

TESIS DE GRADO
LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

JavaScript: Lo bueno, lo malo y lo feo

Autor:
Ricardo FERRO MORENO

Directores:
Dra. María Laura COBO
Dr. Sebastián GOTTIFREDI



Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur

2018

Índice general

1. Introducción a la tesis	1
1.1. Motivación	1
1.2. Estructura de la tesis	2
2. Introducción a JavaScript	3
2.1. Historia de JavaScript	3
2.2. JavaScript en la actualidad	4
2.3. Características del lenguaje	4
2.3.1. Influencias	4
2.3.2. Intérpretes	5
2.4. Nociones básicas	6
2.4.1. Tipos primitivos	6
Undefined	6
Null	6
Boolean	6
String	6
Number	6
Symbol	6
Object	7
2.4.2. Palabras reservadas	7
2.4.3. Otras cuestiones a tener en cuenta	7
Identificadores	7
Sensible a las mayúsculas	8
Sin tipado estático	8
2.5. Sintaxis	8
2.5.1. Comentarios	8
2.5.2. Variables	9
2.5.3. Estructuras condicionales	9
Condicionales if e if-else	9
Operador ternario ?:	9
2.5.4. Funciones	10
Funciones como expresión	10
Funciones como declaración	10
Funciones anónimas y arrow functions	10
2.6. Otros conceptos	11
2.6.1. Hoisting	11
2.6.2. Closures	12
2.6.3. IIFE	13
2.6.4. Prototype	14

I	Sistema de Tipos	17
3.	Tipos	18
3.1.	Tipos primitivos	18
3.1.1.	null y undefined	19
3.1.2.	string	20
3.1.3.	number	21
3.1.4.	object	22
3.2.	El operador typeof	25
3.2.1.	Casos especiales del typeof	25
4.	Coerción	27
4.1.	Conversión explícita	27
4.1.1.	Boolean	27
4.1.2.	Number	28
4.1.3.	String	28
4.1.4.	Object	28
4.2.	ToPrimitive	29
4.3.	El operador +	29
4.3.1.	Operador unario	29
4.3.2.	Operador binario	30
4.4.	El operador !	33
4.5.	Operadores de igualdad	33
4.6.	Aprovechando la coerción	36
5.	Scope	38
5.1.	Scope léxico	38
5.2.	Scope por funciones	39
5.3.	Scope por bloque	39
5.3.1.	let y const en ES6	41
	let	41
	const	42
5.4.	La palabra this	43
5.4.1.	Ligadura por defecto	44
5.4.2.	Ligadura implícita	45
5.4.3.	Ligadura explícita	46
5.4.4.	Ligadura mediante new	47
5.4.5.	Precedencia en las ligaduras	48
6.	Conclusión: Parte I	49
II	Paradigmas de Programación	51
7.	Paradigma funcional	52
7.1.	Recursividad	52
7.2.	Funciones puras	53
7.3.	Funciones de primera clase y orden superior	54
7.3.1.	Funciones de primera clase	54
7.3.2.	Funciones de orden superior	55
7.4.	Evaluación ansiosa y perezosa	57
7.5.	Semántica de valores	58

8. Paradigma orientado a objetos	59
8.1. Clases	59
8.1.1. Factory class pattern	59
8.1.2. Functional class pattern	60
8.1.3. Prototype class pattern	61
8.1.4. class en ES6	61
8.2. Herencia	62
8.2.1. Herencia simple mediante prototype	62
8.2.2. extends en ES6	64
8.2.3. Herencia múltiple	65
8.3. Encapsulamiento	66
8.4. Polimorfismo	67
8.5. Modularidad	69
8.5.1. Módulos mediante patrones	69
8.5.2. Sistemas de módulos	70
AMD	70
CommonJS	71
8.5.3. Módulos en ES6	72
9. Conclusión: Parte II	75
10. Conclusiones generales	77
10.1. A futuro	77
10.2. Resumen	77
Bibliografía	79

Capítulo 1

Introducción a la tesis

1.1. Motivación

Hay una realidad de la que no se puede escapar: Hoy por hoy, JavaScript es uno de los lenguajes más utilizados a nivel empresarial. No solamente eso, sino que gracias a la aparición de Node en 2009, junto con una gran actualización del estándar ECMAScript en 2015 (también conocido como ES6), el lenguaje fue empezado a ser tratado de una forma más seria, abriéndose a nuevos dominios de aplicaciones donde antes no era considerado como posible solución.

Otro detalle, es que JavaScript «ganó» terreno en todo lo relativo a aplicaciones web, por haber sido de alguna forma un lenguaje pionero en este aspecto. Además de que tanto su comunidad, los frameworks y las librerías disponibles en éste lenguaje se han incrementado en cantidades exponenciales y abismales. A nivel *frontend*, al día de hoy los frameworks más populares usados son React, Angular y Vue, mientras que jQuery se quedó un poco atrás pero sigue en vigencia. Todos ellos están basados en JavaScript, lo que significa que conocerlos en detalle, implica conocer JavaScript. Por el lado del *backend*, Node también está haciendo lo suyo. No solo eso, sino que además gracias a la potencia del intérprete V8, se está expandiendo por otros dominios de aplicación, como pueden ser las aplicaciones de escritorio o la robótica.

Sin embargo es imposible evitar leer críticas del lenguaje, a veces infundadas. La gama de opiniones y críticas es muy amplia, yendo desde el fanatismo por el lenguaje hasta el odio profundo. Siendo entonces un lenguaje muy criticado pero a su vez también muy usado, entonces ¿quién se equivoca? ¿quién dice la verdad? ¿quién tiene la razón?. Para poder llegar a entender sobre éstos aspectos, primero es necesario entender qué pasa a bajo nivel. Cómo está diseñado el lenguaje, cómo se comporta e incluso porqué.

La motivación de hacer una tesis analizando el lenguaje está atada a los siguientes objetivos:

- Entender características profundas del lenguaje para dominarlo en gran parte.
- Ganar experiencia en el área. Poder analizar, trazar y debuggear código con facilidad.
- Corroborar o desmitificar las críticas que se le suelen hacer al lenguaje.
- Analizar la relación del lenguaje con respecto a los paradigmas de programación populares.

1.2. Estructura de la tesis

El documento tiene un capítulo de introducción al lenguaje donde se presentará tanto su historia, como también características subyacentes y conceptos que serán de utilidad para entender los capítulos siguientes. Luego, la tesis se divide en dos partes: «Sistema de tipos» y «Paradigmas de programación».

En la primera parte se hablará sobre características, debilidades y fortalezas dentro del sistema de tipos del lenguaje. Se hará mención sobre los tipos que tiene el lenguaje y algunas incoherencias en su uso. También se revisarán aspectos sobre coerción en algunas expresiones, y parte de cómo trabaja el scope del lenguaje.

La segunda parte trata sobre JavaScript y los paradigmas de programación, donde se lo evalúa frente al paradigma funcional y el orientado a objetos. Se intentará determinar cuán cercano es el soporte que tiene el lenguaje ante las características esperadas de éstos paradigmas.

Cada parte tiene una sección de conclusiones, detallando *lo bueno, lo malo y lo feo* de los temas tratados. No se intenta imponer una opinión como una única verdad, sino más bien acercar al lector mostrando fortalezas y debilidades del lenguaje, para que éste pueda sacar luego sus propias conclusiones.

La tesis se resume con una conclusión general sobre lo visto, y una breve recopilación sobre conceptos que no han sido tratados en el documento, pero destacables en caso de que el lector quisiera seguir ampliando la investigación.

Capítulo 2

Introducción a JavaScript

2.1. Historia de JavaScript

JavaScript, comunmente abreviado como «JS», es un lenguaje de programación interpretado. En los comienzos, el lenguaje se utilizaba para agregar dinamismo del lado del cliente a las páginas web. Sin embargo, hoy en día se pueden crear aplicaciones de escritorio o del lado del servidor.

El lenguaje fue creado por **Brendan Eich** en 1995, quien en ese entonces trabajaba para Netscape. Eich denominó a su lenguaje «LiveScript», y el objetivo inicial del lenguaje era solucionar problemas de validación de formularios complejos en el lado del cliente para el navegador Netscape Navigator, tratando de adaptarlo a tecnologías ya existentes.

La empresa Netscape junto con Sun Microsystems desarrollaron en conjunto este lenguaje de programación. Pero por cuestiones de mercado antes del lanzamiento, Netscape decidió cambiar el nombre del lenguaje a «JavaScript» (ya que en ese entonces Java estaba de moda en el mundo informático).

