nuestros manejadores con ese problema en mente—los mensajes duplicados deberían de ser inofensivos.

En general, no construiremos una red robusta de clase mundial hoy. Pero eso está bien—los cuervos no tienen expectativas muy altas todavía cuando se trata de la computación.

Para aislarnos por completo de las devoluciones de llamadas, seguiremos adelante y también definiremos un contenedor para `definirTipoSolicitud` que permite que la función controlador pueda retornar una promesa o valor normal, y envía eso hasta la devolución de llamada para nosotros.

```
function tipoSolicitud(nombre, manejador) {
  definirTipoSolicitud(nombre, (nido, contenido, fuente,
                                devolucionDeLlamada) => {
    try {
      Promise.resolve(manejador(nido, contenido, fuente))
        .then(response => devolucionDeLlamada(null, response),
              failure => devolucionDeLlamada(failure));
    } catch (exception) {
      devolucionDeLlamada(exception);
    }
  });
}
```

`Promise.resolve` se usa para convertir el valor retornado por `manejador` a una promesa si no es una ya.

Ten en cuenta que la llamada a `manejador` tenía que estar envuelta en un

bloque `try`, para asegurarse de que cualquier excepción que aparezca directamente se le dé a la devolución de llamada. Esto ilustra muy bien la dificultad de manejar adecuadamente los errores con devoluciones de llamada crudas—es muy fácil olvidarse de encaminar correctamente excepciones como esa, y si no lo haces, las fallas no se serán informadas a la devolución de llamada correcta. Las promesas hacen esto casi automático, y por lo tanto, son menos propensas a errores.

COLECCIONES DE PROMESAS

Cada computadora nido mantiene un array de otros nidos dentro de la distancia de transmisión en su propiedad `vecinos`. Para verificar cuáles de esos son actualmente accesibles, puede escribir una función que intente enviar un solicitud "ping" (una solicitud que simplemente pregunta por una respuesta) para cada de ellos, y ver cuáles regresan.

Al trabajar con colecciones de promesas que se ejecutan al mismo tiempo, la función `Promise.all` puede ser útil. Esta retorna una promesa que espera a que se resuelvan todas las promesas del array, y luego resuelve un array de los valores que estas promesas produjeron (en el mismo orden que en el array original). Si alguna promesa es rechazada, el el resultado de `Promise.all` es en sí mismo rechazado.

```
tipoSolicitud("ping", () => "pong");

function vecinosDisponibles(nido) {
  let solicitudes = nido.vecinos.map(vecino => {
    return request(nido, vecino, "ping")
      .then(() => true, () => false);
  });
  return Promise.all(solicitudes).then(resultado => {
    return nido.vecinos.filter((_, i) => resultado[i]);
  });
}
```

Cuando un vecino no este disponible, no queremos que todo la promesa combinada falle, dado que entonces no sabríamos nada. Entonces la función que es mapeada en el conjunto de vecinos para convertirlos en promesas de solicitud vincula a los controladores que hacen las solicitudes exitosas produzcan `true` y las rechazadas produzcan `false`.

En el controlador de la promesa combinada, `filter` se usa para eliminar esos elementos de la matriz `vecinos` cuyo valor correspondiente es falso. Esto hace

uso del hecho de que `filter` pasa el índice de matriz del elemento actual como segundo argumento para su función de filtrado (`map`, `some`, y métodos similares de orden superior de arrays hacen lo mismo).

INUNDACIÓN DE RED

El hecho de que los nidos solo pueden hablar con sus vecinos inhibe en gran cantidad la utilidad de esta red.

Para transmitir información a toda la red, una solución es configurar un tipo de solicitud que sea reenviada automáticamente a los vecinos. Estos vecinos luego la envían a sus vecinos, hasta que toda la red ha recibido el mensaje.

```
import {todosLados} from "../tecnologia-cuervo";

todosLados(nido => {
  nido.estado.chismorreos = [];
});

function enviarChismorreos(nido, mensaje, exceptoPor = null) {
  nido.estado.chismorreos.push(mensaje);
  for (let vecino of nido.vecinos) {
    if (vecino === exceptoPor) continue;
    request(nido, vecino, "chismorreos", mensaje);
  }
}

requestType("chismorreos", (nido, mensaje, fuente) => {
  if (nido.estado.chismorreos.includes(mensaje)) return;
  console.log(`${nido.nombre} recibió chismorreos '${{
    mensaje}}' de ${fuente}`);
  enviarChismorreos(nido, mensaje, fuente);
});
```

Para evitar enviar el mismo mensaje a través de la red por siempre, cada nido mantiene un array de strings de chismorreos que ya ha visto. Para definir este array, usaremos la función `todosLados`—que ejecuta código en todos los nidos—para añadir una propiedad al objeto `estado` del nido, que es donde mantendremos estado local del nido.

Cuando un nido recibe un mensaje de chisme duplicado, lo cual es muy probable que suceda con todo el mundo reenviando estos a ciegas, lo ignora. Pero cuando recibe un mensaje nuevo, emocionadamente le dice a todos sus vecinos a excepción de quien le envió el mensaje.

Esto provocará que una nueva pieza de chismes se propague a través de la red como una mancha de tinta en agua. Incluso cuando algunas conexiones no estan trabajando actualmente, si hay una ruta alternativa a un nido dado, el chisme llegará hasta allí.

Este estilo de comunicación de red se llama *inundamiento*-inunda la red con una pieza de información hasta que todos los nodos la tengan.

ENRUTAMIENTO DE MENSAJES

Si un nodo determinado quiere hablar unicamente con otro nodo, la inundación no es un enfoque muy eficiente. Especialmente cuando la red es grande, daría lugar a una gran cantidad de transferencias de datos inútiles.

Un enfoque alternativo es configurar una manera en que los mensajes salten de nodo a nodo, hasta que lleguen a su destino. La dificultad con eso es que requiere de conocimiento sobre el diseño de la red. Para enviar una solicitud hacia la dirección de un nido lejano, es necesario saber qué nido vecino lo acerca más a su destino. Enviar la solicitud en la dirección equivocada no servirá de mucho.

Dado que cada nido solo conoce a sus vecinos directos, no tiene la información que necesita para calcular una ruta. De alguna manera debemos extender la información acerca de estas conexiones a todos los nidos. Preferiblemente en una manera que permita ser cambiada con el tiempo, cuando los nidos son abandonados o nuevos nidos son construidos.

Podemos usar la inundación de nuevo, pero en lugar de verificar si un determinado mensaje ya ha sido recibido, ahora verificamos si el nuevo conjunto de vecinos de un nido determinado coinciden con el conjunto actual que tenemos para él.

```
tipoSolicitud("conexiones", (nido, {nombre, vecinos},
                             fuente) => {
  let conexiones = nido.estado.conexiones;
  if (JSON.stringify(conexiones.get(nombre)) ==
      JSON.stringify(vecinos)) return;
  conexiones.set(nombre, vecinos);
  difundirConexiones(nido, nombre, fuente);
});

function difundirConexiones(nido, nombre, exceptoPor = null) {
  for (let vecino of nido.vecinos) {
    if (vecino == exceptoPor) continue;
    solicitud(nido, vecino, "conexiones", {
      nombre,
```



```

        vecinos: nido.estado.conexiones.get(nombre)
    });
}
}

todosLados(nido => {
    nido.estado.conexiones = new Map;
    nido.estado.conexiones.set(nido.nombre, nido.vecinos);
    difundirConexiones(nido, nido.nombre);
});

```

La comparación usa `JSON.stringify` porque `==`, en objetos o arrays, solo retornara true cuando los dos tengan exactamente el mismo valor, lo cual no es lo que necesitamos aquí. Comparar los strings JSON es una cruda pero efectiva manera de comparar su contenido.

Los nodos comienzan inmediatamente a transmitir sus conexiones, lo que debería, a menos que algunos nidos sean completamente inalcanzables, dar rápidamente cada nido un mapa del grafo de la red actual.

Una cosa que puedes hacer con grafos es encontrar rutas en ellos, como vimos en el [Capítulo 7](#). Si tenemos una ruta hacia el destino de un mensaje, sabemos en qué dirección enviarlo.

Esta función `encontrarRuta`, que se parece mucho a `encontrarRuta` del [Capítulo 7](#), busca por una forma de llegar a un determinado nodo en la red. Pero en lugar de devolver toda la ruta, simplemente retorna el siguiente paso. Ese próximo nido en si mismo, usando su información actual sobre la red, decididira *hacia* dónde enviar el mensaje.

```

function encontrarRuta(desde, hasta, conexiones) {
    let trabajo = [{donde: desde, via: null}];
    for (let i = 0; i < trabajo.length; i++) {
        let {donde, via} = trabajo[i];
        for (let siguiente of conexiones.get(donde) || []) {
            if (siguiente == hasta) return via;
            if (!trabajo.some(w => w.donde == siguiente)) {
                trabajo.push({donde: siguiente, via: via || siguiente});
            }
        }
    }
    return null;
}

```

Ahora podemos construir una función que pueda enviar mensajes de larga distancia. Si el mensaje está dirigido a un vecino directo, se entrega normal-

mente. Si no, se empaqueta en un objeto y se envía a un vecino que este más cerca del objetivo, usando el tipo de solicitud "ruta", que hace que ese vecino repita el mismo comportamiento.

```
function solicitudRuta(nido, objetivo, tipo, contenido) {
  if (nido.vecinos.includes(objetivo)) {
    return solicitud(nido, objetivo, tipo, contenido);
  } else {
    let via = encontrarRuta(nido.nombre, objetivo,
                          nido.estado.conexiones);
    if (!via) throw new Error(`No hay rutas disponibles hacia ${
      objetivo}`);
    return solicitud(nido, via, "ruta",
                    {objetivo, tipo, contenido});
  }
}

tipoSolicitud("ruta", (nido, {objetivo, tipo, contenido}) => {
  return solicitudRuta(nido, objetivo, tipo, contenido);
});
```

Hemos construido varias capas de funcionalidad sobre un sistema de comunicación primitivo para que sea conveniente de usarlo. Este es un buen (aunque simplificado) modelo de cómo las redes de computadoras reales trabajan.

Una propiedad distintiva de las redes de computadoras es que no son confiables—las abstracciones construidas encima de ellas pueden ayudar, pero no se puede abstraer la falla de una falla de red. Entonces la programación de redes es típicamente mucho acerca de anticipar y lidiar con fallas.

FUNCIONES ASÍNCRONAS

Para almacenar información importante, se sabe que los cuervos la duplican a través de los nidos. De esta forma, cuando un halcón destruye un nido, la información no se pierde.

Para obtener una pieza de información dada que no este en su propia bulbo de almacenamiento, una computadora nido puede consultar otros nidos al azar en la red hasta que encuentre uno que la tenga.

```
tipoSolicitud("almacenamiento", (nido, nombre) => almacenamiento(
  nido, nombre));

function encontrarEnAlmacenamiento(nido, nombre) {
```

```

    return almacenamiento(nido, nombre).then(encontrado => {
      if (encontrado !== null) return encontrado;
      else return encontrarEnAlmacenamientoRemoto(nido, nombre);
    });
  }

function red(nido) {
  return Array.from(nido.estado.conexiones.keys());
}

function encontrarEnAlmacenamientoRemoto(nido, nombre) {
  let fuentes = red(nido).filter(n => n !== nido.nombre);
  function siguiente() {
    if (fuentes.length === 0) {
      return Promise.reject(new Error("No encontrado"));
    } else {
      let fuente = fuentes[Math.floor(Math.random() *
        fuentes.length)];
      fuentes = fuentes.filter(n => n !== fuente);
      return solicitudRuta(nido, fuente, "almacenamiento", nombre)
        .then(valor => valor !== null ? valor : siguiente(),
          siguiente);
    }
  }
  return siguiente();
}

```

Como `conexiones` es un `Map`, `Object.keys` no funciona en él. Este tiene un *método* `keys`, pero que retorna un iterador en lugar de un array. Un iterador (o valor iterable) se puede convertir a un array con la función `Array.from`.

Incluso con promesas, este es un código bastante incómodo. Múltiples acciones asíncronas están encadenadas juntas de maneras no-obvias. Nosotros de nuevo necesitamos una función recursiva (`siguiente`) para modelar ciclos a través de nidos.

Y lo que el código realmente hace es completamente lineal—siempre espera a que se complete la acción anterior antes de comenzar la siguiente. En un modelo de programación sincrónica, sería más simple de expresar.

La buena noticia es que JavaScript te permite escribir código pseudo-sincrónico. Una función `async` es una función que retorna implícitamente una promesa y que puede, en su cuerpo, `await` (“esperar”) otras promesas de una manera que *se ve* sincrónica.

Podemos reescribir `encontrarEnAlmacenamiento` de esta manera:

```

async function encontrarEnAlmacenamiento(nido, nombre) {
  let local = await almacenamiento(nido, nombre);
  if (local !== null) return local;

  let fuentes = red(nido).filter(n => n !== nido.nombre);
  while (fuentes.length > 0) {
    let fuente = fuentes[Math.floor(Math.random() *
                                          fuentes.length)];
    fuentes = fuentes.filter(n => n !== fuente);
    try {
      let encontrado = await solicitudRuta(nido, fuente, "
        almacenamiento",
                                          nombre);
      if (encontrado !== null) return encontrado;
    } catch (_) {}
  }
  throw new Error("No encontrado");
}

```

Una función `async` está marcada por la palabra `async` antes de la palabra clave `function`. Los métodos también pueden hacerse `async` al escribir `async` antes de su nombre. Cuando se llame a dicha función o método, este retorna una promesa. Tan pronto como el cuerpo retorne algo, esa promesa es resuelta. Si arroja una excepción, la promesa es rechazada.

Dentro de una función `async`, la palabra `await` se puede poner delante de una expresión para esperar a que se resuelva una promesa, y solo entonces continua la ejecución de la función.

Tal función ya no se ejecuta, como una función regular de JavaScript de principio a fin de una sola vez. En su lugar, puede ser *congelada* en cualquier punto que tenga un `await`, y se reanuda en un momento posterior.

Para código asíncrono no-trivial, esta notación suele ser más conveniente que usar promesas directamente. Incluso si necesitas hacer algo que no se ajuste al modelo síncrono, como realizar múltiples acciones al mismo tiempo, es fácil combinar `await` con el uso directo de promesas.

GENERADORES

Esta capacidad de las funciones para pausar y luego reanudarse nuevamente no es exclusiva para las funciones `async`. JavaScript también tiene una característica llamada funciones *generador*. Estos son similares, pero sin las promesas.

Cuando defines una función con `function*` (colocando un asterisco después

de la palabra `function`), se convierte en un generador. Cuando llamas un generador, este retorna un iterador, que ya vimos en el [Capítulo 6](#).

```
function* potenciacion(n) {
  for (let actual = n;; actual *= n) {
    yield actual;
  }
}

for (let potencia of potenciacion(3)) {
  if (potencia > 50) break;
  console.log(potencia);
}
// → 3
// → 9
// → 27
```

Inicialmente, cuando llamas a `potenciacion`, la función se congela en su comienzo. Cada vez que llames `next` en el iterador, la función se ejecuta hasta que encuentre una expresión `yield` (“arrojar”), que la pausa y causa que el valor arrojado se convierta en el siguiente valor producido por el iterador. Cuando la función retorne (la del ejemplo nunca lo hace), el iterador está completo.

Escribir iteradores es a menudo mucho más fácil cuando usas funciones generadoras. El iterador para la clase grupal (del ejercicio en el [Capítulo 6](#)) se puede escribir con este generador:

```
Conjunto.prototype[Symbol.iterator] = function*() {
  for (let i = 0; i < this.miembros.length; i++) {
    yield this.miembros[i];
  }
};
```

Ya no es necesario crear un objeto para mantener el estado de la iteración—los generadores guardan automáticamente su estado local cada vez ellos arrojen.

Dichas expresiones `yield` solo pueden ocurrir directamente en la función generadora en sí y no en una función interna que definas dentro de ella. El estado que ahorra un generador, cuando arroja, es solo su entorno *local* y la posición en la que fue arrojada.

Una función `async` es un tipo especial de generador. Produce una promesa cuando se llama, que se resuelve cuando vuelve (termina) y rechaza cuando arroja una excepción. Cuando cede (espera) por una promesa, el resultado de esa promesa (valor o excepción lanzada) es el resultado de la expresión `await`.

EL CICLO DE EVENTO

Los programas asincrónicos son ejecutados pieza por pieza. Cada pieza puede iniciar algunas acciones y programar código para que se ejecute cuando la acción termine o falle. Entre estas piezas, el programa permanece inactivo, esperando por la siguiente acción.

Por lo tanto, las devoluciones de llamada no son llamadas directamente por el código que las programó. Si llamo a `setTimeout` desde adentro de una función, esa función habrá retornado para el momento en que se llame a la función de devolución de llamada. Y cuando la devolución de llamada retorne, el control no volverá a la función que la programo.

El comportamiento asincrónico ocurre en su propia función de llamada de pila vacía. Esta es una de las razones por las cuales, sin promesas, la gestión de excepciones en el código asincrónico es difícil. Como cada devolución de llamada comienza con una pila en su mayoría vacía, tus manejadores `catch` no estarán en la pila cuando lanzen una excepción.

```
try {
  setTimeout(() => {
    throw new Error("Woosh");
  }, 20);
} catch (_) {
  // Esto no se va a ejecutar
  console.log("Atrapado!");
}
```

No importa que tan cerca los eventos—como tiempos de espera o solicitudes entrantes—sucedan, un entorno de JavaScript solo ejecutará un programa a la vez. Puedes pensar en esto como un gran ciclo *alrededor* de tu programa, llamado *ciclo de evento*. Cuando no hay nada que hacer, ese bucle está detenido. Pero a medida que los eventos entran, se agregan a una cola, y su código se ejecuta uno después del otro. Porque no hay dos cosas que se ejecuten al mismo tiempo, código de ejecución lenta puede retrasar el manejo de otros eventos.