Al poco tiempo, la empresa Microsoft lanzó «JScript» para Internet Explorer. Para no entrar en una guerra informática, Netscape decidió que lo mejor sería estandarizar el lenguaje. Para ello, enviaron la especificación de JavaScript 1.1 al organismo ECMA International (European Computer Manufacturers Association).

ECMA creó el comité TC39 con el objetivo de "*estandarizar de un lenguaje de script multiplataforma e independiente de cualquier empresa*". El primer estándar que creó el comité TC39 se denominó ECMA-262, en el que se definió por primera vez el lenguaje ECMAScript (abreviado comunmente como «ES»).

Es así entonces, que cuando hablamos de JavaScript, estamos haciendo referencia a una implementación de lo que se conoce como ECMAScript. El estándar ha ido evolucionando con el paso del tiempo. En la actualidad, la mayoría de los navegadores corren algún intérprete que soporta la mayoría de las características de las versiones 5.1 y 6.

Aunque la última versión sea la de ECMAScript 9 (lanzada en Junio de 2018), la versión 6 es más popular, ya que en ésta se han agregado muchos cambios significativos para el lenguaje. En este documento se hará énfasis en las versiones 5.1 y 6.

2.2. JavaScript en la actualidad

Después de más de 20 años de existencia, los usos del lenguaje han cambiado. JavaScript ya no es más un lenguaje para hacer validaciones de formularios complejos en páginas de Internet, ni tampoco para agregar dinamismo o animaciones a las páginas.

En la actualidad, se puede afirmar que JavaScript está en «la cresta de la ola». ¿Qué se puede hacer hoy en día con JavaScript?

- Páginas Web – Pareciera la respuesta obvia, sin embargo la forma de crear sitios web ha cambiado con el paso del tiempo. Hoy en día existe una gran cantidad de librerías y frameworks basados en JavaScript, tales como **React**, **AngularJS** o **Vue.JS**, entre otros.
- Aplicaciones móviles – Se pueden crear aplicaciones para celulares o dispositivos móviles programando en JavaScript, usando **Apache Cordova**, **Sencha**, **Ionic**, **NativeScript** o **Tabris.JS**.
- Aplicaciones de escritorio – Así como recién se hizo mención de las aplicaciones móviles, las de escritorio no se quedan atrás. Algunos frameworks como **Electron** ó **NW.JS** permiten crear aplicaciones multiplataforma.
- Robots – Mediante frameworks como **Cylon.JS** se pueden manejar dispositivos de hardware o robots. También existen kits basados en Arduino para programar en JS, tales como **Johnny-Five** o **Nodebots**.
- Aplicaciones de consola – Existen librerías que facilitan el uso de la creación de aplicaciones de línea de comandos (CLI).
- Machine Learning – Así como Python tiene una gran base de librerías para prototipar sistemas que apliquen Machine Learning, en este último tiempo la comunidad de JavaScript ha seguido los mismos pasos.

2.3. Características del lenguaje

JavaScript es un lenguaje de alto nivel, interpretado y multiparadigma. Es dinámica y débilmente tipado.

Posee herencia basada en prototipos. Este tipo de herencia es muy particular, y muy pocos lenguajes lo tienen.

Se dice que es multiparadigma porque soporta los paradigmas imperativo, funcional, orientado a objetos (prototipado) y dirigido por eventos.

En el ecosistema de la Web, JavaScript es uno de los lenguajes más populares. Todos los navegadores en la actualidad tienen un intérprete del lenguaje.

Si bien tiene bastantes partes criticables, JavaScript tiene la fama de ser un lenguaje «*liviano*» y «*expresivo*».

2.3.1. Influencias

JavaScript tiene fuertes influencias de varios lenguajes. Sus características más sobresalientes surgen de los siguientes lenguajes:

Java y C – No solo tiene la influencia sobre el nombre, sino que además tiene influencia sobre la sintaxis del lenguaje. Tanto Java como JavaScript sintácticamente emergen del lenguaje C. Sin embargo, Java y JavaScript tienen semánticas y propósitos diferentes.

Perl y Python – Tanto Perl como Python han influido en el manejo de strings, arreglos y expresiones regulares en JavaScript.

Scheme – De la familia del paradigma funcional. Adopta las funciones de primera clase y *closures*, los cuales se tratarán más adelante.

Self – Un lenguaje desarrollado por Sun Microsystems. Es de los pocos lenguajes que tienen herencia prototipada. Además de ésta característica, también «tomó prestada» la inusual notación de objetos.

2.3.2. Intérpretes

Ya se ha mencionado que JavaScript es un lenguaje interpretado. Sin embargo es necesario mencionar algunos «motores» que se encargan de interpretar el código en JavaScript.

Actualmente la gran mayoría de los navegadores (web browsers) viene con un intérprete de JS incorporado. A continuación se mencionan algunos de los más populares:

- **Rhino** – Gestionado por la fundación Mozilla, es de código abierto y está desarrollado completamente en Java.
- **SpiderMonkey** – También desarrollado por Mozilla para el navegador Firefox. Escrito en C++. Es utilizado en proyectos como MongoDB y GNOME.
- **Chakra** – Desarrollado por Microsoft, primero para Internet Explorer, y luego para Microsoft Edge.
- **V8** – El motor por defecto para Google Chrome, y también utilizado Node.JS, Opera y otros proyectos populares. Escrito en C++, maneja asignación en memoria y posee garbage collector.
- **JavaScriptCore** – Es utilizado por navegadores como Safari o PhantomJS. También es conocido como SquirrelFish o Nitro, bajo proyectos similares con otro nombre por cuestiones de mercado.

El objetivo de esta sección no es entrar en detalle ni hacer un análisis comparativo de los intérpretes. Basta con hacer una pequeña búsqueda para notar que varios de éstos intérpretes poseen garbage collection, compilación JIT (just in time), y estrategias para la optimización del código.

A lo largo de este documento se mostrarán ejemplos de código, cuya interpretación se realizará utilizando Node.JS (V8), y la consola de los navegadores Google Chrome (V8) y Mozilla Firefox (SpiderMonkey).

En caso de que el lector quiera ejecutar el código JavaScript, se deja a disposición los enlaces de descarga de las herramientas mencionadas:

- Node.JS – nodejs.org
- Google Chrome – google.com/chrome
- Mozilla Firefox – mozilla.org/firefox

Para abrir el intérprete desde Node.JS, basta con escribir `node` en la línea de comandos. Mientras que para el caso de los navegadores, hace falta apretar la tecla F12 para abrir la consola.

2.4. Nociones básicas

2.4.1. Tipos primitivos

Undefined

El tipo indefinido tiene un único valor, `undefined`. A toda variable que aún no se le haya asignado valor, tendrá el valor `undefined`.

Null

El tipo nulo tiene un único valor, `null`, que representa al valor nulo o «vacío».

Boolean

El tipo booleano representa una entidad lógica con dos posibles valores, `true` ó `false`.

String

Utilizado para representar datos de texto, el tipo `String` está definido como cero o más elementos, donde cada elemento es un entero no signado de 16 bits, de una longitud máxima de $2^{52} - 1$ elementos.

Number

Representa al conjunto de datos numérico. Se basa en la norma IEEE 754-2008, formato doble precisión de 64 bits en la aritmética de punto flotante. Toma algunos valores especiales de este conjunto para representar datos como `NaN` (Not a Number) y también `+Infinity` y `-Infinity`. La cantidad de valores reservados para `NaN` es dependiente de la implementación.

Symbol

Fue agregado en la versión de ES6. Abarca el conjunto de todos los valores no `String` que pueden ser usados como clave en la propiedad de un `Object`. Cada valor posible de `Symbol` es único e inmutable. Se los puede pensar como tokens que sirven como identificadores únicos.

Object

Es la forma básica de representar un objeto en JavaScript. Está compuesto por una colección de propiedades.

Las propiedades se identifican usando claves. El valor de una clave puede ser o bien un `String`, o bien un `Symbol`. Todos los valores `String` y `Symbol` son válidos como nombre clave para una propiedad, inclusive la cadena vacía.

2.4.2. Palabras reservadas

Las palabras reservadas del lenguaje se dividen en cuatro conjuntos:

- Palabras claves (*keywords*)
- Palabras reservadas a futuro
- Literal nulo (`null`)
- Literales booleanos (`true` y `false`)

Las siguientes son palabras claves, a excepción de `null`, `true` y `false`, que son literales.

CUADRO 2.1: Lista de palabras claves del lenguaje.

<code>break</code>	<code>do</code>	<code>import</code>	<code>throw</code>
<code>case</code>	<code>else</code>	<code>in</code>	<code>true</code>
<code>catch</code>	<code>export</code>	<code>instanceof</code>	<code>try</code>
<code>class</code>	<code>extends</code>	<code>new</code>	<code>typeof</code>
<code>const</code>	<code>false</code>	<code>null</code>	<code>var</code>
<code>continue</code>	<code>finally</code>	<code>return</code>	<code>void</code>
<code>debugger</code>	<code>for</code>	<code>super</code>	<code>while</code>
<code>default</code>	<code>function</code>	<code>switch</code>	<code>with</code>
<code>delete</code>	<code>if</code>	<code>this</code>	<code>yield</code>

Por otro lado, existe un conjunto de palabras reservadas a futuro. En un principio son solamente dos: `await` y `enum`. Pero si se especifica la directiva de *strict mode*, aparecen otras más: `implements`, `interface`, `package`, `private`, `protected` y `public`.

En resumen, las palabras reservadas a futuro (en modo estricto) son:

CUADRO 2.2: Lista de palabras reservadas a futuro.

<code>await</code>	<code>implements</code>	<code>package</code>	<code>protected</code>
<code>enum</code>	<code>interface</code>	<code>private</code>	<code>public</code>

2.4.3. Otras cuestiones a tener en cuenta

Identificadores

- Un identificador debe **comenzar** con una letra, signo pesos (\$), ó guión bajo (_).

- Un identificador consiste en letras, números, signo pesos (\$), ó guión bajo (_).
- Se permiten caracteres Unicode.
- No se permite el uso de palabras reservadas como identificadores.

Sensible a las mayúsculas

JavaScript es un lenguaje sensible a las mayúsculas, lo que significa que se entiende a `miVariable` y a `MIVARIABLE` como dos identificadores totalmente diferentes.

Sin tipado estático

El lenguaje no posee tipado estático. Sin embargo con TypeScript (de Microsoft) o Flow (de Facebook) se puede alcanzar esto mediante el uso de «type annotations». Consiste en utilizar el lenguaje haciendo anotaciones de los tipos, para luego hacer un chequeo de tipos estáticos mediante un preprocesado del código. Tanto TypeScript como Flow son *extensiones* de JavaScript.

2.5. Sintaxis

A continuación se hará una introducción sintáctica al lenguaje de forma breve y mediante ejemplos. El objetivo de esta sección no es detallar la especificación del lenguaje, sino dar un repaso general por los elementos básicos, las estructuras de control y de repetición. Para mayor detalle sobre la sintaxis, se recomienda leer el «Standard ECMA-262 (Language Specification)» [3].

2.5.1. Comentarios

Los comentarios en JavaScript se realizan de forma similar a los lenguajes de la familia de C (como Java o C++). Es posible hacer comentarios inline, así como también multilínea.

```
1 // Esto es un comentario en una sola línea
```

Comentario inline

```
1 /*
2 Esto es un comentario
3 escrito en varias líneas
4 */
```

Comentario multilínea

2.5.2. Variables

Para la declaración de variables, el lenguaje posee la palabra reservada `var`. Una variable tendrá el valor inicial `undefined` a menos que se la inicialice en su declaración.

También se pueden hacer múltiples declaraciones en la misma línea, incluso con la asignación de un valor inicial.

```
1 var a; // Definiendo una variable con nombre a
2 var b = 1; // Definiendo una variable con nombre b
3 var c, d, e; // Definiendo varias variables
4 var f, g = true, h; // Esto también es válido
5 var i = "Hola", j = 2; // Definiendo y asignando múltiples variables
```

Declarando variables

Vale la pena hacer mención también a dos nuevas formas de definir variables a partir de ES6. Se trata de `let` y `const`.

Sobre `let`, es una forma de declarar variables de «alcance local». Por el lado de `const`, se tratan de variables de valor constante, cuyo valor no se puede cambiar y tampoco pueden ser redeclaradas. Se profundizará sobre éstos dos conceptos en la sección 5.3, cuando se hable sobre el ámbito en JavaScript.

2.5.3. Estructuras condicionales

El lenguaje posee las estructuras condicionales, nuevamente con similitud sintáctica a los lenguajes de la familia de C. A continuación se muestran algunos ejemplos de algunas de éstas estructuras, que servirán para mejor entendimiento del código de ejemplo dado en los capítulos siguientes.

Condicionales `if` e `if-else`

```
1 if (a > 0) {
2   // bloque si la condición es verdadera
3 }
4
5 if (a > 0) {
6   // bloque si la condición es verdadera
7 } else {
8   // bloque si la condición es falsa
9 }
```

Ejemplos de `if` e `if-else`

Operador ternario `?:`

```
1 var mayor = a > b ? a : b
```

Operador ternario ?:

2.5.4. Funciones

Las funciones en JavaScript son objetos, instancia de `Function`. Al ser objetos, las mismas pueden ser guardadas como valores dentro de variables. Existen diferentes maneras de declarar una función. A continuación se enumeran las utilizadas con mayor frecuencia.

Funciones como expresión

Una función como expresión (o función expresión) es una expresión que produce un valor, en este caso un «objeto función», y luego es asignado a una variable.

```
1 var suma = function (x, y) { return x + y };
2
3 suma(2,3); // devuelve 5
```

Función expresión

Funciones como declaración

Una función como declaración (o función declaración) funciona de la misma forma que la función expresión, a diferencia de que no es necesario recurrir a la asignación sino que ésta se hace automáticamente.

```
1 function suma(x, y) { return x + y };
2
3 suma(2,3); // devuelve 5
```

Función declaración

Funciones anónimas y arrow functions

Se les llama funciones anónimas simplemente a aquellas funciones que no tienen nombre. Notar el detalle que cuando se habló de función como expresión, el lado derecho de la asignación era una función anónima.

Por otro lado, a partir de ES6 se introdujo el concepto de *arrow function* (o *fat arrow*, concepto que existe actualmente en varios lenguajes). Para el caso de JS, establece una forma más simple y concisa para escribir funciones anónimas, bajo el detalle de que además cambia la forma de la ligadura de `this`.

```
1 var mostrar = (texto) => console.log(texto);  
2  
3 mostrar('hola!'); // hola!
```

Arrow function

2.6. Otros conceptos

Los conceptos que se presentarán a continuación son de utilidad para entender mejor los capítulos siguientes. Algunos no son exclusivos del lenguaje, pero comprender y saber que el lenguaje dispone de éstas cualidades, facilitará al lector a la hora de introducir otros conceptos.

2.6.1. Hoisting

Del inglés «levantamiento», el término de hoisting es muy acuñado y asociado a JavaScript. Consiste en «mover» hacia el comienzo del scope las declaraciones. En términos de compiladores, se puede pensar como una primera pasada del compilador para guardar los identificadores utilizados en el scope. De hecho, lo que sucede es que durante la fase de compilación se reservan en memoria espacio para los nombres declarados.

Gracias a ésta característica, se puede invocar a una función que aún no fue definida, es decir, que su código está «más adelante».

```
1 foo()  
2 function foo() {  
3   console.log("bar");  
4 }
```

En realidad lo que sucede es que el motor de JavaScript «mueve» las declaraciones al principio del scope, por lo que se puede pensar que el código del ejemplo es equivalente a éste:

```
1 function foo() {  
2   console.log("bar");  
3 }  
4 foo()
```

Para las variables sucede algo similar, aunque solamente en su declaración (no en su asignación), por lo que se puede pensar que el siguiente código:

```
1 console.log(a); // undefined  
2 var a = 2;
```

Es equivalente a esto:

```
1 var a;  
2 console.log(a); // undefined  
3 a = 2;
```

La precaución hay que tenerla a la hora de escribir funciones como expresión, ya que el hoisting existe en la declaración del nombre pero no en la asignación (tal como pasa con las variables). Por ejemplo, el siguiente código:

```
1 foo();  
2  
3 var foo = function () {  
4     console.log("bar");  
5 }
```

Nos lanzará en ejecución un `TypeError: foo is not a function`. Tiene sentido pensar en esto, ya que al igual que nos pasó con la variable `a`, el código equivalente sería:

```
1 var foo;  
2  
3 foo(); // en este punto, foo es undefined.  
4  
5 foo = function () {  
6     console.log("bar");  
7 }
```

2.6.2. Closures

El término «closure», también conocido en español como «clausura» o «cerradura» es utilizado en varios lenguajes. Da la capacidad a las funciones a acceder y manipular variables que son externas a la función, siempre y cuando éstas estén definidas dentro del scope donde la función fue definida. Veamos un ejemplo simple:

```
1 var num = 2;  
2 function imprimir() {  
3     console.log(num);  
4     num = 3;  
5 }  
6  
7 imprimir(); // 2  
8 console.log(num); // 3
```

Creando un closure simple

Para este caso, la variable `num` y la función `imprimir` fueron definidas en el scope global. En la línea 3, la función puede entender al identificador `num` y ver su valor, e incluso en la línea 4, cambia su valor. Pero la fortaleza del closure no está ahí. Si nos limitásemos únicamente a hablar de visibilidad, deberíamos estar hablando de scope. La fortaleza del closure es que «encierra» a las variables que están dentro del scope de la función, y las mantendrá «vivas» siempre que la función exista. Veámoslo con un ejemplo más concreto:


```
1 function generar() {
2   var contador = 0;
3
4   function sumar() {
5     contador++;
6     console.log(contador);
7   }
8
9   return sumar;
10 }
11
12 var contar = generar();
13 contar(); // 1
14 contar(); // 2
15 contar(); // 3
```

Analizando otro closure

Se puede apreciar como la función `generar` es invocada por única vez. Al momento de invocar a la función, se crea un nuevo contexto. Sin embargo por causa del closure, ese contexto sigue con vida ya que es alcanzado desde el contexto global (mediante la variable `contar`) y así, el valor de `contador` persiste y cambia por cada llamada que hagamos a la función `contar`.