Este ejemplo establece un tiempo de espera, pero luego se retrasa hasta después del tiempo de espera previsto, lo que hace que el tiempo de espera este tarde.

```
let comienzo = Date.now();
setTimeout(() => {
  console.log("Tiempo de espera corrio al ", Date.now() - comienzo);
}, 20);
while (Date.now() < comienzo + 50) {}
```

```

console.log("Se desperdicio tiempo hasta el ", Date.now() - comienzo
);
// → Se desperdicio tiempo hasta el 50
// → Tiempo de espera corrio al 55

```

Las promesas siempre se resuelven o rechazan como un nuevo evento. Incluso si una promesa ya ha sido resuelta, esperar por ella hará que la devolución de llamada se ejecute después de que el script actual termine, en lugar de hacerlo inmediatamente.

```

Promise.resolve("Listo").then(console.log);
console.log("Yo primero!");
// → Yo primero!
// → Listo

```

En capítulos posteriores, veremos otros tipos de eventos que se ejecutan en el ciclo de eventos.

ERRORES ASINCRÓNICOS

Cuando tu programa se ejecuta de forma síncrona, de una sola vez, no hay cambios de estado sucediendo aparte de aquellos que el mismo programa realiza. Para los programas asíncronos, esto es diferente—estos pueden tener *brechas* en su ejecución durante las cuales se podría ejecutar otro código.

Veamos un ejemplo. Uno de los pasatiempos de nuestros cuervos es contar la cantidad de polluelos que nacen en el pueblo cada año. Los nidos guardan este recuento en sus bulbos de almacenamiento. El siguiente código intenta enumerar los recuentos de todos los nidos para un año determinado.

```

function cualquierAlmacenamiento(nido, fuente, nombre) {
  if (fuente == nido.nombre) return almacenamiento(nido, nombre);
  else return solicitudRuta(nido, fuente, "almacenamiento", nombre);
}

async function polluelos(nido, años) {
  let lista = "";
  await Promise.all(red(nido).map(async nombre => {
    lista += `${nombre}: ${
      await cualquierAlmacenamiento(nido, nombre, `polluelos en ${
        años}`)
    }\n`;
  }));
  return lista;
}

```

}

La parte `async nombre =>` muestra que las funciones de flecha también pueden ser `async` al poner la palabra `async` delante de ellas.

El código no parece sospechoso de inmediato... mapea la función de flecha `async` sobre el conjunto de nidos, creando una serie de promesas, y luego usa `Promise.all` para esperar a todos estas antes de retornar la lista que estas construyen.

Pero está seriamente roto. Siempre devolverá solo una línea de salida, enumerando al nido que fue más lento en responder.

Puedes averiguar por qué?

El problema radica en el operador `+=`, que toma el valor *actual* de `lista` en el momento en que la instrucción comienza a ejecutarse, y luego, cuando el `await` termina, establece que la vinculación `lista` sea ese valor más el string agregado.

Pero entre el momento en el que la declaración comienza a ejecutarse y el momento donde termina hay una brecha asincrónica. La expresión `map` se ejecuta antes de que se haya agregado algo a la lista, por lo que cada uno de los operadores `+=` comienza desde un string vacío y termina cuando su recuperación de almacenamiento finaliza, estableciendo `lista` como una lista de una sola línea—el resultado de agregar su línea al string vacío.

Esto podría haberse evitado fácilmente retornando las líneas de las promesas mapeadas y llamando a `join` en el resultado de `Promise.all`, en lugar de construir la lista cambiando una vinculación. Como siempre, calcular nuevos valores es menos propenso a errores que cambiar valores existentes.

```
async function polluelos(nido, año) {
  let lineas = red(nido).map(async nombre => {
    return nombre + ": " +
      await cualquierAlmacenamiento(nido, nombre, `polluelos en ${
        año}`);
  });
  return (await Promise.all(lineas)).join("\n");
}
```

Errores como este son fáciles de hacer, especialmente cuando se usa `await`, y debes tener en cuenta dónde se producen las brechas en tu código. Una ventaja de la asincronicidad *explícita* de JavaScript (ya sea a través de devoluciones de llamada, promesas, o `await`) es que detectar estas brechas es relativamente fácil.

RESUMEN

La programación asincrónica permite expresar la espera de acciones de larga duración sin congelar el programa durante estas acciones. Los entornos de JavaScript suelen implementar este estilo de programación usando devoluciones de llamada, funciones que son llamadas cuando las acciones son completadas. Un ciclo de eventos planifica que dichas devoluciones de llamadas sean llamadas cuando sea apropiado, una después de la otra, para que sus ejecuciones no se superpongan.

La programación asíncrona se hace más fácil mediante promesas, objetos que representar acciones que podrían completarse en el futuro, y funciones `async`, que te permiten escribir un programa asíncrono como si fuera sincrónico.

EJERCICIOS

SIGUIENDO EL BISTURÍ

Los cuervos del pueblo poseen un viejo bisturí que ocasionalmente usan en misiones especiales—por ejemplo, para cortar puertas de malla o embalar cosas. Para ser capaces de rastrearlo rápidamente, cada vez que se mueve el bisturí a otro nido, una entrada se agrega al almacenamiento tanto del nido que lo tenía como al nido que lo tomó, bajo el nombre "bisturí", con su nueva ubicación como su valor.

Esto significa que encontrar el bisturí es una cuestión de seguir la ruta de navegación de las entradas de almacenamiento, hasta que encuentres un nido que apunte a el nido en si mismo.

Escribe una función `async`, `localizarBisturi` que haga esto, comenzando en el nido en el que se ejecute. Puede usar la función `cualquierAlmacenamiento` definida anteriormente para acceder al almacenamiento en nidos arbitrarios. El bisturí ha estado dando vueltas el tiempo suficiente como para que puedas suponer que cada nido tiene una entrada `bisturí` en su almacenamiento de datos.

Luego, vuelve a escribir la misma función sin usar `async` y `await`.

Las fallas de solicitud se muestran correctamente como rechazos de la promesa devuelta en ambas versiones? Cómo?

CONSTRUYENDO PROMISE.ALL

Dado un array de promesas, `Promise.all` retorna una promesa que espera a que finalicen todas las promesas del array. Entonces tiene éxito, produciendo

un array de valores de resultados. Si una promesa en el array falla, la promesa retornada por `all` también falla, con la razón de la falla proveniente de la promesa fallida.

Implemente algo como esto tu mismo como una función regular llamada `Promise_all`.

Recuerda que una vez que una promesa ha tenido éxito o ha fallado, no puede tener éxito o fallar de nuevo, y llamadas subsecuentes a las funciones que resuelven son ignoradas. Esto puede simplificar la forma en que manejas la falla de tu promesa.

“El evaluador, que determina el significado de las expresiones en un lenguaje de programación, es solo otro programa.”

—Hal Abelson and Gerald Sussman, *Structure and Interpretation of Computer Programs*

CHAPTER 12

PROYECTO: UN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Construir tu propio lenguaje de programación es sorprendentemente fácil (siempre y cuando no apuntes demasiado alto) y muy esclarecedor.

Lo principal que quiero mostrar en este capítulo es que no hay magia involucrada en la construcción de tu propio lenguaje. A menudo he sentido que algunos inventos humanos eran tan inmensamente inteligentes y complicados que nunca podría llegar a entenderlos. Pero con un poco de lectura y experimentación, a menudo resultan ser bastante mundanos.

Construiremos un lenguaje de programación llamado Egg. Será un lenguaje pequeño y simple—pero lo suficientemente poderoso como para expresar cualquier computación que puedes pensar. Permitirá una abstracción simple basada en funciones.

ANÁLISIS

La parte más visible de un lenguaje de programación es su *sintaxis*, o notación. Un *analizador* es un programa que lee una pieza de texto y produce una estructura de datos que refleja la estructura del programa contenido en ese texto. Si el texto no forma un programa válido, el analizador debe señalar el error.

Nuestro lenguaje tendrá una sintaxis simple y uniforme. Todo en Egg es una expresión. Una expresión puede ser el nombre de una vinculación (*binding*), un número, una cadena de texto o una *aplicación*. Las aplicaciones son usadas para llamadas de función pero también para constructos como *if* o *while*.

Para mantener el analizador simple, las cadenas en Egg no soportarán nada parecido a escapes de barra invertida. Una cadena es simplemente una secuencia de caracteres que no sean comillas dobles, envueltas en comillas dobles. Un número es un secuencia de dígitos. Los nombres de vinculaciones pueden consistir en cualquier carácter no que sea un espacio en blanco y eso no tiene un significado especial en la sintaxis.

Las aplicaciones se escriben tal y como están en JavaScript, poniendo paréntesis después de una expresión y teniendo cualquier cantidad de argumentos

entre esos paréntesis, separados por comas.

```
hacer(definir(x, 10),  
      si(>(x, 5),  
        imprimir("grande"),  
        imprimir("pequeño")))
```

La uniformidad del lenguaje Egg significa que las cosas que son operadores en JavaScript (como `>`) son vinculaciones normales en este lenguaje, aplicadas como cualquier función. Y dado que la sintaxis no tiene un concepto de bloque, necesitamos una construcción `hacer` para representar el hecho de realizar múltiples cosas en secuencia.

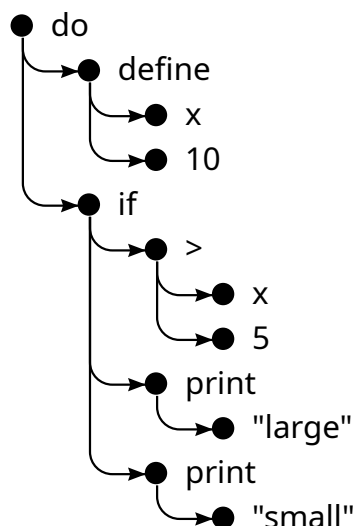
La estructura de datos que el analizador usará para describir un programa consta de objetos de expresión, cada uno de los cuales tiene una propiedad `tipo` que indica el tipo de expresión que este es y otras propiedades que describen su contenido.

Las expresiones de tipo `"valor"` representan strings o números literales. Su propiedad `valor` contiene el string o valor numérico que estos representan. Las expresiones de tipo `"palabra"` se usan para identificadores (nombres). Dichos objetos tienen una propiedad `nombre` que contienen el nombre del identificador como un string. Finalmente, las expresiones `"aplicar"` representan aplicaciones. Tienen una propiedad `operador` que se refiere a la expresión que está siendo aplicada, y una propiedad `argumentos` que contiene un array de expresiones de argumentos.

La parte `>(x, 5)` del programa anterior se representaría de esta manera:

```
{  
  tipo: "aplicar",  
  operador: {tipo: "palabra", nombre: ">"},  
  argumentos: [  
    {tipo: "palabra", nombre: "x"},  
    {tipo: "valor", valor: 5}  
  ]  
}
```

Tal estructura de datos se llama *árbol de sintaxis*. Si tu imaginas los objetos como puntos y los enlaces entre ellos como líneas entre esos puntos, tiene una forma similar a un árbol. El hecho de que las expresiones contienen otras expresiones, que a su vez pueden contener más expresiones, es similar a la forma en que las ramas de los árboles se dividen y dividen una y otra vez.



Compara esto con el analizador que escribimos para el formato de archivo de configuración en el [Capítulo 9](#), que tenía una estructura simple: dividía la entrada en líneas y manejaba esas líneas una a la vez. Habían solo unas pocas formas simples que se le permitía tener a una línea.

Aquí debemos encontrar un enfoque diferente. Las expresiones no están separadas en líneas, y tienen una estructura recursiva. Las expresiones de aplicaciones *contienen* otras expresiones.

Afortunadamente, este problema se puede resolver muy bien escribiendo una función analizadora que es recursiva en una manera que refleje la naturaleza recursiva del lenguaje.

Definimos una función `analizarExpresion`, que toma un string como entrada y retorna un objeto que contiene la estructura de datos para la expresión al comienzo del string, junto con la parte del string que queda después de analizar esta expresión. Al analizar subexpresiones (el argumento para una aplicación, por ejemplo), esta función puede ser llamada de nuevo, produciendo la expresión del argumento, así como al texto que permanece. A su vez, este texto puede contener más argumentos o puede ser el paréntesis de cierre que finaliza la lista de argumentos.

Esta es la primera parte del analizador:

```
function analizarExpresion(programa) {
  programa = saltarEspacio(programa);
  let emparejamiento, expresion;
  if (emparejamiento = /^"([^"]*)"/.exec(programa)) {
    expresion = {tipo: "valor", valor: emparejamiento[1]};
  } else if (emparejamiento = /\d+\b/.exec(programa)) {
    expresion = {tipo: "valor", valor: Number(emparejamiento[0])};
  }
}
```

```

    } else if (emparejamiento = /^[^\s()]+/.exec(programa)) {
        expresion = {tipo: "palabra", nombre: emparejamiento[0]};
    } else {
        throw new SyntaxError("Sintaxis inesperada: " + programa);
    }

    return aplicarAnalisis(expresion, programa.slice(emparejamiento
        [0].length));
}

function saltarEspacio(string) {
    let primero = string.search(/\S/);
    if (primero == -1) return "";
    return string.slice(primero);
}

```

Dado que Egg, al igual que JavaScript, permite cualquier cantidad de espacios en blanco entre sus elementos, tenemos que remover repetidamente los espacios en blanco del inicio del string del programa. Para esto nos ayuda la función `saltarEspacio`.

Después de saltar cualquier espacio en blanco, `analizarExpresion` usa tres expresiones regulares para detectar los tres elementos atómicos que Egg soporta: strings, números y palabras. El analizador construye un tipo diferente de estructura de datos dependiendo de cuál coincida. Si la entrada no coincide con ninguna de estas tres formas, la expresión no es válida, y el analizador arroja un error. Usamos `SyntaxError` en lugar de `Error` como constructor de excepción, el cual es otro tipo de error estándar, dado que es un poco más específico—también es el tipo de error lanzado cuando se intenta ejecutar un programa de JavaScript no válido.

Luego cortamos la parte que coincidió del string del programa y pasamos eso, junto con el objeto para la expresión, a `aplicarAnalisis`, el cual verifica si la expresión es una aplicación. Si es así, analiza una lista de los argumentos entre paréntesis.

```

function aplicarAnalisis(expresion, programa) {
    programa = saltarEspacio(programa);
    if (programa[0] != "(") {
        return {expresion: expresion, resto: programa};
    }

    programa = saltarEspacio(programa.slice(1));
    expresion = {tipo: "aplicar", operador: expresion, argumentos:

```

```

    []};
while (programa[0] !== ")") {
  let argumento = analizarExpresion(programa);
  expresion.argumentos.push(argumento.expresion);
  programa = saltarEspacio(argumento.resto);
  if (programa[0] === ",") {
    programa = saltarEspacio(programa.slice(1));
  } else if (programa[0] !== ")") {
    throw new SyntaxError("Experaba ', ' o ')'");
  }
}
}
return aplicarAnalisis(expresion, programa.slice(1));
}

```

Si el siguiente carácter en el programa no es un paréntesis de apertura, esto no es una aplicación, y `aplicarAnalisis` retorna la expresión que se le dio.

De lo contrario, salta el paréntesis de apertura y crea el objeto de árbol de sintaxis para esta expresión de aplicación. Entonces, recursivamente llama a `analizarExpresion` para analizar cada argumento hasta que se encuentre el paréntesis de cierre. La recursión es indirecta, a través de `aplicarAnalisis` y `analizarExpresion` llamando una a la otra.

Dado que una expresión de aplicación puede ser aplicada a sí misma (como en `multiplicador(2)(1)`), `aplicarAnalisis` debe, después de haber analizado una aplicación, llamarse así misma de nuevo para verificar si otro par de paréntesis sigue a continuación.

Esto es todo lo que necesitamos para analizar Egg. Envolvemos esto en una conveniente función `analizar` que verifica que ha llegado al final del string de entrada después de analizar la expresión (un programa Egg es una sola expresión), y eso nos da la estructura de datos del programa.

```

function analizar(programa) {
  let {expresion, resto} = analizarExpresion(programa);
  if (saltarEspacio(resto).length > 0) {
    throw new SyntaxError("Texto inesperado despues de programa");
  }
  return expresion;
}

console.log(analizar("(+(a, 10)"));
// → {tipo: "aplicar",
//   operador: {tipo: "palabra", nombre: "+"},
//   argumentos: [{tipo: "palabra", nombre: "a"},
//     {tipo: "valor", valor: 10}]}

```

Funciona! No nos da información muy útil cuando falla y no almacena la línea y la columna en que comienza cada expresión, lo que podría ser útil al informar errores más tarde, pero es lo suficientemente bueno para nuestros propósitos.

THE EVALUATOR

What can we do with the syntax tree for a program? Run it, of course! And that is what the evaluator does. You give it a syntax tree and a scope object that associates names with values, and it will evaluate the expression that the tree represents and return the value that this produces.

```
const specialForms = Object.create(null);

function evaluate(expression, scope) {
  if (expression.type == "value") {
    return expression.value;
  } else if (expression.type == "word") {
    if (expression.name in scope) {
      return scope[expression.name];
    } else {
      throw new ReferenceError(
        `Undefined binding: ${expression.name}`);
    }
  } else if (expression.type == "apply") {
    let {operator, args} = expression;
    if (operator.type == "word" &&
        operator.name in specialForms) {
      return specialForms[operator.name](expression.args, scope);
    } else {
      let op = evaluate(operator, scope);
      if (typeof op == "function") {
        return op(...args.map(arg => evaluate(arg, scope)));
      } else {
        throw new TypeError("Applying a non-function.");
      }
    }
  }
}
```

The evaluator has code for each of the expression types. A literal value expression produces its value. (For example, the expression `100` just evaluates

to the number 100.) For a binding, we must check whether it is actually defined in the scope and, if it is, fetch the binding's value.