2.6.3. IIFE

La sigla IIFE representa *Immediately-invoked function expression*, lo que en español sería «función expresión invocada inmediatamente». El término es bastante auto-explicativo: Funciones definidas como expresión que son invocadas en el mismo lugar donde están definidas. Forman parte de un mecanismo importante que nos servirá más adelante para explicar los módulos en la sección 8.5.

Recordemos como mencionamos en la sección 2.5.4, existen dos formas de «crear» funciones: por declaración, o mediante una expresión. Las IIFEs corresponde únicamente a éstas últimas. Las dos maneras más comunes de escribir IIFEs se presentan a continuación.

```
1 // Dos versiones de IIFE. Ambas válidas.
2 (function(){ /* código */ })();
3 (function(){ /* código */ })();
4
5 // Probándolas con console.log
6 (function(){ console.log("hola"); })(); // hola
7 (function(){ console.log("chau"); })(); // chau
8
9 // También pueden tener argumentos!
10 (function(msj){ console.log(msj); })("wow!"); // wow!
```

Introduciendo las IIFEs

¿Por qué se necesitan los paréntesis? Para que el intérprete entienda que se trata de una expresión y no de una sentencia. Sin embargo, éstas no son las únicas formas de generar IIFEs. A continuación se presentan más formas, aunque algunas de ellas sean un poco antiestéticas a la hora de analizar la legibilidad del código.

```
1 // Como una expresión del lado derecho de una asignación
2 var i = function(){ return 10; }();
3
4 // Dentro de una expresión booleana
5 true && function(){ /* código */ }();
6
7 // Con el operador coma
8 0, function(){ /* código */ }();
9
10 // Con operadores unarios
11 !function(){ /* código */ }();
12 ~function(){ /* código */ }();
13 -function(){ /* código */ }();
14 +function(){ /* código */ }();
15
16 // Mediante el operador new, donde los paréntesis no son necesarios.
17 // Aún así, se los puede usar para pasar argumentos.
18 new function(){ /* code */ }
19 new function(){ /* code */ }()
```

Otras formas de escribir IIFEs

¿Qué ventajas nos brindan las IIFEs?

- Nos da la posibilidad de simular un scope local.
- Proveen un mecanismo de encapsulamiento.
- Reducen la polución de nombres en el scope global.
- Sirven para crear módulos o namespaces.

2.6.4. Prototype

Un concepto clave es el de prototype. Este es el mecanismo por naturaleza para «vincular objetos» y delegar comportamiento. Comprender lo presentado aquí, resultará de extrema ayuda al momento de analizar la herencia en JavaScript.

Recordemos que en JavaScript las funciones son objetos, y que los objetos son una colección de propiedades. Al momento de declarar una función, se hace una ligadura de un identificador con el valor de un objeto que es instancia de Function. Dicho objeto tiene una propiedad especial llamada prototype, la cual es una referencia a otro objeto, inicialmente vacío. Análogamente, dicho objeto tiene una propiedad llamada constructor que hace referencia al objeto función que creó la instancia.

```
1 function Foo() {}
2
3 console.log(Foo.prototype); // {}
4
5 // agregamos propiedades al prototipo
6 Foo.prototype.valor = 42;
7 Foo.prototype.bar = function() {
8   console.log('bar');
9 };
10
11 console.log(Foo.prototype); // { valor: 42, bar: [Function] }
```

```
12  
13 console.log(Foo.prototype.constructor); // [Function: Foo]
```

Analizando el prototype de una función

Podemos hacernos una imagen visual sobre las vinculaciones que hay en memoria al momento de la ejecución mediante el siguiente diagrama:

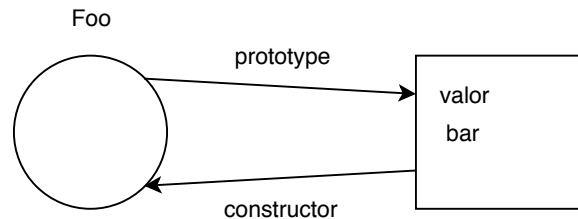


FIGURA 2.1: Diagrama del código y los objetos creados.

Ahora que se mencionó éste concepto, tiene sentido revelar que el constructor de clase `Object` no es otra cosa más que una función, y sus métodos `toString`, `valueOf`, ó `hasOwnProperty` forman parte de su «prototipo». Dicho esto, supongamos el siguiente código:

```
1 var a = new Object();  
2  
3 console.log(a.toString());
```

La instancia `a` también tiene una propiedad del prototipo. Pero en este caso, en vez de ser `prototype`, la misma se llama `__proto__`. Una definición vaga sería que las funciones están vinculadas a un prototipo mediante su propiedad `prototype` mientras que las instancias se vinculan a su prototipo mediante la propiedad `__proto__`. La forma «genérica» definida en el estándar de ECMAScript cuando se habla del prototipo, es mediante el término `[[Prototype]]`.

Ahora, ¿qué sucede exactamente al momento de hacer `a.toString()`? En realidad lo que sucede es que se busca por la propiedad `toString` dentro de la instancia de `a`, pero al no encontrarse, se seguirá buscando en su `[[Prototype]]` (y en caso de no encontrarse, seguiría recursivamente hasta llegar a `null`). Ésto es lo que se denomina la cadena del prototipo («prototype chain»).

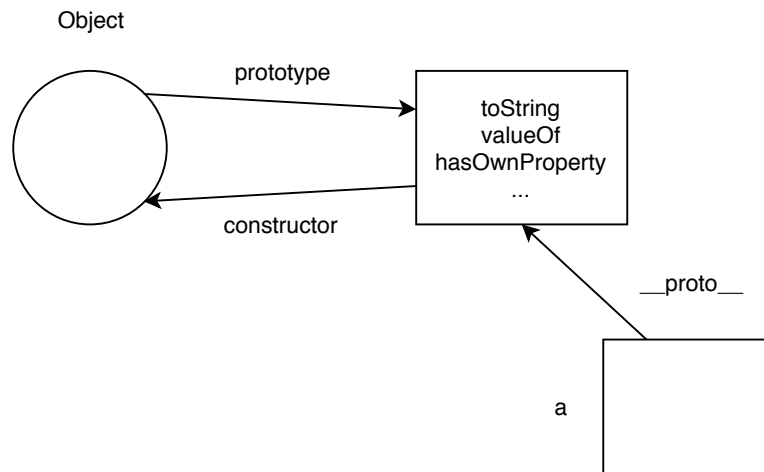


FIGURA 2.2: Diagrama del código y la instancia de a.

Sobre el uso del `prototype` se hablará con más detalle de esto en las secciones [8.1](#) y [8.2](#), donde en ésta última se hará mención a su rol en la herencia prototipada.

Parte I

Sistema de Tipos

Capítulo 3

Tipos

JavaScript es un lenguaje de «scripting», con tipado dinámico y un sistema de tipos débil. Generalmente, en este tipo de lenguajes interpretados no es necesario definir el tipo de una variable al momento de declararla. Con tan solo asignarle un valor a esa variable, estamos «especificando» su tipo. De hecho, cuando hablamos de tipos, en realidad nos referimos al tipo del valor, y no del identificador de la variable ligado a ese valor.

A veces es necesario *cuestionar* a los tipos que posee un lenguaje para conocerlos mejor. En este capítulo nos aproximaremos a cuestiones relativas a los tipos del lenguaje. Además, se hará un análisis especial del operador `typeof`, donde podremos comenzar a observar las flaquezas e incoherencias del lenguaje.

3.1. Tipos primitivos

Tal como se mencionó en el capítulo 2, existen solamente 7 tipos primitivos del lenguaje. Una variable está asociada a un valor, y dicho valor puede ser de alguno de los siguientes tipos:

- `undefined`
- `null`
- `number`
- `string`
- `boolean`
- `symbol`
- `object`

Algunos autores consideran que `Object` no es un tipo primitivo. De hecho, en la sección 4.2 (y a lo largo del capítulo 4) mostraremos que la especificación de ECMAScript [3] hace una distinción especial para éste a la hora de hacer conversiones de tipo, por lo que pensar que `Object` no es un tipo primitivo da lugar a debate, y es un pensamiento totalmente válido.

También existe un concepto errado de que «en JavaScript todo es un objeto». Considerando que en JavaScript las funciones y los arreglos son objetos, la frase es en parte cierta. Pero el concepto es equivocado porque además de objetos existen los otros tipos primitivos, los cuales acabamos de mencionar.

En las siguientes subsecciones haremos introducción (y algunas críticas) a algunos de los tipos. No son tenidos en cuenta `boolean`, dado que no hay mucho que analizar, y tampoco `symbol`, el cual no formará parte de éste documento.

3.1.1. `null` y `undefined`

Estos dos tipos representan el valor «vacío», y puede resultar confuso, porque tener dos identificadores para *casi* lo mismo parece redundante. El valor de `undefined` se suele utilizar como valor para variables que aún no fueron declaradas, mientras que el valor de `null` se supone que cuando queremos forzar a que una variable tenga valor nulo.

```
1 var a;  
2 var b = null;  
3  
4 console.log(a); // undefined  
5 console.log(b); // null
```

`null` y `undefined`

El problema de `undefined` es que no existe un mecanismo para restringir el uso de este tipo. De hecho, podemos asignarle `undefined` como valor a una variable, y en ese sentido no podemos saber si fue porque se le asignó el valor o porque nunca obtuvo uno.

```
1 var a;  
2 var b = null;  
3 b = undefined;  
4  
5 console.log(a); // undefined  
6 console.log(b); // undefined
```

Aquí es donde entra el juego el significado de un valor «no definido» y un valor «no declarado». Lo lógico, es pensar que `undefined` se utiliza para una variable que sí fue declarada, pero que su valor aún no fue definido. Mientras que una variable «no declarada» representaría a una variable que en ningún momento se la declaró mediante ningún mecanismo (ni `var`, ni `let`, ni `const`).

El problema es que el intérprete tampoco es muy concreto a la hora de describir los errores, ya que si la variable no fue declarada, ¡nos dirá que la misma no fue definida!

```
1 var a;  
2  
3 a; // undefined  
4 b; // ReferenceError: b is not defined
```

Por el lado de `null` no hay mucho más para aclarar. Su significado es idéntico al de otros lenguajes de la misma rama. En el capítulo 4 observaremos cómo `null` es un valor de falsedad, pero al compararlo con `false`, dicha comparación da un resultado negativo.

3.1.2. string

El tipo `string` es utilizado para representar una cadena de caracteres o texto. En otros lenguajes, generalmente un `string` es tratado como una lista, una secuencia o un array de caracteres (porque de hecho, en algunos lenguajes lo es). No obstante, en JavaScript no existe el concepto de `char`; solamente el de `string`. Si se desea, en JavaScript se puede tratar a un `string` como si fuera un array, pero no lo es. Solamente poseen varios «métodos en común».

```
1 var a = 'hola';           // string
2 var b = ['h', 'o', 'l', 'a']; // array
3
4 console.log(a.length);    // 4
5 console.log(b.length);    // 4
6
7 console.log(a.indexOf('o')) // 1
8 console.log(b.indexOf('o')) // 1
9
10 console.log(a.concat('mundo'))
11 // holamundo
12 console.log(b.concat(['m', 'u', 'n', 'd', 'o']))
13 // [ 'h', 'o', 'l', 'a', 'm', 'u', 'n', 'd', 'o' ]
```

Similitudes entre `string` y un array

A pesar de que existe cierta similitud entre estos dos tipos, es un grave error pensar al tipo `string` como una simple cadena de caracteres. Observemos:

```
1 var a = 'hola';           // string
2 var b = ['h', 'o', 'l', 'a']; // array
3
4 a[0] = 'H';
5 b[0] = 'H';
6
7 console.log(a);           // hola
8 console.log(b);           // [ 'H', 'o', 'l', 'a' ]
```

El valor de la primera letra de la variable `a` no se vio modificada. Esto sucede porque en JavaScript el tipo `string` es inmutable. Las operaciones que brinda la clase `String` devuelven un nuevo valor, sin mutar ni cambiar el valor con el cual operamos.

Por otro lado, existen algunos métodos que existen para la clase `Array` pero no para `String`. Serían deseables métodos como `join`, `map` o `reverse`. Por suerte existen formas de tomar esos métodos «prestados»: haciendo conversión hacia array y volviendo a `string` (poco óptimo), o forzando las llamadas mediante el uso del método `call`, del cual se hablará con precisión en la sección 5.4.3.

Lo cierto es que el tipo `string` no es un arreglo de caracteres, y llegado a cierto punto el programador tendrá que evaluar si resultará una mejor solución a su problema utilizar este tipo, o un array de `string`, en caso de que tenga datos que deban ir «mutando».

3.1.3. number

Otro tipo a destacar en el lenguaje es `number`. En JavaScript no existe una distinción entre `integer` y `float`, `real` o `double`. Solamente existe el concepto de `number` y éste es compartido, independientemente si se trata de un número entero o real.

Existe una famosa crítica al lenguaje que se suele ver en Internet, que es la siguiente:

```
1 0.1 + 0.2 === 0.3    // false
```

Criticar a JavaScript por dicha expresión es una equivocación enorme. De hecho, éste problema también lo poseen lenguajes como C, C++, Java, Python, PHP, entre otros (ver 0.30000000000000004.com).

En todo caso, se puede criticar al sistema de tipos (por utilizar únicamente `number` y no tener un manejo natural para los decimales «grandes»). Pero lo que realmente sucede bajo esa expresión, es que el tipo `number` en JavaScript implementa la norma IEEE 754 de punto flotante, por lo que algunas veces habrá cierta pérdida de precisión en algunas operaciones matemáticas para determinados valores.

Por otro motivo que se suele cuestionar a JavaScript es por los valores numéricos especiales: `+0`, `-0`, `Infinity`, `-Infinity` y `NaN`. Pero de nuevo, estamos en lo mismo: Todos estos valores están ahí porque forman parte de la implementación de IEEE 754.

En lo que sí corresponde hacer hinchapié es en la parte sintáctica de los números. Existen diversas formas de escribir números (y algunos de ellos representan lo mismo). A continuación se presentan algunos ejemplos. Todos de ellos son formas válidas.

```
1 // ejemplo 1
2 42
3 42.0
4 42.
5
6 // ejemplo 2
7 42.3
8 42.300
9
10 // ejemplo 3
11 0.5
12 .5
```

La parte «desagradable» para algunos puede ser la de la línea 4 y la línea 12, donde se usa el punto al principio o al final del literal.

Un punto fuerte es que se pueden usar literales en notación científica o en otras bases, como hexadecimal, octal o binario. Éste último concepto fue introducido en versiones previas, pero mejorado en ES6.

```
1 // Notación científica
2 1E3    // 1 * 10^3
3 1.1E6  // 1.1 * 10^6
4 2e-5   // 2 * 10^-5
5
6 // Hexadecimal
```

```
7 0xf3; // 243
8 0Xf3; // 243
9
10 // Octal
11 0o363; // 243
12 00363; // 243
13
14 // Binario
15 0b11110011; // 243
16 0B11110011; // 243
```

3.1.4. object

Dejando de lado el resto de los tipos primitivos, el tipo por excelencia dentro del lenguaje es `object`. En JavaScript *casi todo* es un objeto: arreglos, funciones, clases, módulos. Existen diversas formas de crear un objeto, algunas de ellas se muestran a continuación:

```
1 var obj1 = {};  
2 var obj2 = new Object();  
3 var obj3 = Object.create(null);
```

Creando un object

La forma sintáctica de la línea 1 es utilizada asiduamente. El uso de las llaves `{}` puede parecer confuso al principio, porque las mismas también son utilizados para definir bloques. Sin embargo, la simplicidad que tiene es destacable. Para quienes conocen el formato JSON (JavaScript Object Notation) utilizado a veces en la web, esto no resultará nada nuevo.