Applications are more involved. If they are a special form, like `if`, we do not evaluate anything and pass the argument expressions, along with the scope, to the function that handles this form. If it is a normal call, we evaluate the operator, verify that it is a function, and call it with the evaluated arguments.

We use plain JavaScript function values to represent Egg's function values. We will come back to this [later](#), when the special form called `fun` is defined.

The recursive structure of `evaluate` resembles the similar structure of the parser, and both mirror the structure of the language itself. It would also be possible to integrate the parser with the evaluator and evaluate during parsing, but splitting them up this way makes the program clearer.

This is really all that is needed to interpret Egg. It is that simple. But without defining a few special forms and adding some useful values to the environment, you can't do much with this language yet.

SPECIAL FORMS

The `specialForms` object is used to define special syntax in Egg. It associates words with functions that evaluate such forms. It is currently empty. Let's add `if`.

```
specialForms.si = (args, scope) => {
  if (args.length !== 3) {
    throw new SyntaxError("Wrong number of args to si");
  } else if (evaluate(args[0], scope) !== false) {
    return evaluate(args[1], scope);
  } else {
    return evaluate(args[2], scope);
  }
};
```

Egg's `si` construct expects exactly three arguments. It will evaluate the first, and if the result isn't the value `false`, it will evaluate the second. Otherwise, the third gets evaluated. This `if` form is more similar to JavaScript's ternary `?:` operator than to JavaScript's `if`. It is an expression, not a statement, and it produces a value, namely the result of the second or third argument.

Egg also differs from JavaScript in how it handles the condition value to `if`. It will not treat things like zero or the empty string as `false`, only the precise value `false`.

The reason we need to represent `if` as a special form, rather than a regular function, is that all arguments to functions are evaluated before the function is called, whereas `if` should evaluate only *either* its second or its third argument, depending on the value of the first.

The `while` form is similar.

```
specialForms.while = (args, scope) => {
  if (args.length !== 2) {
    throw new SyntaxError("Wrong number of args to while");
  }
  while (evaluate(args[0], scope) !== false) {
    evaluate(args[1], scope);
  }

  // Since undefined does not exist in Egg, we return false,
  // for lack of a meaningful result.
  return false;
};
```

Another basic building block is `hacer`, which executes all its arguments from top to bottom. Its value is the value produced by the last argument.

```
specialForms.hacer = (args, scope) => {
  let value = false;
  for (let arg of args) {
    value = evaluate(arg, scope);
  }
  return value;
};
```

To be able to create bindings and give them new values, we also create a form called `definir`. It expects a word as its first argument and an expression producing the value to assign to that word as its second argument. Since `definir`, like everything, is an expression, it must return a value. We'll make it return the value that was assigned (just like JavaScript's `=` operator).

```
specialForms.definir = (args, scope) => {
  if (args.length !== 2 || args[0].type !== "word") {
    throw new SyntaxError("Incorrect use of definir");
  }
  let value = evaluate(args[1], scope);
  scope[args[0].name] = value;
  return value;
};
```

THE ENVIRONMENT

The scope accepted by `evaluate` is an object with properties whose names correspond to binding names and whose values correspond to the values those bindings are bound to. Let's define an object to represent the global scope.

To be able to use the `if` construct we just defined, we must have access to Boolean values. Since there are only two Boolean values, we do not need special syntax for them. We simply bind two names to the values `true` and `false` and use those.

```
const topScope = Object.create(null);

topScope.true = true;
topScope.false = false;
```

We can now evaluate a simple expression that negates a Boolean value.

```
let prog = parse(`si(true, false, true)`);
console.log(evaluate(prog, topScope));
// → false
```

To supply basic arithmetic and comparison operators, we will also add some function values to the scope. In the interest of keeping the code short, we'll use `Function` to synthesize a bunch of operator functions in a loop, instead of defining them individually.

```
for (let op of ["+", "-", "*", "/", "==", "<", ">"]) {
  topScope[op] = Function("a, b", `return a ${op} b;`);
}
```

A way to output values is also very useful, so we'll wrap `console.log` in a function and call it `imprimir`.

```
topScope.imprimir = value => {
  console.log(value);
  return value;
};
```

That gives us enough elementary tools to write simple programs. The following function provides a convenient way to parse a program and run it in a fresh scope.

```
function run(programa) {
```

```

    return evaluate(parse(programa), Object.create(topScope));
}

```

We'll use object prototype chains to represent nested scopes, so that the program can add bindings to its local scope without changing the top-level scope.

```

run(`
  hacer(definir(total, 0),
    definir(count, 1),
    while(<(count, 11),
      hacer(definir(total, +(total, count)),
        definir(count, +(count, 1)))),
    imprimir(total))
`);
// → 55

```

This is the program we've seen several times before, which computes the sum of the numbers 1 to 10, expressed in Egg. It is clearly uglier than the equivalent JavaScript program—but not bad for a language implemented in less than 150 lines of code.

FUNCTIONS

A programming language without functions is a poor programming language indeed.

Fortunately, it isn't hard to add a `fun` construct, which treats its last argument as the function's body and uses all arguments before that as the names of the function's parameters.

```

specialForms.fun = (args, scope) => {
  if (!args.length) {
    throw new SyntaxError("Functions need a body");
  }
  let body = args[args.length - 1];
  let params = args.slice(0, args.length - 1).map(expr => {
    if (expr.type !== "word") {
      throw new SyntaxError("Parameter names must be words");
    }
    return expr.name;
  });
}

```

```

return function() {
  if (arguments.length !== params.length) {
    throw new TypeError("Wrong number of arguments");
  }
  let localScope = Object.create(scope);
  for (let i = 0; i < arguments.length; i++) {
    localScope[params[i]] = arguments[i];
  }
  return evaluate(body, localScope);
};
};

```

Functions in Egg get their own local scope. The function produced by the `fun` form creates this local scope and adds the argument bindings to it. It then evaluates the function body in this scope and returns the result.

```

run(`
hacer(definir(plusOne, fun(a, +(a, 1))),
  imprimir(plusOne(10)))
`);
// → 11

run(`
hacer(definir(pow, fun(base, exp,
  si==(exp, 0),
    1,
    *(base, pow(base, -(exp, 1)))))),
  imprimir(pow(2, 10)))
`);
// → 1024

```

COMPILATION

What we have built is an interpreter. During evaluation, it acts directly on the representation of the program produced by the parser.

Compilation is the process of adding another step between the parsing and the running of a program, which transforms the program into something that can be evaluated more efficiently by doing as much work as possible in advance. For example, in well-designed languages it is obvious, for each use of a binding, which binding is being referred to, without actually running the program. This can be used to avoid looking up the binding by name every time it is accessed, instead directly fetching it from some predetermined memory location.

Traditionally, compilation involves converting the program to machine code, the raw format that a computer's processor can execute. But any process that converts a program to a different representation can be thought of as compilation.

It would be possible to write an alternative evaluation strategy for Egg, one that first converts the program to a JavaScript program, uses `Function` to invoke the JavaScript compiler on it, and then runs the result. When done right, this would make Egg run very fast while still being quite simple to implement.

If you are interested in this topic and willing to spend some time on it, I encourage you to try to implement such a compiler as an exercise.

CHEATING

When we defined `if` and `while`, you probably noticed that they were more or less trivial wrappers around JavaScript's own `if` and `while`. Similarly, the values in Egg are just regular old JavaScript values.

If you compare the implementation of Egg, built on top of JavaScript, with the amount of work and complexity required to build a programming language directly on the raw functionality provided by a machine, the difference is huge. Regardless, this example hopefully gave you an impression of the way programming languages work.

And when it comes to getting something done, cheating is more effective than doing everything yourself. Though the toy language in this chapter doesn't do anything that couldn't be done better in JavaScript, there *are* situations where writing small languages helps get real work done.

Such a language does not have to resemble a typical programming language. If JavaScript didn't come equipped with regular expressions, for example, you could write your own parser and evaluator for regular expressions.

Or imagine you are building a giant robotic dinosaur and need to program its behavior. JavaScript might not be the most effective way to do this. You might instead opt for a language that looks like this:

```
behavior walk
  perform when
    destination ahead
  actions
    move left-foot
    move right-foot

behavior attack
```

```
perform when
  Godzilla in-view
actions
  fire laser-eyes
  launch arm-rockets
```

This is what is usually called a *domain-specific language*, a language tailored to express a narrow domain of knowledge. Such a language can be more expressive than a general-purpose language because it is designed to describe exactly the things that need to be described in its domain, and nothing else.

EXERCISES

ARRAYS

Add support for arrays to Egg by adding the following three functions to the top scope: `array(...values)` to construct an array containing the argument values, `length(array)` to get an array's length, and `element(array, n)` to fetch the n^{th} element from an array.

CLOSURE

The way we have defined `fun` allows functions in Egg to reference the surrounding scope, allowing the function's body to use local values that were visible at the time the function was defined, just like JavaScript functions do.

The following program illustrates this: function `f` returns a function that adds its argument to `f`'s argument, meaning that it needs access to the local scope inside `f` to be able to use binding `a`.

```
run(`
hacer(definir(f, fun(a, fun(b, +(a, b)))),
  imprimir(f(4)(5)))
`);
// → 9
```

Go back to the definition of the `fun` form and explain which mechanism causes this to work.

COMMENTS

It would be nice if we could write comments in Egg. For example, whenever we find a hash sign (`#`), we could treat the rest of the line as a comment and

ignore it, similar to `//` in JavaScript.

We do not have to make any big changes to the parser to support this. We can simply change `skipSpace` to skip comments as if they are whitespace so that all the points where `skipSpace` is called will now also skip comments. Make this change.

FIXING SCOPE

Currently, the only way to assign a binding a value is `definir`. This construct acts as a way both to define new bindings and to give existing ones a new value.

This ambiguity causes a problem. When you try to give a nonlocal binding a new value, you will end up defining a local one with the same name instead. Some languages work like this by design, but I've always found it an awkward way to handle scope.

Add a special form `set`, similar to `definir`, which gives a binding a new value, updating the binding in an outer scope if it doesn't already exist in the inner scope. If the binding is not defined at all, throw a `ReferenceError` (another standard error type).

The technique of representing scopes as simple objects, which has made things convenient so far, will get in your way a little at this point. You might want to use the `Object.getPrototypeOf` function, which returns the prototype of an object. Also remember that scopes do not derive from `Object.prototype`, so if you want to call `hasOwnProperty` on them, you have to use this clumsy expression:

```
Object.prototype.hasOwnProperty.call(scope, name);
```


“¡Tanto peor! ¡Otra vez la vieja historia! Cuando uno ha acabado de construir su casa advierte que, mientras la construía, ha aprendido, sin darse cuenta, algo que tendría que haber sabido absolutamente antes de comenzar a construir.”

—Friedrich Nietzsche, Más allá del bien y del mal

CHAPTER 13

EL MODELO DE OBJETO DEL DOCUMENTO

Cuando abres una página web en tu navegador, el navegador obtiene el texto de la página HTML y lo analiza, de una manera bastante similar a la manera en que nuestro analizador del [Capítulo 12](#) analizaba los programas. El navegador construye un modelo de la estructura del documento y utiliza este modelo para dibujar la página en la pantalla.

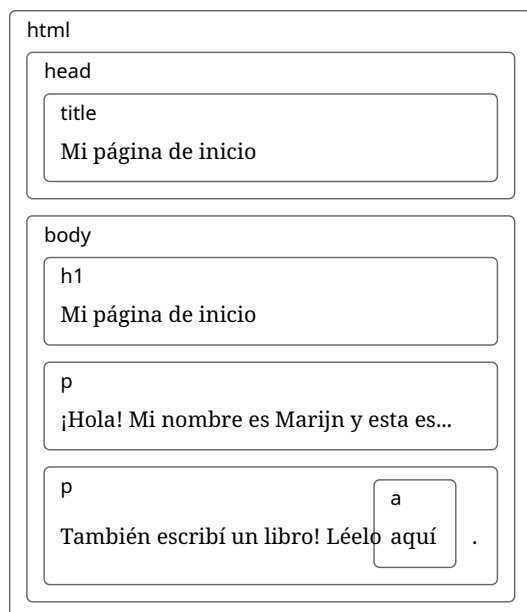
Esta representación del documento es uno de los juguetes que un programa de JavaScript tiene disponible en su caja de arena. Es una estructura de datos que puedes leer o modificar. Y actúa como una estructura en *tiempo real*: cuando se modifica, la página en la pantalla es actualizada para reflejar los cambios.

LA ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Te puedes imaginar a un documento HTML como un conjunto anidado de cajas. Las etiquetas como `<body>` y `</body>` encierran otras etiquetas, que a su vez, contienen otras etiquetas o texto. Este es el documento de ejemplo del [capítulo anterior](#):

```
<!doctype html>
<html>
  <head>
    <title>Mi página de inicio</title>
  </head>
  <body>
    <h1>Mi página de inicio</h1>
    <p>iHola! Mi nombre es Marijn y esta es mi página de inicio.</p>
    <p>También escribí un libro! Léelo
      <a href="http://eloquentjavascript.net">aquí</a>.</p>
  </body>
</html>
```

Esta página tiene la siguiente estructura:



La estructura de datos que el navegador utiliza para representar el documento sigue esta figura. Para cada caja, hay un objeto, con el que podemos interactuar para descubrir cosas como que etiqueta de HTML representa y que cajas y texto contiene. Esta representación es llamada *Modelo de Objeto del Documento* o DOM (*por sus siglas en inglés “Document Object Model”*).

El objeto de enlace global `document` nos da acceso a esos objetos. Su propiedad `documentElement` hace referencia al objeto que representa a la etiqueta `<html>`. Dado que cada documento HTML tiene una cabecera y un cuerpo, también tiene propiedades `head` y `body` que apuntan a esos elementos.

ÁRBOLES

Pensemos en los árboles sintácticos del [Capítulo 12](#) por un momento. Sus estructuras son sorprendentemente similares a la estructura de un documento del navegador. Cada *nodo* puede referirse a otros nodos *hijos* que, a su vez, pueden tener hijos propios. Esta forma es típica de las estructuras anidadas donde los elementos pueden contener sub elementos que son similares a ellos mismos.

Le damos el nombre de *árbol* a una estructura de datos cuando tiene una estructura de ramificación, no tiene ciclos (un nodo no puede contenerse a sí mismo, directa o indirectamente) y tiene una única *raíz* bien definida. En el caso del DOM, `document.documentElement` hace la función de raíz.

Los árboles aparecen constantemente en las ciencias de la computación (*computer science*). Además de representar estructuras recursivas como los docu-

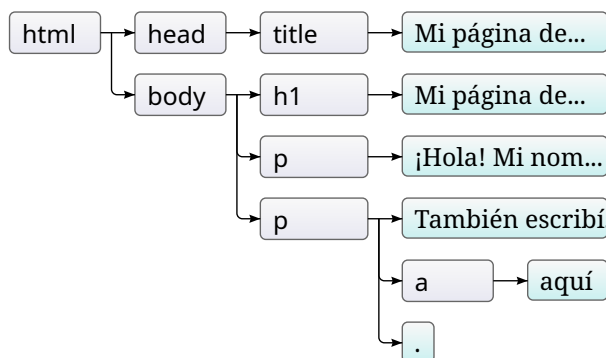
mentos HTML o programas, también son comúnmente usados para mantener conjuntos ordenados de datos debido a que los elementos generalmente pueden ser encontrados o agregados más eficientemente en un árbol que en un arreglo plano.

Un árbol típico tiene diferentes tipos de nodos. El árbol sintáctico del lenguaje *Egg* tenía identificadores, valores y nodos de aplicación. Los nodos de aplicación pueden tener hijos, mientras que los identificadores y valores son *hojas*, o nodos sin hijos.

Lo mismo sucede para el DOM, los nodos para los *elementos*, los cuales representan etiquetas HTML, determinan la estructura del documento. Estos pueden tener nodos hijos. Un ejemplo de estos nodos es `document.body`. Algunos de estos hijos pueden ser nodos hoja, como los fragmentos de texto o los nodos comentario.

Cada objeto *nodo DOM* tiene una propiedad `nodeType`, la cual contiene un código (numérico) que identifica el tipo de nodo. Los *Elementos* tienen el código 1, que también es definido por la propiedad constante `Node.ELEMENT_NODE`. Los nodos de texto, representando una sección de texto en el documento, obtienen el código 3 (`Node.TEXT_NODE`). Los comentarios obtienen el código 8 (`Node.COMMENT_NODE`).

Otra forma de visualizar nuestro árbol de documento es la siguiente:



Las hojas son nodos de texto, y las flechas nos indican las relaciones padre-hijo entre los nodos.

EL ESTÁNDAR

Usar códigos numéricos crípticos para representar a los tipos de nodos no es algo que se parezca al estilo de JavaScript para hacer las cosas. Más adelante en este capítulo, veremos cómo otras partes de la interfaz DOM también se sienten engorrosas y alienígenas. La razón de esto es que DOM no fue diseñado

solamente para JavaScript. Más bien, intenta ser una interfaz *independiente del lenguaje* que puede ser usada en otros sistemas, no solamente para HTML pero también para XML, que es un formato de datos genérico con una sintaxis similar a la de HTML.

Esto es desafortunado. Usualmente los estándares son bastante útiles. Pero en este caso, la ventaja (consistencia entre lenguajes) no es tan conveniente. Tener una interfaz que está propiamente integrada con el lenguaje que estás utilizando te ahorrará más tiempo que tener una interfaz familiar en distintos lenguajes.