Pero ¿qué es *exactamente* un objeto?. Es un conjunto de propiedades determinadas por una *clave* y asociadas a un *valor*. Dichos valores pueden ser de cualquier tipo de los ya vistos (incluso otros objetos, lo que significa que pueden ser también funciones o arreglos).

```
1 var obj = {  
2   nombre: "Prueba",  
3   ejemplo: true,  
4   contador: 42,  
5   saludar: function () {  
6     console.log("Hola!");  
7   },  
8   proximo: {  
9     nombre: "Otro"  
10  },  
11  multiplos: [1, 2, 3, 5]  
12 }
```

Ejemplo de object

Existen dos maneras de hacer referencia a la locación de la propiedad de un objeto: mediante la notación de punto o mediante la notación de arreglo.

```
1 var objeto = {
2   a: 2,
3   b: 3
4 };
5
6 objeto.a;           // 2
7 objeto["b"];        // 3
8
9 objeto.a = 4;
10 objeto["b"] = 5;
11
12 console.log(objeto); // { a: 4, b: 5 }
```

Notación punto y notación arreglo

Hay que tener especial cuidado cuando empezamos a acceder a las propiedades de un objeto en cualquiera de las dos formas, porque permite el uso de algunos literales de otros tipos a modo de identificador de una propiedad. Ésta característica cambió a partir de la versión de ES5, previo a ello, se permitía utilizar palabras reservadas mediante la notación de arreglo pero no mediante la notación de punto.

```
1 var obj = {
2   a: 2
3 };
4
5 obj.true = 3;
6 obj[false] = 4;
7 obj[undefined] = 5;
8 obj.null = 6;
9
10 console.log(obj);
11 // { a: 2, true: 3, false: 4, undefined: 5, null: 6 }
```

Utilizando literales como claves

Uno de los puntos más flojos en este aspecto es cuando hablamos de literales numéricos. Si bien no forman parte de un identificador válido para el lenguaje, sí lo son para las propiedades de un objeto. Pero hay que tener cuidado: Para la notación punto no sirven, pero sí para la notación arreglo.

```
1 var obj = {};
2
3 obj[1] = "válido";
4 obj["2"] = "válido";
5
6 console.log(obj); // { 1: 'válido', 2: 'válido' }
7
8 obj.3 = "inválido";
9 obj."3" = "inválido";
```

Utilizando números como claves

Tanto las formas presentadas en la línea 8 y 9 son inválidas. De hecho, en la línea 8 ocurrirá un `SyntaxError` por un «identificador no esperado». Lo que sucede realmente cuando utilizamos la notación de arreglo es que se está realizando una conversión a `string` del identificador. Se verá más detalles sobre éste tipo de conversiones en el capítulo 4, pero

mientras tanto es necesario hacer éstas advertencias sobre el acceso a propiedades. Este comportamiento inesperado no es algo únicamente de los datos numéricos.

```
1 var obj = {};  
2 var obj2 = {};  
3 var obj3 = {};  
4  
5 obj[obj2] = 1;  
6 obj.obj3 = 2;  
7  
8 console.log(obj); // { '[object Object]': 1, obj3: 2 }
```

Utilizando objetos como claves

Podemos ver, por un lado, cómo `obj2` fue convertido a `string` y fue utilizado erróneamente como clave para una propiedad de `obj`. Por el otro lado, con la notación de punto, se utilizó el texto `obj3` (y no la referencia al objeto) como identificador de la propiedad.

Una inconsistencia más, es la de la «cadena vacía», la cual también formará parte de un identificador válido.

```
1 var obj = {};  
2  
3 obj[''] = 'wow!';  
4  
5 console.log(obj); // { '': 'wow!' }
```

Cadena vacía como clave

Para cerrar ésta parte de objetos, ¿qué pasa con las referencias circulares en objetos?. Preguntarse ésto debería ser importante para el programador por cuestiones relativas al *garbage collector*.

```
1 var obj = {};  
2  
3 var obj2 = {  
4   next: obj  
5 };  
6  
7 obj.next = obj2;  
8  
9 console.log(obj); // { next: { next: [Circular] } }
```

Referencias circulares con objetos

Para el caso del entorno donde se realizó la prueba (NodeJS), al momento de hacer `console.log`, el intérprete fue lo suficientemente *inteligente* para darse cuenta de que se trataba de una referencia circular.

3.2. El operador typeof

Para el análisis del tipo de un valor (o del valor ligado a una variable) se puede hacer uso del operador `typeof`. Dicho operador retorna un `string` con el nombre del tipo del valor evaluado.

```
1 typeof undefined // "undefined"
2 typeof 123        // "number"
3 typeof true       // "boolean"
4 typeof {}         // "object"
5 typeof "Hola Mundo" // "string"
6 typeof Symbol()   // "symbol"
```

Analizando los tipos con `typeof`

Una de las primeras flaquezas presentadas por el lenguaje es la del `typeof null`.

```
1 typeof null // "object"
```

Analizando `typeof null`

Uno tiende a esperar que `typeof null` retorne `"null"`, sin embargo, retorna `"object"`. Este es un *bug* conocido y difícilmente sea corregido, ya que se estima que hay muchas aplicaciones y sistemas en la web que se basan en este comportamiento. Se cree que corregir esto crearía más problemas que soluciones.

Esto no solo pasa con el literal `null` sino que además sucederá con cualquier variable ligada a un tipo nulo.

```
1 var a = null;
2 typeof a      // "object"
```

Analizando `typeof null` (cont.)

3.2.1. Casos especiales del `typeof`

Existen algunos casos especiales para el operador `typeof`. ¿Qué pasa con las funciones?. ¿Y con los arreglos?.

El primero de los casos es el de las **funciones**. Como se mencionó anteriormente, en la especificación, una función es considerada un subtipo de `object`, a diferencia de que tiene una propiedad interna `[[Call]]`. Sin ir más lejos, ¿qué se espera que retorne `typeof` para el caso de una función?

```
1 typeof function a() {} // "function"
```

Analizando `typeof` de una función

Si bien quizás resulte más intuitivo esperar que retorne "object", el hecho de que haya retornado "function" puede resultar útil a la hora de distinguir entre objetos y funciones, y así identificar cuales son los que se pueden invocar (también conocidos como «callable objects»). Sin embargo, este hecho es algo contradictorio ya que "function" no está distinguido entre los tipos primitivos.

El otro caso especial es el de los **arreglos**. En JavaScript, un arreglo no es más que un objeto con una propiedad interna `length`, donde cada propiedad del objeto es el índice del arreglo.

```
1 typeof []           // "object"
2 typeof [1, 2, 3]    // "object"
3 typeof ["hola", "mundo"] // "object"
```

Analizando `typeof` de arreglos

¿Por qué para las funciones el operador `typeof` devuelve "function" mientras que para los arreglos sigue devolviendo "object"?

Al parecer, la distinción de los «callable objects» es importante para el lenguaje, pero para el caso de arreglos es irrelevante saber si un arreglo es efectivamente un arreglo o simplemente un objeto, dado que tienen las mismas propiedades y se lo puede tratar de la misma manera. ¿Cómo saber entonces cuando -por ejemplo- una variable es un objeto o un arreglo? La respuesta es mediante el operador `instanceof`. La distinción se hace mediante el análisis de la clase asociada, y no del tipo.

Para cerrar, existe un caso curioso para el valor especial numérico NaN. Recordemos que este es un valor especial para representar «Not a Number» (del español, *No es un número*). Sin embargo cuando hacemos `typeof` del mismo, obtenemos que el mismo es de tipo numérico.

```
1 typeof NaN         // "number"
```

Analizando `typeof` de NaN

Esto sucede lógicamente porque, en el fondo, NaN es de hecho un `number`. Tal como se mencionó anteriormente, JavaScript implementa la norma de punto flotante (IEEE 754), la cual tiene una *excepción* para determinados valores que en la aritmética de punto flotante son inválidos.

Capítulo 4

Coerción

Cuando un lenguaje tiene seguridad en su sistema de tipos, hace que el mismo sea coherente, predecible, que sea fácil de inferir o trazar qué tipos se manejan en un momento de ejecución dado. Para que un lenguaje gane flexibilidad en su sistema de tipos, debe sacrificar éstos aspectos de seguridad, mientras se pierden también los calificativos mencionados.

Una de las mayores críticas a JavaScript es sobre la conversión de tipos implícita que ocurre en las expresiones. Tiene la fama de ser un lenguaje extremadamente flexible, pero al mismo tiempo impredecible en cuanto a la coerción en sus sistema de tipos.

En este capítulo se hablará de los efectos de la conversión de tipos que ocurre en el lenguaje, tanto la implícita como la explícita, y así podremos acercarnos a una conclusión de qué tan relajado es el sistema de tipos. Para acotar el análisis, limitaremos el mismo a los operadores que se utilizan con más frecuencia a la hora de programar.

4.1. Conversión explícita

Comenzaremos este capítulo hablando de la conversión explícita, para entender qué valores de un tipo corresponden a otro tipo. Existen cuatro funciones para hacer conversión a tipos built-in del lenguaje, las cuales son `Boolean`, `Number`, `String` y `Object`. Es innecesario pensar funciones para convertir a `null` y `undefined` dado que son casos especiales.

4.1.1. Boolean

La función `Boolean()` convierte el argumento dado a un valor booleano. Los valores que se detallan a continuación se convierten a `false`, y son llamados valores de falsedad («*falsy*»).

- `undefined`
- `null`
- `false`
- `0`
- `NaN`
- `"`

El resto de los valores son considerados valores de verdad («*truthy*») y serán convertidos a `true`, incluyendo a los objetos, que todos son convertidos a `true`.

4.1.2. Number

Análogamente, la función `Number()` convierte un valor dado a su representación numérica. Para éste caso, las reglas son un poco más complejas (y menos intuitivas).

- `undefined` se transforma en `NaN`.
- `null` se transforma en `0`.
- `false` se transforma en `0`.
- `true` se transforma en `1`.
- Para el caso de `string`, se hace *parsing* de la siguiente manera: Se remueven los espacios en blanco, si el `string` resultante es "", se transforma en `0`, sino se intentará leer el valor numérico (si posee algún carácter ajeno a un valor de representación numérica, se transformará en `NaN`, caso contrario, se transforma en dicho valor numérico).
- Para el caso de `object`, primero se transforma a primitivo (ver sección 4.2), y luego es convertido a `number` con las reglas recién mencionadas.

4.1.3. String

La función `String()` es el caso más obvio para la mayoría de los tipos primitivos. Convertirá el valor dado al literal `string` del tipo dado.

- `null` se convierte a `"null"`.
- `undefined` se convierte a `"undefined"`.
- `true` y `false` se convierten a `"true"` y `"false"`, respectivamente.
- Los valores numéricos se transforman en su `string` equivalente. Por ejemplo, `123.45` se transformará en `"123.45"`.
- Para el caso de `object`, primero se transforma a primitivo (ver sección 4.2), y luego es convertido a `string` con las reglas recién mencionadas.

4.1.4. Object

Para el caso de `Object()` es un poco más complejo de reflejar.

- `null` se convierte en el objeto vacío `{}`.
- `undefined` se convierte en el objeto vacío `{}`.
- Para los casos de `string`, `number` y `boolean`, las primitivas se convierten en «primitivas envueltas». Esto es, «objetos» que son instancias de `String`, `Number` y `Boolean`, respectivamente.
- Los objetos se vuelven en sí mismos.

4.2. ToPrimitive

La función `ToPrimitive` está especificada en el estándar de ECMAScript [3] y es un pilar fundamental para entender las secciones siguientes. En la sección 4.1 se hizo mención acerca de la conversión de `object` hacia otros tipos. Para el caso de `boolean`, es simple dado que todos los objetos se convierten a `true`. Sin embargo, para los tipos `number` y `string` es un poco más complejo, dado que hay que recurrir a este algoritmo.

¿Por qué un objeto se querría convertir a un tipo primitivo? Es justamente una de las partes flexibles del lenguaje. Esta función es la que permite poder utilizar operandos de distintos tipos en algunas expresiones. Un objeto se podría tener que convertir a un tipo numérico para el caso de algunas operaciones matemáticas (por ejemplo, el tipo `Date` donde se pueden restar fechas) o por ejemplo a un texto, para el caso de que se necesite «mostrar» un objeto (ya sea mediante las funciones `alert` o `console.log`).

Cabe aclarar que la función `ToPrimitive` *existe* en la especificación de ECMAScript, pero no es un método o una función tal como se mostró con `Boolean`, `Number`, `String` y `Object`. Este método de conversión se utilizará siempre que el contexto así lo requiera, generalmente en operaciones donde ocurre la coerción de objetos.

La signatura del método es la siguiente: `ToPrimitive(input, PreferredType?)`

El parámetro opcional `PreferredType` representa la preferencia del tipo a convertir, y el mismo puede ser `Number` o `String`. Por lo general, se asume que cuando no está presente, el valor por defecto es `Number`, sin embargo este comportamiento puede ser cambiando sobrescribiendo el método `@@toPrimitive`, como sucede en el caso de `Date` y `Symbol`.

El algoritmo de `ToPrimitive` si el `PreferredType` es `Number` es el siguiente:

1. Si `input` es de tipo primitivo, retornarlo.
2. Sino, si `input` es un objeto, llamar a `input.valueOf()`. Si el resultado es primitivo, retornarlo.
3. Sino, llamar a `input.toString()`, si el resultado es primitivo, retornarlo.
4. Sino, lanzar un `TypeError`.

En caso de que el `PreferredType` sea tipo `String`, el algoritmo es análogo, solo que se intercambian los lugares de los puntos 2 y 3.

4.3. El operador +

Uno de los grandes dilemas a la hora de diseñar un lenguaje es sobre el uso de operadores como el `+`. ¿Debería este operador estar sobrecargado?. Es simple pensar en el `+` como un operador de suma de dos datos numéricos, pero ¿se podría usar para concatenar dos cadenas de texto? ¿o para unir el contenido de dos listas (arreglos)?.

4.3.1. Operador unario

La existencia del operador unario `+` puede resultar en una de las más confusas del lenguaje. La única finalidad del operador unario `+` es hacer una conversión numérica en caso de ser posible, y en caso contrario retornar `NaN`. No funciona de la misma forma en la que

funcionaría el operador unario `-` (negación matemática), en donde además de realizar la conversión numérica, intentará cambiar el signo. Por ejemplo:

```
1 +3          // 3
2 -3          // -3
3 +(-3)       // -3
4 +-3         // -3
5 -+3         // -3
```

Operador unario `+`

Insistimos, este operador funciona únicamente para una conversión a número, pero tiene influencia sobre el signo. Dicho esto, se presentan a continuación algunos ejemplos con sus respectivos resultados.

```
1 +3          // 3
2 +' -3 '     // -3
3 +' 3.14 '   // 3.14
4 +' 3 '      // 3
5 +' 0xFF '   // 255
6 +true       // 1
7 +' 123e-5 ' // 0.00123
8 +false      // 0
9 +null       // 0
10 +'Infinity' // Infinity
11 +'infinity'  // NaN
12 +function(val){ return val } // NaN
```

Operador unario `+` (más casos)

El operador unario `+` suele ser el elegido por algunos programadores cuando quieren hacer coerción explícita de un valor a su tipo numérico. Los resultados de utilizar `Number()` para ambos casos serían idénticos. El *trade-off* está en la legibilidad de las expresiones cuando éstas se vuelven más complejas. Se gana simplicidad, pero se sacrifica legibilidad.

4.3.2. Operador binario

Para comenzar, iremos con el ejemplo más simple de todos: El operador `+` sirve como suma a la hora de trabajar con datos numéricos.

```
1 1 + 2      // 3
2 10 + 50    // 60
3 .1 + 0     // 0.1
4 NaN + NaN  // NaN
5 -1 + 10    // 9
```

Operador `+` en números

Por otro lado, el mismo operador también se puede usar para concatenación de strings.

```
1 "hola" + "mundo" // "holamundo"
2 "abc" + "def"    // "abcdef"
3 "123" + "456"    // "123456"
4 "chau" + ""      // "chau"
```

Operador + en strings

Hasta este punto, todo parece funcionar de acuerdo a lo esperado. JavaScript actúa de forma bastante similar a otros lenguajes que poseen el operador + sobrecargado. El problema comienza cuando empezamos a «mezclar» los tipos. Empecemos analizando los casos de `number` y `string`:

```
1 1 + "1"          // "11"
2 "1" + 1          // "11"
3 2 + ""           // "2"
4 "hola" + 0       // "hola0"
```

Operador + mezclando strings con números

Si bien puede parecer un poco raro, la regla aquí es que si uno de los operandos es `string`, entonces el resultado será la concatenación de los `string`. Ahora sigamos evaluando, qué pasa con los `boolean`:

```
1 true + true // 2
2 true + false // 1
3 false + false // 0
```

Operador + en booleanos

Tal como se mencionó en la sección 4.1, el valor numérico de `true` es 1 mientras que el de `false` es 0. Entonces para este caso, ocurre una coerción hacia tipo numérico en los operandos, y el operador + funciona como una suma numérica normal.

Para entender mejor lo que está sucediendo, es preferible tener a mano un pseudo algoritmo de cómo trabaja el operador binario +:

1. Convertir ambos operandos a sus valores primitivos haciendo uso del `ToPrimitive` mencionado anteriormente.
2. Si alguno de los dos operandos es `string`, convertir ambos operandos a `string` y retornar la concatenación de los resultados.
3. Sino, convertir ambos operandos a su valor numérico y retornar la suma de los resultados.