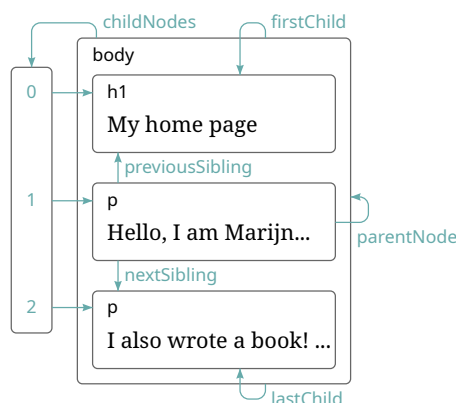
A manera de ejemplo de esta pobre integración, considera la propiedad `childNodes` que los nodos elemento en el DOM tienen. Esta propiedad almacena un objeto parecido a un arreglo, con una propiedad `length` y propiedades etiquetadas por números para acceder a los nodos hijos. Pero es una instancia de tipo `NodeList`, no un arreglo real, por lo que no tiene métodos como `slice` o `map`.

Luego, hay problemas que son simplemente un pobre diseño. Por ejemplo, no hay una manera de crear un nuevo nodo e inmediatamente agregar hijos o atributos. En vez de eso, tienes que crearlo primero y luego agregar los hijos y atributos uno por uno, usando efectos secundarios. El código que interactúa mucho con el DOM tiende a ser largo, repetitivo y feo.

Pero estos defectos no son fatales. Dado que JavaScript nos permite crear nuestra propias abstracciones, es posible diseñar formas mejoradas para expresar las operaciones que estás realizando. Muchas bibliotecas destinadas a la programación del navegador vienen con esas herramientas.

MOVIÉNDOSE A TRAVÉS DEL ÁRBOL

Los nodos del DOM contienen una amplia cantidad de enlaces a otros nodos cercanos. El siguiente diagrama los ilustra:



A pesar de que el diagrama muestra un solo enlace por cada tipo, cada nodo tiene una propiedad `parentNode` que apunta al nodo al que pertenece, si es que hay alguno. Igualmente, cada nodo *elemento* (nodo tipo 1) tiene una propiedad `childNodes` que apunta a un objeto similar a un arreglo que almacena a sus hijos.

En teoría, te deberías poder mover donde quieras en el árbol utilizando únicamente estos enlaces entre padre e hijo. Pero JavaScript también te otorga acceso a un número de enlaces adicionales convenientes. Las propiedades `firstChild` y `lastChild` apuntan al primer y último elementos hijo, o tiene el valor `null` para nodos sin hijos. De manera similar, las propiedades `previousSibling` y `nextSibling` apuntan a los nodos adyacentes, los cuales, son nodos con el mismo padre que aparecen inmediatamente antes o después del nodo. Para el primer hijo `previousSibling` será `null` y para el último hijo, `nextSibling` será `null`.

También existe una propiedad `children`, que es parecida a `childNodes` pero contiene únicamente hijos de tipo *elemento* (tipo 1), excluyendo otros tipos de nodos. Esto puede ser útil cuando no estás interesando en nodos de tipo texto.

Cuando estás tratando con estructuras de datos anidadas como esta, las funciones recursivas son generalmente útiles. La siguiente función escanea un documento por nodos de texto que contengan una cadena dada y regresan `true` en caso de que encuentren una:

```
function hablaSobre(nodo, cadena) {
  if (nodo.nodeType == Node.ELEMENT_NODE) {
    for (let i = 0; i < nodo.childNodes.length; i++) {
      if (hablaSobre(nodo.childNodes[i], cadena)) {
        return true;
      }
    }
    return false;
  } else if (nodo.nodeType == Node.TEXT_NODE) {
    return nodo.nodeValue.indexOf(cadena) > -1;
  }
}

console.log(hablaSobre(document.body, "libro"));
// → true
```

Debido a que `childNodes` no es un arreglo real, no podemos iterar sobre el usando `for/of` por lo que tenemos que iterar sobre el rango del índice usando un `for` regular o usando `Array.from`.

La propiedad `nodeValue` de un nodo de texto almacena la cadena de texto que representa.

BUSCAR ELEMENTOS

Navegar por estos enlaces entre padres, hijos y hermanos suele ser útil. Pero si queremos encontrar un nodo específico en el documento, alcanzarlo comenzando en `document.body` y siguiendo un camino fijo de propiedades es una mala idea. Hacerlo genera suposiciones en nuestro programa sobre la estructura precisa del documento que tal vez quieras cambiar después. Otro factor complicado es que los nodos de texto son creados incluso para los espacios en blanco entre nodos. La etiqueta `<body>` en el documento de ejemplo no tiene solamente tres hijos (`<h1>` y dos elementos `<p>`), en realidad tiene siete: esos tres, más los espacios posteriores y anteriores entre ellos.

Por lo que si queremos obtener el atributo `href` del enlace en ese documento, no queremos decir algo como “Obten el segundo hijo del sexto hijo del elemento *body* del documento”. Sería mejor si pudiéramos decir “Obten el primer enlace en el documento”. Y de hecho podemos.

```
let link = document.body.getElementsByTagName("a")[0];
console.log(link.href);
```

Todos los nodos *elemento* tienen un método `getElementsByTagName`, el cual recolecta a todos los elementos con un nombre de etiqueta dado que son descendientes (hijos directos o indirectos) de ese nodo y los regresa como un objeto parecido a un arreglo.

Para encontrar un *único* nodo en específico, puedes otorgarle un atributo `id` y usar `document.getElementById`.

```
<p>Mi avestruz Gertrudiz:</p>
<p></p>

<script>
  let avestruz = document.getElementById("gertrudiz");
  console.log(avestruz.src);
</script>
```

Un tercer método similar es `getElementsByTagName`, el cual, de manera similar a `getElementsByTagName` busca a través de los contenidos de un nodo elemento y obtiene todos los elementos que tienen una cadena dada en su

attributo class.

ACTUALIZAR EL DOCUMENTO

Almost everything about the DOM data structure can be changed. The shape of the document tree can be modified by changing parent-child relationships. Nodes have a `remove` method to remove them from their current parent node. To add a child node to an element node, we can use `appendChild`, which puts it at the end of the list of children, or `insertBefore`, which inserts the node given as the first argument before the node given as the second argument.

```
<p>One</p>
<p>Two</p>
<p>Three</p>

<script>
  let paragraphs = document.getElementsByTagName("p");
  document.body.insertBefore(paragraphs[2], paragraphs[0]);
</script>
```

A node can exist in the document in only one place. Thus, inserting paragraph *Three* in front of paragraph *One* will first remove it from the end of the document and then insert it at the front, resulting in *Three/One/Two*. All operations that insert a node somewhere will, as a side effect, cause it to be removed from its current position (if it has one).

The `replaceChild` method is used to replace a child node with another one. It takes as arguments two nodes: a new node and the node to be replaced. The replaced node must be a child of the element the method is called on. Note that both `replaceChild` and `insertBefore` expect the *new* node as their first argument.

CREATING NODES

Say we want to write a script that replaces all images (`` tags) in the document with the text held in their `alt` attributes, which specifies an alternative textual representation of the image.

This involves not only removing the images but adding a new text node to replace them. Text nodes are created with the `document.createTextNode` method.

```
<p>The  in the
  .</p>
```

```

<p><button onclick="replaceImages()">Replace</button></p>

<script>
  function replaceImages() {
    let images = document.body.getElementsByTagName("img");
    for (let i = images.length - 1; i >= 0; i--) {
      let image = images[i];
      if (image.alt) {
        let text = document.createTextNode(image.alt);
        image.parentNode.replaceChild(text, image);
      }
    }
  }
</script>

```

Given a string, `createTextNode` gives us a text node that we can insert into the document to make it show up on the screen.

The loop that goes over the images starts at the end of the list. This is necessary because the node list returned by a method like `getElementsByTagName` (or a property like `childNodes`) is *live*. That is, it is updated as the document changes. If we started from the front, removing the first image would cause the list to lose its first element so that the second time the loop repeats, where `i` is 1, it would stop because the length of the collection is now also 1.

If you want a *solid* collection of nodes, as opposed to a live one, you can convert the collection to a real array by calling `Array.from`.

```

let arrayish = {0: "one", 1: "two", length: 2};
let array = Array.from(arrayish);
console.log(array.map(s => s.toUpperCase()));
// → ["ONE", "TWO"]

```

To create element nodes, you can use the `document.createElement` method. This method takes a tag name and returns a new empty node of the given type.

The following example defines a utility `elt`, which creates an element node and treats the rest of its arguments as children to that node. This function is then used to add an attribution to a quote.

```

<blockquote id="quote">
  No book can ever be finished. While working on it we learn
  just enough to find it immature the moment we turn away
  from it.

```


</blockquote>

```
<script>
function elt(type, ...children) {
  let node = document.createElement(type);
  for (let child of children) {
    if (typeof child !== "string") node.appendChild(child);
    else node.appendChild(document.createTextNode(child));
  }
  return node;
}

document.getElementById("quote").appendChild(
  elt("footer", "-",
    elt("strong", "Karl Popper"),
    ", preface to the second edition of ",
    elt("em", "The Open Society and Its Enemies"),
    ", 1950"));
</script>
```

This is what the resulting document looks like:

```
No book can ever be finished. While working on it we learn
just enough to find it immature the moment we turn away
from it.
—Karl Popper, preface to the second edition of The Open
Society and Its Enemies, 1950
```

ATTRIBUTES

Some element attributes, such as `href` for links, can be accessed through a property of the same name on the element's DOM object. This is the case for most commonly used standard attributes.

But HTML allows you to set any attribute you want on nodes. This can be useful because it allows you to store extra information in a document. If you make up your own attribute names, though, such attributes will not be present as properties on the element's node. Instead, you have to use the `getAttribute` and `setAttribute` methods to work with them.

```
<p data-classified="secret">The launch code is 00000000.</p>
<p data-classified="unclassified">I have two feet.</p>
```

```
<script>
let paras = document.body.getElementsByTagName("p");
for (let para of Array.from(paras)) {
```

```

        if (para.getAttribute("data-classified") == "secret") {
            para.remove();
        }
    }
</script>

```

It is recommended to prefix the names of such made-up attributes with `data-` to ensure they do not conflict with any other attributes.

There is a commonly used attribute, `class`, which is a keyword in the JavaScript language. For historical reasons—some old JavaScript implementations could not handle property names that matched keywords—the property used to access this attribute is called `className`. You can also access it under its real name, `"class"`, by using the `getAttribute` and `setAttribute` methods.

LAYOUT

You may have noticed that different types of elements are laid out differently. Some, such as paragraphs (`<p>`) or headings (`<h1>`), take up the whole width of the document and are rendered on separate lines. These are called *block* elements. Others, such as links (`<a>`) or the `` element, are rendered on the same line with their surrounding text. Such elements are called *inline* elements.

For any given document, browsers are able to compute a layout, which gives each element a size and position based on its type and content. This layout is then used to actually draw the document.

The size and position of an element can be accessed from JavaScript. The `offsetWidth` and `offsetHeight` properties give you the space the element takes up in *pixels*. A pixel is the basic unit of measurement in the browser. It traditionally corresponds to the smallest dot that the screen can draw, but on modern displays, which can draw *very* small dots, that may no longer be the case, and a browser pixel may span multiple display dots.

Similarly, `clientWidth` and `clientHeight` give you the size of the space *inside* the element, ignoring border width.

```

<p style="border: 3px solid red">
  I'm boxed in
</p>

<script>
  let para = document.body.getElementsByTagName("p")[0];
  console.log("clientHeight:", para.clientHeight);
  console.log("offsetHeight:", para.offsetHeight);

```

</script>

Giving a paragraph a border causes a rectangle to be drawn around it.

I'm boxed in

The most effective way to find the precise position of an element on the screen is the `getBoundingClientRect` method. It returns an object with `top`, `bottom`, `left`, and `right` properties, indicating the pixel positions of the sides of the element relative to the top left of the screen. If you want them relative to the whole document, you must add the current scroll position, which you can find in the `pageXOffset` and `pageYOffset` bindings.

Laying out a document can be quite a lot of work. In the interest of speed, browser engines do not immediately re-layout a document every time you change it but wait as long as they can. When a JavaScript program that changed the document finishes running, the browser will have to compute a new layout to draw the changed document to the screen. When a program *asks* for the position or size of something by reading properties such as `offsetHeight` or calling `getBoundingClientRect`, providing correct information also requires computing a layout.

A program that repeatedly alternates between reading DOM layout information and changing the DOM forces a lot of layout computations to happen and will consequently run very slowly. The following code is an example of this. It contains two different programs that build up a line of *X* characters 2,000 pixels wide and measures the time each one takes.

```
<p><span id="one"></span></p>
<p><span id="two"></span></p>

<script>
  function time(name, action) {
    let start = Date.now(); // Current time in milliseconds
    action();
    console.log(name, "took", Date.now() - start, "ms");
  }

  time("naive", () => {
    let target = document.getElementById("one");
    while (target.offsetWidth < 2000) {
      target.appendChild(document.createTextNode("X"));
    }
  });
  // → naive took 32 ms
```

```

time("clever", function() {
  let target = document.getElementById("two");
  target.appendChild(document.createTextNode("XXXXX"));
  let total = Math.ceil(2000 / (target.offsetWidth / 5));
  target.firstChild.nodeValue = "X".repeat(total);
});
// → clever took 1 ms
</script>

```

STYLING

We have seen that different HTML elements are drawn differently. Some are displayed as blocks, others inline. Some add styling—`` makes its content bold, and `<a>` makes it blue and underlines it.

The way an `` tag shows an image or an `<a>` tag causes a link to be followed when it is clicked is strongly tied to the element type. But we can change the styling associated with an element, such as the text color or underline. Here is an example that uses the `style` property:

```

<p><a href=".">Normal link</a></p>
<p><a href="." style="color: green">Green link</a></p>

```

The second link will be green instead of the default link color.

[Normal link](#)

[Green link](#)

A style attribute may contain one or more *declarations*, which are a property (such as `color`) followed by a colon and a value (such as `green`). When there is more than one declaration, they must be separated by semicolons, as in `"color: red; border: none"`.

A lot of aspects of the document can be influenced by styling. For example, the `display` property controls whether an element is displayed as a block or an inline element.

```

This text is displayed <strong>inline</strong>,
<strong style="display: block">as a block</strong>, and
<strong style="display: none">not at all</strong>.

```

The `block` tag will end up on its own line since block elements are not displayed inline with the text around them. The last tag is not displayed at

all—`display: none` prevents an element from showing up on the screen. This is a way to hide elements. It is often preferable to removing them from the document entirely because it makes it easy to reveal them again later.

This text is displayed **inline**,
as a block
, and .

JavaScript code can directly manipulate the style of an element through the element's `style` property. This property holds an object that has properties for all possible style properties. The values of these properties are strings, which we can write to in order to change a particular aspect of the element's style.

```
<p id="para" style="color: purple">
  Nice text
</p>

<script>
  let para = document.getElementById("para");
  console.log(para.style.color);
  para.style.color = "magenta";
</script>
```

Some style property names contain hyphens, such as `font-family`. Because such property names are awkward to work with in JavaScript (you'd have to say `style["font-family"]`), the property names in the `style` object for such properties have their hyphens removed and the letters after them capitalized (`style.fontFamily`).

CASCADING STYLES

The styling system for HTML is called CSS, for *Cascading Style Sheets*. A *style sheet* is a set of rules for how to style elements in a document. It can be given inside a `<style>` tag.

```
<style>
  strong {
    font-style: italic;
    color: gray;
  }
</style>
<p>Now <strong>strong text</strong> is italic and gray.</p>
```

The *cascading* in the name refers to the fact that multiple such rules are combined to produce the final style for an element. In the example, the default styling for `` tags, which gives them `font-weight: bold`, is overlaid by the rule in the `<style>` tag, which adds `font-style` and `color`.

When multiple rules define a value for the same property, the most recently read rule gets a higher precedence and wins. So if the rule in the `<style>` tag included `font-weight: normal`, contradicting the default `font-weight` rule, the text would be normal, *not* bold. Styles in a `style` attribute applied directly to the node have the highest precedence and always win.

It is possible to target things other than tag names in CSS rules. A rule for `.abc` applies to all elements with "abc" in their `class` attribute. A rule for `#xyz` applies to the element with an `id` attribute of "xyz" (which should be unique within the document).

```
.subtle {
  color: gray;
  font-size: 80%;
}
#header {
  background: blue;
  color: white;
}
/* p elements with id main and with classes a and b */
p#main.a.b {
  margin-bottom: 20px;
}
```

The precedence rule favoring the most recently defined rule applies only when the rules have the same *specificity*. A rule's specificity is a measure of how precisely it describes matching elements, determined by the number and kind (tag, class, or ID) of element aspects it requires. For example, a rule that targets `p.a` is more specific than rules that target `p` or just `.a` and would thus take precedence over them.

The notation `p > a ...{ }` applies the given styles to all `<a>` tags that are direct children of `<p>` tags. Similarly, `p a ...{ }` applies to all `<a>` tags inside `<p>` tags, whether they are direct or indirect children.

QUERY SELECTORS

We won't be using style sheets all that much in this book. Understanding them is helpful when programming in the browser, but they are complicated enough to warrant a separate book.

The main reason I introduced *selector* syntax—the notation used in style sheets to determine which elements a set of styles apply to—is that we can use this same mini-language as an effective way to find DOM elements.

The `querySelectorAll` method, which is defined both on the document object and on element nodes, takes a selector string and returns a `NodeList` containing all the elements that it matches.

```
<p>And if you go chasing
  <span class="animal">rabbits</span></p>
<p>And you know you're going to fall</p>
<p>Tell 'em a <span class="character">hookah smoking
  <span class="animal">caterpillar</span></span></p>
<p>Has given you the call</p>

<script>
  function count(selector) {
    return document.querySelectorAll(selector).length;
  }
  console.log(count("p"));           // All <p> elements
  // → 4
  console.log(count(".animal"));     // Class animal
  // → 2
  console.log(count("p .animal"));   // Animal inside of <p>
  // → 2
  console.log(count("p > .animal")); // Direct child of <p>
  // → 1
</script>
```

Unlike methods such as `getElementsByTagName`, the object returned by `querySelectorAll` is *not* live. It won't change when you change the document. It is still not a real array, though, so you still need to call `Array.from` if you want to treat it like one.

The `querySelector` method (without the `All` part) works in a similar way. This one is useful if you want a specific, single element. It will return only the first matching element or null when no element matches.

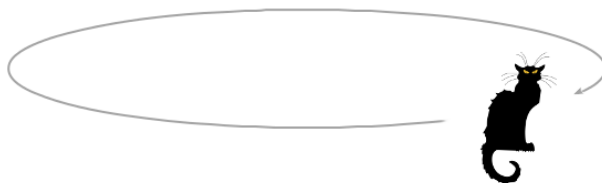
POSITIONING AND ANIMATING

The `position` style property influences layout in a powerful way. By default it has a value of `static`, meaning the element sits in its normal place in the document. When it is set to `relative`, the element still takes up space in the document, but now the `top` and `left` style properties can be used to move it relative to that normal place. When `position` is set to `absolute`, the element is removed from the normal document flow—that is, it no longer takes up space and may overlap with other elements. Also, its `top` and `left` properties can be used to absolutely position it relative to the top-left corner of the nearest enclosing element whose `position` property isn't `static`, or relative to the document if no such enclosing element exists.

We can use this to create an animation. The following document displays a picture of a cat that moves around in an ellipse:

```
<p style="text-align: center">
  
</p>
<script>
  let cat = document.querySelector("img");
  let angle = Math.PI / 2;
  function animate(time, lastTime) {
    if (lastTime != null) {
      angle += (time - lastTime) * 0.001;
    }
    cat.style.top = (Math.sin(angle) * 20) + "px";
    cat.style.left = (Math.cos(angle) * 200) + "px";
    requestAnimationFrame(newTime => animate(newTime, time));
  }
  requestAnimationFrame(animate);
</script>
```

The gray arrow shows the path along which the image moves.



Our picture is centered on the page and given a `position` of `relative`. We'll repeatedly update that picture's `top` and `left` styles to move it.

The script uses `requestAnimationFrame` to schedule the `animate` function to run whenever the browser is ready to repaint the screen. The `animate` function

itself again calls `requestAnimationFrame` to schedule the next update. When the browser window (or tab) is active, this will cause updates to happen at a rate of about 60 per second, which tends to produce a good-looking animation.

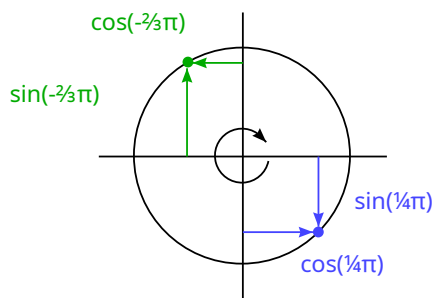
If we just updated the DOM in a loop, the page would freeze, and nothing would show up on the screen. Browsers do not update their display while a JavaScript program is running, nor do they allow any interaction with the page. This is why we need `requestAnimationFrame`—it lets the browser know that we are done for now, and it can go ahead and do the things that browsers do, such as updating the screen and responding to user actions.

The animation function is passed the current time as an argument. To ensure that the motion of the cat per millisecond is stable, it bases the speed at which the angle changes on the difference between the current time and the last time the function ran. If it just moved the angle by a fixed amount per step, the motion would stutter if, for example, another heavy task running on the same computer were to prevent the function from running for a fraction of a second.

Moving in circles is done using the trigonometry functions `Math.cos` and `Math.sin`. For those who aren't familiar with these, I'll briefly introduce them since we will occasionally use them in this book.

`Math.cos` and `Math.sin` are useful for finding points that lie on a circle around point (0,0) with a radius of one. Both functions interpret their argument as the position on this circle, with zero denoting the point on the far right of the circle, going clockwise until 2π (about 6.28) has taken us around the whole circle. `Math.cos` tells you the x-coordinate of the point that corresponds to the given position, and `Math.sin` yields the y-coordinate. Positions (or angles) greater than 2π or less than 0 are valid—the rotation repeats so that $a+2\pi$ refers to the same angle as a .

This unit for measuring angles is called radians—a full circle is 2π radians, similar to how it is 360 degrees when measuring in degrees. The constant π is available as `Math.PI` in JavaScript.



The cat animation code keeps a counter, `angle`, for the current angle of the animation and increments it every time the `animate` function is called. It can

then use this angle to compute the current position of the image element. The `top` style is computed with `Math.sin` and multiplied by 20, which is the vertical radius of our ellipse. The `left` style is based on `Math.cos` and multiplied by 200 so that the ellipse is much wider than it is high.

Note that styles usually need *units*. In this case, we have to append "px" to the number to tell the browser that we are counting in pixels (as opposed to centimeters, "ems", or other units). This is easy to forget. Using numbers without units will result in your style being ignored—unless the number is 0, which always means the same thing, regardless of its unit.

SUMMARY

JavaScript programs may inspect and interfere with the document that the browser is displaying through a data structure called the DOM. This data structure represents the browser's model of the document, and a JavaScript program can modify it to change the visible document.

The DOM is organized like a tree, in which elements are arranged hierarchically according to the structure of the document. The objects representing elements have properties such as `parentNode` and `childNodes`, which can be used to navigate through this tree.

The way a document is displayed can be influenced by *styling*, both by attaching styles to nodes directly and by defining rules that match certain nodes. There are many different style properties, such as `color` or `display`. JavaScript code can manipulate an element's style directly through its `style` property.

EXERCISES

BUILD A TABLE

An HTML table is built with the following tag structure:

```
<table>
  <tr>
    <th>name</th>
    <th>height</th>
    <th>place</th>
  </tr>
  <tr>
    <td>Kilimanjaro</td>
    <td>5895</td>
    <td>Tanzania</td>
```

```
</tr>
</table>
```

For each *row*, the `<table>` tag contains a `<tr>` tag. Inside of these `<tr>` tags, we can put cell elements: either heading cells (`<th>`) or regular cells (`<td>`).

Given a data set of mountains, an array of objects with `name`, `height`, and `place` properties, generate the DOM structure for a table that enumerates the objects. It should have one column per key and one row per object, plus a header row with `<th>` elements at the top, listing the column names.

Write this so that the columns are automatically derived from the objects, by taking the property names of the first object in the data.

Add the resulting table to the element with an `id` attribute of `"mountains"` so that it becomes visible in the document.

Once you have this working, right-align cells that contain number values by setting their `style.textAlign` property to `"right"`.

ELEMENTS BY TAG NAME

The `document.getElementsByTagName` method returns all child elements with a given tag name. Implement your own version of this as a function that takes a node and a string (the tag name) as arguments and returns an array containing all descendant element nodes with the given tag name.

To find the tag name of an element, use its `nodeName` property. But note that this will return the tag name in all uppercase. Use the `toLowerCase` or `toUpperCase` string methods to compensate for this.

THE CAT'S HAT

Extend the cat animation defined [earlier](#) so that both the cat and his hat (``) orbit at opposite sides of the ellipse.

Or make the hat circle around the cat. Or alter the animation in some other interesting way.

To make positioning multiple objects easier, it is probably a good idea to switch to absolute positioning. This means that `top` and `left` are counted relative to the top left of the document. To avoid using negative coordinates, which would cause the image to move outside of the visible page, you can add a fixed number of pixels to the position values.

EXERCISE HINTS

The hints below might help when you are stuck with one of the exercises in this book. They don't give away the entire solution, but rather try to help you find it yourself.

ESTRUCTURA DE PROGRAMA

CICLO DE UN TRIÁNGULO

Puedes comenzar con un programa que imprima los números del 1 al 7, al que puedes derivar haciendo algunas modificaciones al [ejemplo de impresión de números pares](#) dado anteriormente en el capítulo, donde se introdujo el ciclo `for`.

Ahora considera la equivalencia entre números y strings de caracteres de numeral. Puedes ir de 1 a 2 agregando 1 (`+= 1`). Puedes ir de `"#"` a `###` agregando un caracter (`+= "#"`). Por lo tanto, tu solución puede seguir de cerca el programa de impresión de números.

FIZZBUZZ

Ir a través de los números es claramente el trabajo de un ciclo y seleccionar qué imprimir es una cuestión de ejecución condicional. Recuerda el truco de usar el operador restante (`%`) para verificar si un número es divisible por otro número (tiene un residuo de cero).

En la primera versión, hay tres resultados posibles para cada número, por lo que tendrás que crear una cadena `if/else if/else`.

La segunda versión del programa tiene una solución directa y una inteligente. La manera simple es agregar otra “rama” condicional para probar precisamente la condición dada. Para el método inteligente, crea un string que contenga la palabra o palabras a imprimir e imprimir ya sea esta palabra o el número si no hay una palabra, posiblemente haciendo un buen uso del operador `||`.

TABLERO DE AJEDREZ

El string se puede construir comenzando con un string vacío ("") y repetidamente agregando caracteres. Un carácter de nueva línea se escribe "\n".

Para trabajar con dos dimensiones, necesitarás un ciclo dentro de un ciclo. Coloca llaves alrededor de los cuerpos de ambos ciclos para hacer fácil de ver dónde comienzan y terminan. Intenta indentar adecuadamente estos cuerpos. El orden de los ciclos debe seguir el orden en el que construimos el string (línea por línea, izquierda a derecha, arriba a abajo). Entonces el ciclo externo maneja las líneas y el ciclo interno maneja los caracteres en una sola línea.

Necesitará dos vinculaciones para seguir tu progreso. Para saber si debes poner un espacio o un signo de numeral en una posición determinada, podrías probar si la suma de los dos contadores es par (% 2).

Terminar una línea al agregar un carácter de nueva línea debe suceder después de que la línea ha sido creada, entonces haz esto después del ciclo interno pero dentro del bucle externo.

FUNCIONES

MÍNIMO

Si tienes problemas para poner llaves y paréntesis en los lugares correctos para obtener una definición válida de función, comienza copiando uno de los ejemplos en este capítulo y modificándolo.

Una función puede contener múltiples declaraciones de `return`.

RECUSIÓN

Es probable que tu función se vea algo similar a la función interna `encontrar` en la función recursiva `encontrarSolucion` de [ejemplo](#) en este capítulo, con una cadena `if/else if/else` que prueba cuál de los tres casos aplica. El `else` final, correspondiente al tercer caso, hace la llamada recursiva. Cada una de las ramas debe contener una declaración de `return` u organizarse de alguna otra manera para que un valor específico sea retornado.

Cuando se le dé un número negativo, la función volverá a repetirse una y otra vez, pasándose a sí misma un número cada vez más negativo, quedando así más y más lejos de devolver un resultado. Eventualmente quedándose sin espacio en la pila y abortando el programa.

CONTEO DE FRIJOLES

TU función necesitará de un ciclo que examine cada carácter en el string. Puede correr desde un índice de cero a uno por debajo de su longitud (`< string.length`). Si el carácter en la posición actual es el mismo al que se está buscando en la función, agrega 1 a una variable contador. Una vez que el ciclo haya terminado, puedes retornar el contador.

Ten cuidado de hacer que todos las vinculaciones utilizadas en la función sean *locales* a la función usando la palabra clave `let` o `const`.

ESTRUCTURAS DE DATOS: OBJETOS Y ARRAYS

LA SUMA DE UN RANGO

Construir un array se realiza más fácilmente al inicializar primero una vinculación a `[]` (un array nuevo y vacío) y llamando repetidamente a su método `push` para agregar un valor. No te olvides de retornar el array al final de la función.

Dado que el límite final es inclusivo, deberías usar el operador `<=` en lugar de `<` para verificar el final de tu ciclo.

El parámetro de paso puede ser un parámetro opcional que por defecto (usando el operador `=`) tenga el valor 1.

Hacer que `rango` entienda valores de paso negativos es probablemente mas facil de realizar al escribir dos ciclos por separado—uno para contar hacia arriba y otro para contar hacia abajo—ya que la comparación que verifica si el ciclo está terminado necesita ser `>=` en lugar de `<=` cuando se cuenta hacia abajo.

También puede que valga la pena utilizar un paso predeterminado diferente, es decir `-1`, cuando el final del rango sea menor que el inicio. De esa manera, `rango(5, 2)` retornaria algo significativo, en lugar de quedarse atascado en un ciclo infinito. Es posible referirse a parámetros anteriores en el valor predeterminado de un parámetro.

REVIRTIENDO UN ARRAY

Hay dos maneras obvias de implementar `revertirArray`. La primera es simplemente pasar a traves del array de entrada de adelante hacia atrás y usar el metodo `unshift` en el nuevo array para insertar cada elemento en su inicio. La segundo es hacer un ciclo sobre el array de entrada de atrás hacia adelante y usar el método `push`. Iterar sobre un array al revés requiere de una especificación (algo incómoda) del ciclo `for`, como `(let i = array.length - 1; i >= 0; i--)`.

Revertir al array en su lugar es más difícil. Tienes que tener cuidado de no sobrescribir elementos que necesitarás luego. Usar `revertirArray` o de lo contrario, copiar toda el array (`array.slice(0)` es una buena forma de copiar un array) funciona pero estás haciendo trampa.

El truco consiste en *intercambiar* el primer y el último elemento, luego el segundo y el penúltimo, y así sucesivamente. Puedes hacer esto haciendo un ciclo basandote en la mitad de la longitud del array (use `Math.floor` para redondear—no necesitas tocar el elemento del medio en un array con un número impar de elementos) e intercambiar el elemento en la posición `i` con el de la posición `array.length - 1 - i`. Puedes usar una vinculación local para aferrarse brevemente a uno de los elementos, sobrescribirlo con su imagen espejo, y luego poner el valor de la vinculación local en el lugar donde solía estar la imagen espejo.

UNA LISTA

Crear una lista es más fácil cuando se hace de atrás hacia adelante. Entonces `arrayALista` podría iterar sobre el array hacia atrás (ver ejercicio anterior) y, para cada elemento, agregar un objeto a la lista. Puedes usar una vinculación local para mantener la parte de la lista que se construyó hasta el momento y usar una asignación como `lista = {valor: X, resto: lista}` para agregar un elemento.

Para correr a través de una lista (en `listaAArray` y `posicion`), una especificación del ciclo `for` como esta se puede utilizar:

```
for (let nodo = lista; nodo; nodo = nodo.resto) {}
```

Puedes ver cómo eso funciona? En cada iteración del ciclo, `nodo` apunta a la sublista actual, y el cuerpo puede leer su propiedad `valor` para obtener el elemento actual. Al final de una iteración, `nodo` se mueve a la siguiente sublista. Cuando eso es nulo, hemos llegado al final de la lista y el ciclo termina.

La versión recursiva de `posición`, de manera similar, mirará a una parte más pequeña de la “cola” de la lista y, al mismo tiempo, contará atrás el índice hasta que llegue a cero, en cuyo punto puede retornar la propiedad `valor` del nodo que está mirando. Para obtener el elemento cero de una lista, simplemente toma la propiedad `valor` de su nodo frontal. Para obtener el elemento $N + 1$, toma el elemento N de la lista que este en la propiedad `resto` de esta lista.

COMPARACIÓN PROFUNDA

Tu prueba de si estás tratando con un objeto real se verá algo así como `typeof x == "object" && x != null`. Ten cuidado de comparar propiedades solo cuando *ambos* argumentos sean objetos. En todo los otros casos, puede retornar inmediatamente el resultado de aplicar `===`.

Usa `Object.keys` para revisar las propiedades. Necesitas probar si ambos objetos tienen el mismo conjunto de nombres de propiedad y si esos propiedades tienen valores idénticos. Una forma de hacerlo es garantizar que ambos objetos tengan el mismo número de propiedades (las longitudes de las listas de propiedades son las mismas). Y luego, al hacer un ciclo sobre una de las propiedades del objeto para compararlos, siempre asegúrate primero de que el otro realmente tenga una propiedad con ese mismo nombre. Si tienen el mismo número de propiedades, y todas las propiedades en uno también existen en el otro, tienen el mismo conjunto de nombres de propiedad.

Retornar el valor correcto de la función se realiza mejor al inmediatamente retornar falso cuando se encuentre una discrepancia y retornar verdadero al final de la función.

FUNCIONES DE ORDEN SUPERIOR

CADA

Al igual que el operador `&&`, el método `every` puede dejar de evaluar más elementos tan pronto como haya encontrado uno que no coincida. Entonces la versión basada en un ciclo puede saltar fuera del ciclo—con `break` o `return`—tan pronto como se encuentre con un elemento para el cual la función predicado retorne falso. Si el ciclo corre hasta su final sin encontrar tal elemento, sabemos que todos los elementos coinciden y debemos retornar verdadero.

Para construir `cada` usando `some`, podemos aplicar las *leyes De Morgan*, que establecen que `a && b` es igual a `!(!a || ! b)`. Esto puede ser generalizado a arrays, donde todos los elementos del array coinciden si no hay elemento en el array que no coincida.

DIRECCIÓN DE ESCRITURA DOMINANTE

Tu solución puede parecerse mucho a la primera mitad del ejemplo `codigosTexto`. De nuevo debes contar los caracteres por el criterio basado en `codigoCaracter`, y luego filtrar hacia afuera la parte del resultado que se refiere a caracteres sin interés (que no tengan `codigos`).

Encontrar la dirección con la mayor cantidad de caracteres se puede hacer con `reduce`. Si no está claro cómo, refiérate al ejemplo anterior en el capítulo, donde se usa `reduce` para encontrar el código con la mayoría de los caracteres.

LA VIDA SECRETA DE LOS OBJETOS

UN TIPO VECTOR

Mira de nuevo al ejemplo de la clase `Conejo` si no recuerdas muy bien como se ven las declaraciones de clases.

Agregar una propiedad `getter` al constructor se puede hacer al poner la palabra `get` antes del nombre del método. Para calcular la distancia desde $(0, 0)$ a (x, y) , puedes usar el teorema de Pitágoras, que dice que el cuadrado de la distancia que estamos buscando es igual al cuadrado de la coordenada x más el cuadrado de la coordenada y . Por lo tanto, $\sqrt{x^2 + y^2}$ es el número que quieres, y `Math.sqrt` es la forma en que calculas una raíz cuadrada en JavaScript.

CONJUNTOS

La forma más fácil de hacer esto es almacenar un array con los miembros del conjunto en una propiedad de instancia. Los métodos `includes` o `indexOf` pueden ser usados para verificar si un valor dado está en el array.

El constructor de clase puede establecer la colección de miembros como un array vacío. Cuando se llama a `añadir`, debes verificar si el valor dado está en el conjunto y agregarlo, por ejemplo con `push`, de lo contrario.

Eliminar un elemento de un array, en `eliminar`, es menos sencillo, pero puedes usar `filter` para crear un nuevo array sin el valor. No te olvides de sobrescribir la propiedad que sostiene los miembros del conjunto con la versión recién filtrada del array.

El método `desde` puede usar un bucle `for/of` para obtener los valores de el objeto iterable y llamar a `añadir` para ponerlos en un conjunto recién creado.

CONJUNTOS ITERABLES

Probablemente valga la pena definir una nueva clase `IteradorConjunto`. Las instancias de `Iterador` deberían tener una propiedad que rastree la posición actual en el conjunto. Cada vez que se invoque a `next`, este comprueba si está hecho, y si no, se mueve más allá del valor actual y lo retorna.

La clase `Conjunto` recibe un método llamado por `Symbol.iterator` que, cuando se llama, retorna una nueva instancia de la clase de iterador para ese grupo.

TOMANDO UN MÉTODO PRESTADO

Recuerda que los métodos que existen en objetos simples provienen de `Object.prototype`.

Y que puedes llamar a una función con una vinculación `this` específica al usar su método `call`.

PROYECTO: UN ROBOT

MIDIENDO UN ROBOT

Tendrás que escribir una variante de la función `correrRobot` que, en lugar de registrar los eventos en la consola, retorne el número de pasos que le tomó al robot completar la tarea.

Tu función de medición puede, en un ciclo, generar nuevos estados y contar los pasos que lleva cada uno de los robots. Cuando has generado suficientes mediciones, puedes usar `console.log` para mostrar el promedio de cada robot, que es la cantidad total de pasos tomados dividido por el número de mediciones

EFICIENCIA DEL ROBOT

La principal limitación de `robotOrientadoAMetas` es que solo considera un paquete a la vez. A menudo caminará de ida y vuelta por el pueblo porque el paquete que resulta estar mirando sucede que esta en el otro lado del mapa, incluso si hay otros mucho más cerca.

Una posible solución sería calcular rutas para todos los paquetes, y luego tomar la más corta. Se pueden obtener incluso mejores resultados, si hay múltiples rutas más cortas, al ir prefiriendo las que van a recoger un paquete en lugar de entregar un paquete.

CONJUNTO PERSISTENTE

La forma más conveniente de representar el conjunto de valores de miembro sigue siendo un array, ya que son fáciles de copiar.

Cuando se agrega un valor al grupo, puedes crear un nuevo grupo con una copia del array original que tiene el valor agregado (por ejemplo, usando `concat`). Cuando se borra un valor, lo filtra afuera del array.

El constructor de la clase puede tomar un array como argumento, y almacenarlo como la (única) propiedad de la instancia. Este array nunca es actualizado.

Para agregar una propiedad (`vacio`) a un constructor que no sea un método, tienes que agregarlo al constructor después de la definición de la clase, como una propiedad regular.

Solo necesita una instancia `vacio` porque todos los conjuntos vacíos son iguales y las instancias de la clase no cambian. Puedes crear muchos conjuntos diferentes de ese único conjunto vacío sin afectarlo.

BUGS Y ERRORES

REINTENTAR

La llamada a `multiplicacionPrimitiva` definitivamente debería suceder en un bloque `try`. El bloque `catch` correspondiente debe volver a lanzar la excepción cuando no esta no sea una instancia de `FalloUnidadMultiplicadora` y asegurar que la llamada sea reintentada cuando lo es.

Para reintentar, puedes usar un ciclo que solo se rompa cuando la llamada tenga éxito, como en el [ejemplo de mirar](#) anteriormente en este capítulo—o usar recursión y esperar que no obtengas una cadena de fallas tan largas que desborde la pila (lo cual es una apuesta bastante segura).

LA CAJA BLOQUEADA

Este ejercicio requiere de un bloque `finally`. Tu función debería primero desbloquear la caja y luego llamar a la función argumento desde dentro de cuerpo `try`. El bloque `finally` después de el debería bloquear la caja nuevamente.

Para asegurarte de que no bloqueemos la caja cuando no estaba ya bloqueada, comprueba su bloqueo al comienzo de la función y desbloquea y bloquea solo cuando la caja comenzó bloqueada.

EXPRESIONES REGULARES

ESTILO ENTRE COMILLAS

La solución más obvia es solo reemplazar las citas con una palabra no personaje en al menos un lado. Algo como `/\W' | '\W/`. Pero también debes tener en cuenta el inicio y el final de la línea.

Además, debes asegurarte de que el reemplazo también incluya los caracteres que coincidieron con el patrón `\W` para que estos no sean dejados. Esto se puede hacer envolviéndolos en paréntesis e incluyendo sus grupos en la cadena de

reemplazo (\$1,\$2). Los grupos que no están emparejados serán reemplazados por nada.

NÚMEROS OTRA VEZ

Primero, no te olvides de la barra invertida delante del punto.

Coincidir el signo opcional delante de el número, así como delante del exponente, se puede hacer con `[+\-]? o (\+|-|)` (más, menos o nada).

La parte más complicada del ejercicio es el problema hacer coincidir ambos "5." y ".5" sin también coincidir con ".". Para esto, una buena solución es usar el operador `|` para separar los dos casos—ya sea uno o más dígitos seguidos opcionalmente por un punto y cero o más dígitos o un punto seguido de uno o más dígitos.

Finalmente, para hacer que la *e* pueda ser mayúscula o minúscula, agrega una opción `i` a la expresión regular o usa `[eE]`.

MÓDULOS

UN ROBOT MODULAR

Aquí está lo que habría hecho (pero, una vez más, no hay una sola forma *correcta* de diseñar un módulo dado):

El código usado para construir el camino de grafo vive en el módulo `grafo`. Ya que prefiero usar `dijkstra.js` de NPM en lugar de nuestro propio código de búsqueda de rutas, haremos que este construya el tipo de datos de grafos que `dijkstra.js` espera. Este módulo exporta una sola función, `construirGrafo`. Haría que `construirGrafo` acepte un array de arrays de dos elementos, en lugar de strings que contengan guiones, para hacer que el módulo sea menos dependiente del formato de entrada.

El módulo `caminos` contiene los datos en bruto del camino (el array `caminos`) y la vinculación `grafoCamino`. Este módulo depende de `./grafo` y exporta el grafo del camino.

La clase `EstadoPueblo` vive en el módulo `estado`. Depende del módulo `./caminos`, porque necesita poder verificar que un camino dado existe. También necesita `eleccionAleatoria`. Dado que eso es una función de tres líneas, podríamos simplemente ponerla en el módulo `estado` como una función auxiliar interna. Pero `robotAleatorio` también la necesita. Entonces tendríamos que duplicarla o ponerla en su propio módulo. Dado que esta función existe en NPM en el paquete `random-item`, una buena solución es hacer que ambos módulos

dependan de él. Podemos agregar la función `correrRobot` a este módulo también, ya que es pequeña y estrechamente relacionada con la gestión de estado. El módulo exporta tanto la clase `EstadoPueblo` como la función `correrRobot`.

Finalmente, los robots, junto con los valores de los que dependen, como `mailRoute`, podrían ir en un módulo `robots-ejemplo`, que depende de `./caminos` y exporta las funciones de robot. Para que sea posible que el `robotOrientadoAMetas` haga búsqueda de rutas, este módulo también depende de `dijkstrajs`.

Al descargar algo de trabajo a los módulos de NPM, el código se volvió un poco más pequeño. Cada módulo individual hace algo bastante simple, y puede ser leído por sí mismo. La división del código en módulos también sugiere a menudo otras mejoras para el diseño del programa. En este caso, parece un poco extraño que `EstadoPueblo` y los robots dependan de un grafo de caminos. Podría ser una mejor idea hacer del grafo un argumento para el constructor del estado y hacer que los robots lo lean del objeto estado—esto reduce las dependencias (lo que siempre es bueno) y hace posible ejecutar simulaciones en diferentes mapas (lo cual es aún mejor).

Es una buena idea usar módulos de NPM para cosas que podríamos haber escrito nosotros mismos? En principio, sí—para cosas no triviales como la función de búsqueda de rutas es probable que cometas errores y pierdas el tiempo escribiéndola tú mismo. Para pequeñas funciones como `eleccionAleatoria`, escribirla por ti mismo es lo suficiente fácil. Pero agregarlas donde las necesites tiende a desordenar tus módulos.

Sin embargo, tampoco debes subestimar el trabajo involucrado en *encontrar* un paquete apropiado de NPM. E incluso si encuentras uno, este podría no funcionar bien o faltarle alguna característica que necesitas. Además de eso, depender de los paquetes de NPM, significa que debes asegurarte de que están instalados, tienes que distribuirlos con tu programa, y podrías tener que actualizarlos periódicamente.

Entonces, de nuevo, esta es una solución con compromisos, y tu puedes decidir de una u otra manera dependiendo sobre cuánto te ayuden los paquetes.

MÓDULO DE CAMINOS

Como este es un módulo CommonJS, debes usar `require` para importar el módulo grafo. Eso fue descrito como exportar una función `construirGrafo`, que puedes sacar de su objeto de interfaz con una declaración `const` de desestructuración.

Para exportar `grafoCamino`, agrega una propiedad al objeto `exports`. Ya que `construirGrafo` toma una estructura de datos que no empareja precisamente caminos, la división de los strings de los caminos debe ocurrir en tu módulo.

DEPENDENCIAS CIRCULARES

El truco es que `require` agrega módulos a su caché *antes* de comenzar a cargar el módulo. De esa forma, si se realiza una llamada `require` mientras está ejecutando el intento de cargarlo, ya es conocido y la interfaz actual será retornada, en lugar de comenzar a cargar el módulo una vez más (lo que eventualmente desbordaría la pila).

Si un módulo sobrescribe su valor `module.exports`, cualquier otro módulo que haya recibido su valor de interfaz antes de que termine de cargarse ha conseguido el objeto de interfaz predeterminado (que es probable que este vacío), en lugar del valor de interfaz previsto.

PROGRAMACIÓN ASINCRÓNICA

SIGUIENDO EL BISTURÍ

Esto se puede realizar con un solo ciclo que busca a través de los nidos, avanzando hacia el siguiente cuando encuentre un valor que no coincida con el nombre del nido actual, y retornando el nombre cuando esta encuentra un valor que coincida. En la función `async`, un ciclo regular `for` o `while` puede ser utilizado.

Para hacer lo mismo con una función simple, tendrás que construir tu ciclo usando una función recursiva. La manera más fácil de hacer esto es hacer que esa función retorne una promesa al llamar a `then` en la promesa que recupera el valor de almacenamiento. Dependiendo de si ese valor coincide con el nombre del nido actual, el controlador devuelve ese valor o una promesa adicional creada llamando a la función de ciclo nuevamente.

No olvides iniciar el ciclo llamando a la función recursiva una vez desde la función principal.

En la función `async`, las promesas rechazadas se convierten en excepciones por `await`. Cuando una función `async` arroja una excepción, su promesa es rechazada. Entonces eso funciona.

Si implementaste la función `no-async` como se describe anteriormente, la forma en que `then` funciona también provoca automáticamente que una falla termine en la promesa devuelta. Si una solicitud falla, el manejador pasado a `then` no se llama, y la promesa que devuelve se rechaza con la misma razón.

CONSTRUYENDO `PROMISE.ALL`

La función pasada al constructor `Promise` tendrá que llamar `then` en cada una de las promesas del array dado. Cuando una de ellas tenga éxito, dos cosas

deben suceder. El valor resultante debe ser almacenado en la posición correcta de un array de resultados, y debemos verificar si esta fue la última promesa pendiente y terminar nuestra promesa si así fue.

Esto último se puede hacer con un contador que se inicializa con la longitud del array de entrada y del que restamos 1 cada vez que una promesa tenga éxito. Cuando llega a 0, hemos terminado. Asegúrate de tener en cuenta la situación en la que el array de entrada este vacío (y por lo tanto ninguna promesa nunca se resolverá).

El manejo de la falla requiere pensar un poco, pero resulta ser extremadamente sencillo. Solo pasa la función `reject` de la promesa de envoltura a cada una de las promesas en el array como manejador `catch` o como segundo argumento a `then` para que una falla en una de ellos desencadene el rechazo de la promesa de envoltura completa.

PROYECTO: UN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

ARRAYS

The easiest way to do this is to represent Egg arrays with JavaScript arrays.

The values added to the top scope must be functions. By using a rest argument (with triple-dot notation), the definition of `array` can be *very* simple.

CLOSURE

Again, we are riding along on a JavaScript mechanism to get the equivalent feature in Egg. Special forms are passed the local scope in which they are evaluated so that they can evaluate their subforms in that scope. The function returned by `fun` has access to the `scope` argument given to its enclosing function and uses that to create the function's local scope when it is called.

This means that the prototype of the local scope will be the scope in which the function was created, which makes it possible to access bindings in that scope from the function. This is all there is to implementing closure (though to compile it in a way that is actually efficient, you'd need to do some more work).

COMMENTS

Make sure your solution handles multiple comments in a row, with potentially whitespace between or after them.

A regular expression is probably the easiest way to solve this. Write something that matches “whitespace or a comment, zero or more times”. Use the `exec` or `match` method and look at the length of the first element in the returned array (the whole match) to find out how many characters to slice off.

FIXING SCOPE

You will have to loop through one scope at a time, using `Object.getPrototypeOf` to go the next outer scope. For each scope, use `hasOwnProperty` to find out whether the binding, indicated by the `name` property of the first argument to `set`, exists in that scope. If it does, set it to the result of evaluating the second argument to `set` and then return that value.

If the outermost scope is reached (`Object.getPrototypeOf` returns null) and we haven’t found the binding yet, it doesn’t exist, and an error should be thrown.

EL MODELO DE OBJETO DEL DOCUMENTO

BUILD A TABLE

You can use `document.createElement` to create new element nodes, `document.createTextNode` to create text nodes, and the `appendChild` method to put nodes into other nodes.

You’ll want to loop over the key names once to fill in the top row and then again for each object in the array to construct the data rows. To get an array of key names from the first object, `Object.keys` will be useful.

To add the table to the correct parent node, you can use `document.getElementById` or `document.querySelector` to find the node with the proper `id` attribute.

ELEMENTS BY TAG NAME

The solution is most easily expressed with a recursive function, similar to the `talksAbout function` defined earlier in this chapter.

You could call `byTagName` itself recursively, concatenating the resulting arrays to produce the output. Or you could create an inner function that calls itself recursively and that has access to an array binding defined in the outer function, to which it can add the matching elements it finds. Don’t forget to call the inner function once from the outer function to start the process.

The recursive function must check the node type. Here we are interested only in node type 1 (`Node.ELEMENT_NODE`). For such nodes, we must loop over their

children and, for each child, see whether the child matches the query while also doing a recursive call on it to inspect its own children.

THE CAT'S HAT

`Math.cos` and `Math.sin` measure angles in radians, where a full circle is 2π . For a given angle, you can get the opposite angle by adding half of this, which is `Math.PI`. This can be useful for putting the hat on the opposite side of the orbit.

INDEX

- ! operator, 18, 33
- != operator, 18
- !== operator, 21
- * operator, 13, 20, 151
- *= operator*, 35
- + operator, 13, 16, 20, 151
- ++ operator, 36
- += operator, 35, 207
- − operator, 14, 17, 20
- −− operator, 36
- −= operator, 35
- / operator, 14
- /= operator, 35
- < operator, 17
- <= operator, 18
- = operator, 25, 49, 65, 165, 167, 217
- == operator, 18, 20, 68, 84, 200
- === operator, 21, 84, 119, 247
- > operator, 17
- >= operator, 18
- ?: operator, 19, 22, 216
- [] (array), 61
- [] (subscript), 61, 62
- [network, stack], 201
- % operator, 14, 35, 243, 244
- && operator, 18, 21, 99
- || operator, 18, 21, 53, 99, 243
- { } (block), 30
- { } (object), 64, 68
- a (HTML tag), 233, 235
- Abelson, Hal, 210
- absolute positioning, 239, 242
- absolute value, 79
- abstraccion, 227
- abstraccione, 86
- abstracción, 210
- abstract data type, 100
- abstract syntax tree, *see* syntax tree
- abstraction, 41, 85, 86, 88
- access control, 100, 147
- add method, 119
- addEntry function, 68
- addition, 13, 118
- adoption, 148
- ages example, 108
- aislamiento, 176
- alcace, 42
- alcance, 43, 176, 177, 179, 180
- alcance global, 176
- alcance léxico, 44
- alphanumeric character, 150
- alt attribute, 230
- ambiguity, 223
- American English, 151
- analysis, 132, 137
- angle, 240
- animation, 239
 - spinning cat, 239, 242

- anyStorage function, 206, 208
- aplicación, 1
- appendChild method, 230, 255
- application (of functions), *see* function application
- aprender, 7
- aprendizaje, 8
- archivo, 174, 181
- archivos, 179
- argument, 48, 159
- argumento, 27, 53, 77, 210
- arguments object, 245
- arithmetic, 13, 20, 218
- array, 62–64, 66, 78, 81, 83, 87, 97, 98, 112, 126, 145, 152, 183, 222, 248, 249
 - as table, 70
 - creation, 61, 245
 - filtering, 90
 - indexing, 61, 71, 75, 245
 - iteration, 71, 89
 - length of, 63
 - methods, 74, 83, 89–92, 95, 98, 99
 - representation, 80
 - searching, 71, 74
 - traversal, 87
- Array prototype, 103, 107
- array-like object, 227, 228
- Array.from function, 202, 228
- arrays, 94
- arrays in egg (exercise), 222, 254
- arrow function, 46, 102
- artificial intelligence, 120, 221
- asignación, 165
- assert function, 145
- assertion, 145
- assignment, 25, 35, 167, 223, 255
- assumption, 145
- asterisk, 13, 151
- async function, 202, 203, 207, 208
- asynchronous programming, 186, 187, 191, 202, 205, 206
- attribute, 232
- atributo, 227
- automatic semicolon insertion, 24
- automation, 130, 135
- autómata, 120
- average function, 93
- await keyword, 202–204, 207
- Babbage, Charles, 60
- backslash character, 15, 148, 150, 162, 163, 251
- backtick, 15, 16
- backtracking, 157, 158, 161
- banking example, 141
- bean counting (exercise), 59, 245
- behavior, 221
- benchmark, 234
- best practices, 3
- big ball of mud, 173
- binary data, 3, 11
- binary number, 11, 12, 136, 157
- binary operator, 13, 17
- binding, 217, 218, 220, 223
 - assignment, 25, 45
 - definition, 24, 223, 255
 - from parameter, 42, 50
 - global, 42, 133
 - local, 43
 - model of, 25, 67
 - naming, 26, 37, 54, 78, 134
 - scope of, 42
 - visibility, 43
- bit, 4, 11, 12, 17
- bits, 70
- block, 41, 140, 142, 211
- block comment, 38, 161
- block element, 233, 235

- blocking, 187, 240
- bloque, 30, 43, 46, 65
- bloques, 33
- body (HTML tag), 225
- body property, 225, 226, 229
- bold, 235
- Book of Programming, 11, 173
- Boolean, 17, 29, 32, 66, 216, 218
 - conversion to, 21, 29, 33
- Boolean function, 29
- Booleano, 149
- border (CSS), 233, 235
- boundary, 155, 167, 171, 250
- braces, *see* curly braces
- branching, 156, 158
- branching recursion, 52
- break keyword, 35, 36
- British English, 151
- broadcastConnections function, 199
- browser, 6
- bug, 132, 164, 171, 174
- building Promise.all (exercise), 208, 253
- cache, 179
- caché, 190
- caja, 147, 224
- caja de arena, 60, 224
- call method, 102, 107
- call stack, 47, 49, 53, 139, 140, 142
- callback function, 187, 193, 195, 196
- calling (of functions), *see* function application
- camel case, 37, 236
- capas, 201
- capitalization, 37, 105, 152, 236, 242
- capture group, 153, 154, 160
- caracteres chinos, 95
- caret character, 150, 155, 167
- carriage return, 166
- carácter, 95
- carácter de tubería, 156
- caracteres de punto, 28
- caracteres de tabulación, 33
- cascading, 237
- Cascading Style Sheets, *see* CSS
- case conversion, 63
- case keyword, 36
- case sensitivity, 152, 251
- casual computing, 1
- cat's hat (exercise), 242
- catch keyword, 139, 140, 143, 146, 205, 250
- catch method, 194
- CD, 11
- Celsius, 115
- centering, 239
- character, 15, 96
- character category, 169
- characterCount function, 92
- characterScript function, 98, 99, 247
- charCodeAt method, 96
- chess board (exercise), 40, 244
- chicks function, 206, 207
- child node, 228, 229
- childNodes property, 228, 231
- children property, 228
- Chinese characters, 97
- ciclo, 31, 39, 87, 94, 196, 225, 244, 245
- ciclo infinito, 35, 245
- cierre, 50
- circle, 240
- circo, 74
- circular dependency, 185, 253
- clase, 104, 105, 118, 122
- class attribute, 229, 233, 237
- class declaration
 - properties, 106
- class hierarchy, 116

- className property, 233
- cleaning up, 141
- clientHeight property, 233
- clientWidth property, 233
- closure, 222, 254, 255
- closure in egg (exercise), 222, 254
- code
 - structure of, 23
- code golf, 171
- code structure, 33, 41, 173, 182
- codePointAt method, 96
- codiciosos, 162
- coercion de tipo, 20
- colección, 6, 61
- collection, 63, 66, 83
- colon character, 19, 36, 64, 235
- color (CSS), 235, 236
- comentario, 38, 161, 226
- comillas, 172
- comma character, 210
- command line, 175
- comment, 81, 165, 222, 254
- COMMENT_NODE code, 226
- comments in egg (exercise), 222, 254
- CommonJS modules, 177, 178
- compareRobots function, 130
- comparison, 17, 21, 32, 36, 84, 218, 245
 - of NaN, 18
 - of numbers, 17, 28
 - of objects, 68
 - of strings, 17
 - of undefined values, 20
- compatibilidad, 7
- compilation, 181, 220, 221, 254
- complejidad, 3, 85
- complexity, 4, 116, 158, 238
- comportamiento, 171
- composability, 6, 93, 182
- computadora, 1, 3
- computed property, 62
- concat method, 75, 98, 249, 255
- concatenation, 16, 75, 255
- conditional execution, 19, 36, 40, 216
- conditional operator, 19, 22, 216
- configuración, 166
- conjunto, 149, 226
- conjunto de datos, 70, 89
- connected graph, 129
- connections binding, 199
- consistencia, 37
- consistency, 227
- consola de JavaScript, 28
- console.log, 6, 10, 17, 28, 47, 49, 57, 137
- const keyword, 26, 43, 67, 78, 80
- constante, 26
- constantes, 78
- constructor, 37, 105, 117, 130, 140, 153, 162, 248, 249
- constructora, 104, 133
- constructoras, 105
- continuación, 189
- continue keyword, 35
- control flow, 29, 31, 33, 34, 47, 139, 187, 203
- convención, 37
- coordinates, 118, 240
- copy-paste programming, 55, 174
- copyright, 175
- corchete, 111
- corchetes, 61, 80, 150
- corredores de pruebas, 136
- correlaciones, 72
- correlación, 73
- correlaciones, 71
- correlation, 68, 70
- cosine, 78, 240
- countBy function, 97, 99
- counter variable, 31, 34, 240, 244,

- 245, 254
- CPU, 187
- crash, 143, 145
- createElement method, 231, 255
- createTextNode method, 230
- crow-tech module, 190
- crying, 152
- CSS, 235, 236, 238
- cuadrado, 29
- cuadro de diálogo, 27
- cuervo, 188, 189, 201
- curly braces, 5, 41, 46, 64, 68, 80, 88, 151
- código, 8, 161
- córvidos, 188

- dash character, 14, 149
- data, 2, 11
- data attribute, 232
- data format, 80
- data structure, 60, 61, 83, 108, 124 tree, 225
- Date class, 153, 154, 176, 177
- date-names package, 177
- Date.now function, 154
- datos, 60
- debugger statement, 137
- debugging, 7, 132, 134, 136, 137, 140, 143, 145, 171
- decimal number, 11, 136, 157
- declaración, 24, 29, 32, 42, 65
- declaración de clase, 106
- declaraciones, 34
- declaration, 235
- deep comparison, 68, 84
- deep comparison (exercise), 84, 247
- default behavior, 235
- default export, 180
- default keyword, 36
- default value, 21, 49

- defineProperty function, 248
- definirTipoSolicitud function, 191, 196
- delete method, 119
- delete operator, 65
- dependencia, 69
- dependency, 173, 174, 176, 180, 185
- depuración, 133
- desbordar, 12
- desenrollando la pila, 139
- deserialization, 81
- design, 174
- destructuring, 155
- destructuring binding, 80, 178, 252
- developer tools, 8, 28, 142
- diagrama de flujo, 156
- dialecto, 181
- diario, 68
- Dijkstra's algorithm, 183
- Dijkstra, Edsger, 120, 183
- dijkstrajs package, 183, 251
- dimensiones, 244
- dimensions, 118, 233
- dinosaur, 221
- dirección, 81
- direct child node, 237
- direction (writing), 99
- disco duro, 186
- dispatching, 36
- display (CSS), 235
- division, 14
- division by zero, 14
- do loop, 33, 126
- Document Object Model, *see* DOM
- documentElement property, 225
- documento, 224
- dollar sign, 26, 155, 160, 167
- DOM, 225, 232
 - attributes, 232
 - construction, 227, 230, 231
 - interface, 226

- modification, 230
- querying, 229, 238
- tree, 225
- domain-specific language, 85, 136, 148, 222, 238
- dominant direction (exercise), 99, 247
- dot character, *see* period character
- double-quote character, 15, 172, 210
- download, 8, 175
- drawing, 224, 233, 234, 239
- duplication, 174
- dígito, 136, 149–151, 153
- dígitos, 151
- ECMAScript, 7, 180
- ECMAScript 6, 7
- editores, 34
- efecto secundario, 24, 28, 42
- efficiency, 51, 83, 94, 199, 220, 234
- Egg language, 210, 214–216, 218, 219, 221, 222, 226
- ejecución condicional, 29
- ejemplo de la granja, 57
- ejercicios, 2, 8, 136
- elección, 156
- elegance, 212
- elegancia, 51
- element, 226, 228, 231
- ELEMENT_NODE code, 226, 255
- elemento, 226
- ellipse, 239, 240
- else keyword, 30
- elt function, 231
- emoji, 16, 95, 168
- empaquetadores, 181
- empty set, 161
- encapsulación, 101, 117
- encapsulation, 100, 109
- enemies example, 165
- enlace, 227, 229
- entorno, 27
- enum (reserved word), 26
- environment, 216
- equality, 18
- error, 95, 132, 133, 136, 138, 142, 144, 193, 194, 201
- error de sintaxis, 26
- error handling, 132, 138, 139, 143
- error message, 215
- error recovery, 138
- Error type, 140, 143, 144
- errores, 162
- ES modules, 180
- escaping
 - in regexps, 148, 150, 163
 - in strings, 15, 210
- espacio en blanco, 210
- espacios en blanco, 213
- estado, 24, 122, 198, 206
- estructura, 224
- estructura de datos, 64, 184, 211, 224
- estándar, 7, 27, 37, 91, 168
- etiqueta, 224
- eval, 176
- evaluación de corto circuito, 22
- evaluate function, 215, 216, 218
- evaluation, 176, 215, 221
- even number, 58
- event loop, 205
- every method, 99
- everything (exercise), 99, 247
- everywhere function, 198
- evolución convergente, 189
- evolution, 148
- exception handling, 140–144, 146, 147, 193, 194, 203, 205, 208, 253
- exception safety, 142
- exec method, 152, 153, 163–165
- execution order, 29, 45, 47

- exercises, 39
- experiment, 3
- experimentar, 8, 171
- exponent, 13, 172, 251
- exponente, 251
- exponentiation, 32, 34
- export keyword, 180
- exports object, 177, 179, 180, 252, 253
- expresion, 45
- expresiones regular, 213
- expresiones regulare, 148
- expresiones regulares, 162, 165
- expresión, 23, 24, 28, 32, 34, 210, 211
- expresión regular, 149, 171
- expression, 215
- expressivity, 222
- extiende, 78
- extraction, 153

- factorial function, 9
- Fahrenheit, 115
- fallthrough, 36
- false, 17
- farm example, 54, 156
- fecha, 150, 151, 153
- file format, 165
- file size, 181
- filter method, 90, 91, 93, 98, 123, 197, 247–249
- finally keyword, 142, 147, 250
- findIndex method, 97
- findInStorage function, 201, 202
- findRoute function, 128, 200
- firstChild property, 228
- fixing scope (exercise), 223, 255
- FizzBuzz (exercise), 40, 243
- flattening (exercise), 98
- flexibility, 7

- floating-point number, 13
- flooding, 199
- flow diagram, 157
- flujo de control, 88, 141
- fold, *see* reduce method
- font-family (CSS), 236
- font-weight (CSS), 237
- for loop, 34, 35, 71, 87, 99, 143, 245, 246
- for/of loop, 72, 96, 110, 111, 113, 248
- forEach method, 89
- formatDate module, 177, 180
- formato de datos, 227
- fractional number, 13, 172
- framework, 56
- funcion, 210
- funciones de flecha, 207
- función, 27, 211
- función de devolución de llamada, 189, 191
- función de predicado, 98
- function, 27, 41, 46, 133, 219
 - application, 27, 28, 42, 47, 48, 51, 91, 143, 210, 216
 - as property, 63
 - as value, 41, 44, 49, 87, 88, 91
 - body, 41, 46
 - callback, *see* callback function
 - declaration, 45
 - definition, 41, 45, 54
 - higher-order, 45, 87, 88, 90–93, 160
 - model of, 50
 - naming, 54, 55
 - purity, 56
 - scope, 44, 176, 222
- function application, 77
- Function constructor, 177, 179, 218, 221

function keyword, 41, 45
 Function prototype, 103, 107
 futuras, 26
 future, 7, 45

 garbage collection, 12
 generador, 203
 get method, 109
 getAttribute method, 232, 233
 getBoundingClientRect method, 234
 getDate function, 154
 getDate method, 154
 getElementById method, 229, 255
 getElementsByClassName method, 229
 getElementsByTagName method, 229, 231, 242, 255
 getFullYear method, 154
 getHours method, 154
 getMinutes method, 154
 getMonth method, 154
 getPrototypeOf function, 103, 105, 223, 255
 getSeconds method, 154
 getter, 114, 118
 getTime method, 154
 getYear method, 154
 global object, 133
 global scope, 42, 218, 255
 goalOrientedRobot function, 129
 gossip property, 198
 grafo, 121, 127, 183, 200
 grammar, 23, 166
 gramática, 132
 gran bola de barro, 173
 grave accent, *see* backtick
 greater than, 17
 greed, 161
 Group class, 118, 119, 130, 204, 248
 groupBy function, 99
 grouping, 14, 30, 152, 153, 160, 250

 groups (exercise), 118, 119, 248

 h1 (HTML tag), 233
 hard disk, 182, 189
 hard drive, 11
 hard-coding, 229
 has method, 109, 119
 hash character, 222
 hasOwnProperty method, 109, 223, 255
 head (HTML tag), 225
 head property, 225
 herencia, 116, 117
 herramienta, 148
 herramientas, 148, 170
 herramientas de desarrollador, 137, 138
 hexadecimal number, 157
 hidden element, 235
 higher-order function, *see* function, higher-order
 hilo, 187
 historia, 6
 Hières-sur-Amby, 188
 hora, 150, 151, 153
 href attribute, 229, 232
 HTML, 224
 structure, 224, 226
 html (HTML tag), 225
 human language, 23
 hyphen character, 236

 id attribute, 229, 237
 idempotence, 196
 identifier, 211
 identity, 67
 if keyword, 29, 167
 chaining, 30, 36, 243, 244
 image, 230
 img (HTML tag), 230, 235

- implements (reserved word), 26
- import keyword, 180
- in operator, 65, 109
- includes method, 71, 72, 248
- indefinido, 132
- indentación, 33
- index property, 152
- indexOf method, 74, 76, 97, 119, 149, 163, 248
- infinite loop, 47, 143
- infinity, 14
- infraestructura, 175
- inheritance, 103, 115, 117, 144
- INI file, 165
- ini package, 175, 179, 182
- inline element, 233, 235
- inmutables, 66, 124
- inner function, 44, 255
- inner loop, 159
- input, 138
- insertBefore method, 230
- installation, 175
- instanceof operator, 117, 144
- instancia, 104
- integer, 13
- integration, 148, 227
- interface, 109, 114, 119, 182, 195
 - design, 56, 148, 154, 159, 164, 226, 227
- interface (reserved word), 26
- interfaces, 100, 176
- interfaz, 110, 148, 173, 176, 177, 179, 182
- internationalization, 168
- Internet, 166
- interpolation, 16
- interpretation, 8, 176, 215, 216, 220
- inversion, 150
- invoking (of functions), *see* function application
- isEven (exercise), 58, 244
- isolation, 100, 173, 176
- iterable interface, 111, 248
- iterador, 204
- iterator interface, 110, 111, 119
- Jacques, 60
- Java, 6
- JavaScript, 6
 - availability of, 1
 - flexibility of, 7
 - history of, 6
 - puntos débiles, 7
 - syntax, 23
 - uses of, 8
 - versions of, 7
- JavaScript console, 8, 17, 28, 137, 142
- JavaScript Object Notation, *see* JSON
- join method, 98, 107
- journal, 61, 64, 66, 72
- JOURNAL data set, 70
- journalEvents function, 72
- JSON, 81, 182, 189, 200
- JSON.parse function, 81
- JSON.stringify function, 81
- jump, 5
- Kernighan, Brian, 132
- keyword, 233
- Knuth, Donald, 41
- landscape example, 44
- Laozi, 186
- lastChild property, 228
- lastIndex property, 164, 165
- lastIndex property*, 163
- lastIndexOf method, 74
- latency, 181
- layout, 233–235
- laziness, 234

- Le Guin, Ursula K., 2
- leaf node, 226
- learning, 2
- leerAlmacenamiento function, 190
- left (CSS), 239, 240, 242
- legibilidad, 4
- LEGOS, 173
- length property
 - for array, 63
 - for string, 55, 59, 62, 77, 245
- lenguaje de programación, 210
- lenguaje Egg, 211
- lenguajes de programación, 1
- less than, 17
- let keyword, 24, 25, 43, 67, 78, 80, 133
- lexical scoping, 44
- leyes De Morgan, 247
- library, 227
- licencia, 175
- limite, 90
- line break, 15, 166
- line comment, 38, 161
- lines of code, 219
- linked list, 83, 246
- linter, 180
- Liskov, Barbara, 100
- list (exercise), 83, 246
- lista de trabajo, 128
- literal expression, 23, 148, 213, 215
- live data structure, 224, 231, 238
- llamada de pila, 205
- llaves, 30, 65, 152, 244
- local binding, 49, 223, 245
- local scope, 43, 220
- locked box (exercise), 146, 250
- logging, 137
- logical and, 18
- logical operators, 18
- logical or, 18
- loop, 5, 34, 40, 51, 71, 87, 93, 165
 - termination of, 35
- loop body, 33, 88
- lycanthropy, 60, 68
- límite, 157, 162
- línea, 24, 166
- líneas, 33
- machine code, 3, 221
- magia, 210
- magic, 102
- mailRoute array, 127
- maintenance, 175
- manejo de excepciones, 139
- map (data structure), 108
- Map class, 108, 114, 202
- map method, 91, 93, 98, 102, 108, 123, 197
- match method, 153, 165
- matching, 149, 155, 163, 171
 - algorithm, 156–158
- matemáticas, 88
- Math object, 58, 62, 78
- Math.abs function, 79
- Math.acos function, 78
- Math.asin function, 78
- Math.atan function, 78
- Math.ceil function, 79
- Math.cos function, 78, 240
- Math.floor function, 79, 126
- Math.max function, 28, 62, 77, 78
- Math.min function, 28, 58, 78
- Math.PI constant, 78
- Math.random function, 79, 126
- Math.round function, 79
- Math.sin function, 78, 240
- Math.sqrt function, 70, 78, 248
- Math.tan function, 78
- mathematics, 51
- Matrix class, 112

- matrix example, 112, 115
- MatrixIterator class, 113
- maximum, 28, 78, 92, 93
- measuring a robot (exercise), 130, 249
- memoria, 61, 80, 186
- memory, 11, 24, 47, 67, 83, 220
- method, 63, 74, 101
- method call, 101
- minificadores, 181
- minimum, 28, 58, 78
- minimum (exercise), 58, 244
- minus, 14, 172
- modular robot (exercise), 184, 251
- modularity, 100
- module, 184
 - design, 182
- module object, 179
- modulo operator, 14
- modulos CommonJS, 185
- mouse, 27
- multiplication, 13
- multiplier function, 50
- mundo virtual, 120
- mutability, 65–67, 124
- método, 100, 104, 133
- módulo, 173
- módulo CommonJS, 185, 252
- módulos, 176
- módulos CommonJS, 179
- módulos ES, 180

- namespace, 78
- namespace pollution, 78
- naming, 26
- NaN, 14, 18, 20, 132
- navegador, 2, 27
- navegadore, 28, 187
- navegadores, 9, 181
- negation, 17, 18

- neighbors property, 197
- nerd, 163
- nesting
 - in regexps, 159
 - of arrays, 70
 - of expressions, 23, 212
 - of functions, 44
 - of loops, 40, 244
 - of objects, 225, 228
 - of scope, 44
- Netscape, 6
- network, 194
- network function, 201
- new operator, 104
- newline character, 15, 40, 150, 161, 166
- next method, 111, 204, 248
- nextSibling property, 228
- Node.js, 8, 9, 28, 177, 187
- NodeList type, 227, 238
- nodeName property, 242
- nodeType property, 226, 255
- nodeValue property, 228
- nodo, 225, 226
- nodos de texto, 228
- nodos hijos, 226
- nodos hoja, 226
- nombrado, 4
- nombre, 6
- not a number, 14
- notación, 180
- NPM, 175, 177, 179, 181, 183, 184, 252
- nueces, 73
- null, 19, 20, 53, 62, 80, 84, 138
- number, 12, 66
 - conversion to, 20, 29
 - notation, 12, 13
 - precision of, 13
 - representation, 12

- special values, 14
- Number function, 29, 37
- number puzzle example, 52
- Number.isNaN function, 30
- número, 149, 172, 251
- número binario, 70
- números pare, 31
- object, 28, 60, 65, 66, 78, 80, 81, 83, 102, 117, 247
 - creation, 104
 - identity, 67
 - property, 62
 - representation, 80
- Object prototype, 103
- object-oriented programming, 104, 109, 110, 115, 183
- Object.create function, 103, 108, 219
- Object.keys function, 65, 84, 202, 247, 255
- Object.prototype, 108
- objeto, 64, 100, 176
- offsetHeight property, 233, 234
- offsetWidth property, 233
- opcional, 151
- operador, 211
- operador binario, 23
- operador unario, 23
- operator, 13, 16, 17, 21, 218
 - application, 13
- optimization, 51, 57, 234
- optional argument, 49, 82
- ordinal package, 177, 179
- organic growth, 173
- organization, 173
- output, 17, 27, 28, 137, 138, 218
- overlay, 237
- overriding, 106, 109, 115, 253
- p (HTML tag), 233
- package (reserved word), 26
- package manager, 175
- pageXOffset property, 234
- pageYOffset property, 234
- palabra character, 168
- palabra clave, 24
- palabras clave, 26
- paquete, 174, 177
- parallelism, 187
- parameter, 27, 42, 49, 80, 134
- parametros, 179
- parentheses, 14, 156
- parentNode property, 228
- parse function, 214
- parseApply function, 213
- parseExpression function, 212
- parseINI function, 167, 174
- parsing, 81, 132, 167, 210–212, 214, 216, 218, 224
- parámetro, 41, 43, 46, 48, 77, 102
- parámetro restante, 77
- paréntesis, 23, 27, 30, 32, 34, 46, 88, 152, 154, 168, 210, 250
- pathfinding, 127, 183, 200
- patrones, 148, 149
- patrón, 148, 150, 162
- pattern, 149
- pea soup, 86
- performance, 158, 181, 220, 234
- period character, 62, *see* max example, 150, 161, 172
- persistent data structure, 122, 124, 130, 136
- persistent group (exercise), 130
- persistent map (exercise), 249
- PGroup class, 130, 249
- phi coefficient, 69, 70
- phi function, 70, 80
- pi, 13, 78, 240
- PI constant, 78, 240

- pila, 64
- pila de llamadas, 47
- ping request, 197
- pipe character, 251
- pipeline, 182
- pixel, 233, 241
- pizza, 69, 70
- plantilla, 177
- plantillas literales, 16
- Plauger, P.J., 132
- plus character, 13, 151, 172
- Poignant Guide, 23
- pointer, 227
- polymorphism, 109
- pop method, 63, 74
- Popper, Karl, 231
- porcentaje, 98
- position, 234
- position (CSS), 239, 242
- power example, 42, 49, 51
- precedence, 14, 19, 237
- precedencia, 14
- predicate function, 90, 95, 99
- pregunta de entrevista, 40
- premature optimization, 52
- previousSibling property, 228
- primitiveMultiply (exercise), 146, 250
- private (reserved word), 26
- private properties, 100
- private property, 147
- problema de búsqueda, 127
- procesador, 186
- profiling, 52
- program, 23, 29
 - nature of, 2
- program size, 85, 171
- programación, 1
- programación asincrónica, 189
- programación orientada a objetos, 100, 122
- programming
 - difficulty of, 2
 - history of, 4
 - joy of, 1, 3
- programming language, 3, 221, 226
 - power of, 6
- programming style, 3, 24, 33, 37
- project chapter, 120, 210
- promesa, 208, 254
- Promise class, 191–193, 195, 202, 205, 206, 208, 253
- Promise.all function, 197, 207, 208, 253
- Promise.reject function, 193
- Promise.resolve function, 192, 196
- promptDirection function, 143, 144
- promptInteger function, 138
- property, 62, 64, 101, 102, 110, 114
 - assignment, 65
 - deletion, 65
 - model of, 65
 - testing for, 65
- propiedad, 28, 62, 68, 104, 106, 111, 132
- propiedades, 108
- protected (reserved word), 26
- prototipo, 102, 103, 105–107
- prototipos, 104
- prototype, 108, 115, 219, 223, 254
 - diagram, 107
- prototype property, 104, 105
- pseudorandom number, 79
- public (reserved word), 26
- public properties, 100
- punch card, 4
- punto de interrupción, 137
- punto y coma, 34
- pure function, 56, 83, 91, 183
- push method, 63, 72, 74, 248
- Pythagoras, 248

página web, 181
 querySelector method, 238, 255
 querySelectorAll method, 238
 question mark, 19, 151
 queue, 205
 quotation mark, 15
 quoting
 in JSON, 81
 of object properties, 64
 quoting style (exercise), 172, 250

 rabbit example, 101, 103, 105, 106
 radian, 240
 radix, 11
 raising (exception), 139
 random number, 79
 random-item package, 251
 randomPick function, 125
 randomRobot function, 125
 range function, 82, 245
 rango, 90, 150, 151
 rangos, 152
 raíz, 225
 readability, 6, 37, 51, 56, 139, 173, 216
 readFile function, 178
 reading code, 8, 120
 reasoning, 18
 recipe analogy, 86
 record, 64
 recursion, 47, 51, 52, 58, 84, 196, 202, 212, 214, 216, 228, 242, 244, 246, 253, 255
 recursión, 250
 red, 181, 186
 reduce method, 92, 93, 98, 247
 ReferenceError type, 223
 RegExp class, 148, 162
 regexp golf (exercise), 171

 regular expression, 149, 150, 159, 161, 163, 255
 alternatives, 156
 backtracking, 157
 boundary, 155
 creation, 148, 162
 escaping, 148, 163, 251
 flags, 152, 159, 162, 251
 global, 159, 164, 165
 grouping, 152, 160
 internationalization, 168
 matching, 156, 163
 methods, 149, 153, 163
 repetition, 151
 rejecting (a promise), 193, 195, 206
 relación simbiótica, 188
 relative path, 179
 relative positioning, 239
 remainder operator, 14, 35, 243, 244
 removeChild method, 230
 repeat method, 76
 repetición, 158, 162
 repetition, 54, 151
 replace method, 159, 160, 172, 250
 replaceChild method, 230
 request function, 195
 requestAnimationFrame function, 239
 requestType function, 196
 require function, 177, 178, 185
 reserved word, 26
 resolution, 179
 resolving (a promise), 192, 193, 195, 206
 respuesta, 190, 195
 retry, 195
 return keyword, 42, 47, 104, 203, 244, 247
 return value, 28, 42, 138, 247
 reuse, 56, 116, 173–175
 reverse method, 83

- reversing (exercise), 83, 245
- right-aligning, 242
- roadGraph object, 121
- roads array, 120
- roads module (exercise), 185, 252
- robot, 120, 122, 125, 127, 130, 184
- robot efficiency (exercise), 130, 249
- rounding, 79, 137
- routeRequest function, 201
- routeRobot function, 127
- routing, 199
- row, 242
- rule (CSS), 236, 237
- run function, 218
- run-time error, 135, 136, 138, 145, 255
- running code, 8
- runRobot function, 125, 249
- sandbox, 8
- scalpel (exercise), 208, 253
- scheduling, 205
- scientific notation, 13, 172
- scope, 44, 49, 215, 218, 222, 223, 254, 255
- SCRIPTS data set, 89, 92, 95, 97, 99
- search method, 163
- search problem, 229
- searching, 156, 158, 163
- sección, 166
- secuencia, 151
- seguimiento de la pila, 140
- selector, 238
- semicolon, 23, 24, 235
- send method, 190, 194
- sendGossip function, 198
- Separador de vocales Mongol, 168
- serialization, 81
- set, 150
- set (data structure), 118, 130
- Set class, 118, 130, 249
- set method, 109
- setAttribute method, 232, 233
- setter, 114
- setTimeout function, 189, 205
- shared property, 104, 106, 107
- shift method, 74
- short-circuit evaluation, 53, 216, 247
- SICP, 210
- side effect, 24, 35, 56, 66, 83, 91, 164, 182, 207, 227, 230, 234
- sign, 13, 172
- sign bit, 13
- signal, 11
- signo, 251
- signo de interrogación, 162
- simplicity, 221
- simulation, 122, 125
- sine, 78, 240
- single-quote character, 15, 172
- singleton, 130
- sintaxis, 210, 211
- sintáctico, 225
- sistema de escritura, 89
- sistema de módulos, 176
- skipSpace function, 213, 223
- slash character, 14, 38, 148, 161
- slice method, 75, 76, 90, 231, 245, 254
- smooth animation, 240
- solicitud, 190, 195
- some method, 95, 99, 197
- sorting, 225
- source property, 163
- special form, 210, 216
- special return value, 138, 139
- specialForms object, 216
- specificity, 237
- speed, 1

- split method, 121
- square brackets, 62, 78, 150, 245
- square example, 41, 45, 46
- square root, 70, 78, 248
- stack, *see* call stack
- stack overflow, 47, 51, 58, 244
- standard environment, 27
- state, 32, 34, 35
- statement, 23
- static (reserved word), 26
- static method, 115, 119, 249
- storage function, 192
- strict mode, 133
- string, 15, 61, 63, 66
 - indexing, 59, 75, 77, 96, 152
 - length, 39, 96
 - methods, 76, 153
 - notation, 15
 - properties, 75
 - representation, 15
 - searching, 76
- String function, 29, 109
- strings, 95
- strong (HTML tag), 233, 235
- structure, 174
- structure sharing, 83
- style, 235
- style (HTML tag), 236, 237
- style attribute, 235–237
- style sheet, *see* CSS
- subclase, 116
- substitution, 57
- subtraction, 14, 118
- suites de prueba, 136
- sum function, 82
- summing (exercise), 82, 245
- summing example, 5, 85, 92, 219
- superclase, 116
- suposición, 143
- Sussman, Gerald, 210
- switch keyword, 36
- Symbol function, 110
- Symbol.iterator symbol, 111
- SymmetricMatrix class, 115
- synchronous programming, 186, 202
- syntax, 12, 13, 15, 23, 24, 26, 29, 31, 34, 36, 41, 45, 64, 132, 133, 139, 143, 172
- syntax tree, 212, 214, 215, 225
- SyntaxError type, 213
- símbolo, 110
- tabla, 70, 71
- tabla de frecuencias, 69
- table (HTML tag), 241
- table example, 255
- tableFor function, 71
- tag, 237
- talksAbout function, 228
- Tamil, 89
- tangent, 78
- task management example, 74
- td (HTML tag), 242
- teclado, 27
- temperature example, 114
- tentacle (analogy), 25, 65, 67
- teoría, 137
- termitas, 188
- ternary operator, 19, 22, 216
- test method, 149
- test suite, 135
- testing, 130, 135
- text, 15
- text node, 226, 228, 231
- text-align (CSS), 242
- TEXT_NODE code, 226
- texto, 224, 226
- textScripts function, 97, 247
- th (HTML tag), 242
- then method, 192–194, 197, 253

- this, 63, 101, 102, 104, 133
- thread, 205
- throw keyword, 139, 140, 144, 146, 250
- tiempo, 153, 189
- Tiempo Unix, 154
- time, 240
- timeline, 187, 205, 240
- timeout, 194
- Timeout class, 195
- tipo, 11
- tipo de solicitud, 190
- tipo variable, 135
- toLowerCase method, 63, 242
- tool, 182
- top (CSS), 239, 240, 242
- top-level scope, *see* global scope
- toString method, 102, 103, 107–109
- toUpperCase method, 63, 135, 242
- tr (HTML tag), 242
- transpilation, 221
- traversal, 156
- trial and error, 137
- triangle (exercise), 39, 243
- trigonometry, 240
- trigonometría, 78
- trim method, 76
- truco, 180
- true, 17
- try keyword, 140, 142, 196, 250
- type, 16, 117
- type checking, 135, 181
- type coercion, 20, 21, 29
- type property, 211
- typeof operator, 16, 84, 247
- TypeScript, 135
- unary operator, 17
- uncaught exception, 142, 194
- undefined, 19, 20, 25, 42, 48, 62, 65, 80, 133, 138
- underline, 235
- underscore character, 26, 37, 100, 155, 162
- Unicode, 15, 16, 18, 89, 95, 150, 168, 169
 - property, 169
- unidades de código, 95
- uniformidad, 211
- uniqueness, 237
- unit (CSS), 241
- unshift method, 74
- upgrading, 175
- use strict, *see* strict mode
- user interface, 143
- UTF16, 16, 95
- validation, 138, 145, 210
- valor de retorno, 191
- valores, 11, 191
- var keyword, 26, 42, 43, 80
- variable, 4, *see* binding
- Vec class, 118
- vector (exercise), 118, 248
- velocidad, 3
- verbosity, 46, 187
- versión, 175
- VillageState class, 122
- VillaPradera, 120
- vinculaciones, 44, 65, 80, 143, 180
- vinculación, 32, 34, 40–42, 67, 165
- virtual world, 122, 125
- vocabulario, 41, 85
- vocabulary, 41, 86
- void operator, 26
- volatile data storage, 11
- waiting, 189
- Web, *see* World Wide Web

- web application, 6
- web browser, *see* browser
- weekday module, 176
- weresquirrel example, 60, 64, 66, 68, 72, 73
- while loop, 5, 32, 34, 55, 165
- whitespace, 33, 37, 76, 150, 168, 223, 254
 - in HTML, 229
- why, 23
- with statement, 134
- wizard (mighty), 4
- word boundary, 155
- word character, 155
- World Wide Web, 6, 81
- writing code, 8, 120
- WWW, *see* World Wide Web
- XML, 227
- yield (reserved word), 26
- yield keyword, 204
- your own loop (example), 99
- Yuan-Ma, 11, 173
- Zawinski, Jamie, 148
- zero-based counting, 59, 61, 154
- zeroPad function, 55
- zona horaria, 154
- árbol, 103, 211, 214, 225, 226
- árbol de sintaxis, 211
- índice, 61