Considerando esto, evaluemos algunos casos más:

```
1 [] + [] // ''
2 [] + {} // '[object Object]'
3 {} + {} // '[object Object][object Object]'
4 {} + [] // 0
```

Operador + con arreglos y objetos

Para el primer caso, la conversión a primitivo del arreglo vacío `[]` primero hace un `valueOf()`, el cual retorna el arreglo mismo (`this`). Luego, como el resultado no es un valor primitivo, se hace `toString()` el cual retorna el string vacío `"`. Finalmente, el resultado de sumar `[] + []` es el string vacío.

Para el segundo caso, sucede algo similar. Dado que el primer operando es el string vacío, entonces el `+` corresponde a una concatenación de strings. Y el método `toString()` sobre un objeto (instancia directa de `Object`) se traduce a string de la forma `"[object Object]"`.

Luego de haber visto los dos primeros casos, el tercer caso se explica solo. Se hace la conversión del primero y el `+` representa la concatenación de strings. Sucede exactamente lo mismo que en el primer caso, el `valueOf()` del primer operando retorna `this` entonces se termina haciendo un `toString()`.

El que es bastante inusual es el cuarto caso. Luego de haber visto el segundo, uno tiende a esperar que el cuarto de el mismo resultado, pero esto no es así. ¿Qué pasó? El intérprete consideró a la primera parte de la expresión como un bloque de código vacío y la ignoró. Luego, la expresión quedó como `+[]`, donde el `+` representa el operador unario, no el binario. Lo que significa que resultó en una coerción hacia `number` del string vacío `"`, resultando en un `0`. Podemos «corregir» este comportamiento haciendo uso de los paréntesis, entonces el intérprete lo leerá como una expresión y `{}` representará un objeto en vez de un bloque.

```
1 ({ } + []) // '[object Object]'
```

Caso especial

El hecho de que los arreglos estén vacíos o sean mezclados con objetos no cambia el resultado. Si tenemos dos arreglos con contenido, el resultado será de todas formas convertido a `string`. Ejemplificando:

```
1 var a = [1, 2, 3];
2 var b = [4, 5, 6];
3
4 var resultado = a + b;
5
6 console.log(typeof resultado); // string
7 console.log(resultado)        // '1,2,34,5,6'
```

Operador `+` entre arreglos

Con todo esto visto, ahora se tiene un mejor panorama de cómo funciona el operador `+` en JavaScript. Se utiliza principalmente en valores de tipos numéricos o strings.

Para el caso de los objetos, si alguno de los operandos es `string`, el mismo se convierte a `string`, en caso contrario, se convierte a número.

Para el caso de los arreglos, el operador `+` no funciona como en otros lenguajes. Para concatenar arreglos es necesario utilizar el método `concat` o hacer uso de alguna librería externa.

4.4. El operador !

El operador unario de negación lógica es otro de los operadores que es necesario hacer mención. Tal como sucedía con el operador unario +, en donde se hacía una conversión a Number, con el operador ! sucede análogamente lo mismo, pero la conversión será a Boolean.

```
1 !true           // false
2 !false          // true
3 !null           // true
4 !undefined      // true
5 !0              // true
6 !1              // false
7 !{}             // false
8 ![]             // false
9 !function(){ } // false
```

Operador ! con diferentes valores

Haciendo uso de este conocimiento sobre la conversión a boolean, podemos llegar a tener código más compacto. Por ejemplo, si tuviéramos una variable `a` y necesitamos chequear en algún momento si `a === null` o si `a === undefined` para saber si `a` obtuvo algún valor, se puede hacer de la siguiente manera:

```
1 var a;
2 // ...
3 if (!a) {
4   // lanzar un error
5 }
```

De todas formas, hay que tener especial cuidado con esto, ya que por ejemplo si nuestra variable `a` obtuviera el valor `0`, nuestro código lanzaría un error cuando en realidad sí se obtuvo un valor.

4.5. Operadores de igualdad

Una de las primeras fallas comunes en cuanto a los programadores que se acercan a JavaScript y vienen de otros lenguajes de la rama de C, es pensar que el operador de comparación `==` funciona de la misma manera que en esos otros lenguajes. Esto no es así. En JavaScript, existen dos operadores de comparación de igualdad, estos son `==` y `===` (junto con sus comparadores de desigualdad análogos, `!=` y `!==`).

El operador de igualdad `===` se le suele llamar estricto, ya que si los dos operandos son de distintos tipos, la expresión será `false`, en caso contrario, hará una comparación del valor de los operandos (a excepción de los objetos, que compara referencias).

En cambio el operador de igualdad `==` se le suele llamar blando, o según la especificación, «comparador de igualdad abstracta». Si los operandos son de distintos tipos, intentará convertir los tipos para luego compararlos.

Una de las mayores críticas del operador `==` es la falta de coherencia semántica. Por ejemplo, un arreglo vacío `[]` en el fondo es un objeto, lo cual debería ser un valor de verdad.

La negación de un valor de verdad, por lógica, debería ser un valor de falsedad. Sin embargo, esto no sucede así.

```
1 [] == ![]           // true
```

Comparando un Array con su negación

¿Por qué ésta comparación da verdadera? Lo que está pasando es que ambos operandos están siendo transformados a `number`. Por el lado de la izquierda, se produce el `ToArray` visto anteriormente, resultando en un valor `0`. Sin embargo el operando de la derecha previamente es transformado a `boolean` (por el `not`), lo cual se traduce a `false`, el cual luego termina siendo traducido a `0`.

```
1 +[] == +![];
2 0 == +false;
3 0 == 0;
4 true;
```

El caso de los arreglos no es lo único que carece de lógica. También hay un trato especial para `null` y `undefined`, los cuales se suponen que son valores de falsedad (tal como se marcó en 4.1), pero al momento de comparar los valores con `false` el resultado no es el esperado.

```
1 null == false       // false
2 undefined == false  // false
```

Comparando `null` y `undefined` con `false`

Para entender mejor qué pasa, es necesario recurrir a los algoritmos de comparación de la especificación. Cabe la aclaración que se hará uso de tres «métodos»: `ToArray` y `ToPrimitive`, los cuales se introdujeron en las secciones 4.1 y 4.2 respectivamente, y un método `Tipo`, el cual retorna el tipo de un valor dado.

Empecemos con el algoritmo de **Comparación de Igualdad Estricta**. Sea la comparación `x === y`, donde `x` e `y` son los operandos, la comparación se hace de la siguiente forma:

1. Si `Tipo(x)` es distinto a `Tipo(y)`
2. Si `Tipo(x)` es `Number`, entonces
 - a) Si `x` es `NaN`, retornar `false`
 - b) Si `y` es `NaN`, retornar `false`
 - c) Si `x` tiene el mismo valor numérico de `y`, retornar `true`
 - d) Si `x` es `+0` e `y` es `-0`, retornar `true`
 - e) Si `x` es `-0` e `y` es `+0`, retornar `true`
 - f) Retornar `false`
3. Si `Tipo(x)` es `Undefined`, retornar `true`
4. Si `Tipo(x)` es `Null`, retornar `true`

5. Si Tipo(x) es String, entonces
 - a) Si x e y tienen exactamente la misma secuencia de unidades de código (misma longitud y mismas unidades en los índices correspondientes), retornar true
 - b) Sino, retornar false
6. Si Tipo(x) es Boolean, entonces
 - a) Si ambos x e y son true o ambos son false, retornar true
 - b) Sino, retornar false
7. Si Tipo(x) es Symbol, entonces
 - a) Si ambos x e y tienen el mismo valor de Symbol, retornar true
 - b) Sino, retornar false
8. Si x e y tienen el mismo valor de Object, retornar true
9. Sino, retornar false

Este algoritmo es dentro de todo bastante simple. Partiendo por el hecho de que si ambos tipos son distintos, se retorna false, y sino, se hace una comparación por valores según el tipo. Cabe destacar que los casos de NaN, +0 y -0 son especiales para number, por su implementación de la norma IEEE 754. Matemáticamente, +0 y -0 son iguales, pero para la implementación, representan dos valores distintos, y por eso es que están ramificados de manera exclusiva en el algoritmo.

Ahora sigamos con el algoritmo de **Comparación de Igualdad Abstracta**.

1. Si Tipo(x) es igual a Tipo(y), retornar el resultado de la comparación estricta `x === y`.
2. Si x es null, e y es undefined, retornar true
3. Si x es undefined, e y es null, retornar true
4. Si Tipo(x) es Number y Tipo(y) es String, retornar el resultado de `x == ToNumber(y)`
5. Si Tipo(x) es String y Tipo(y) es Number, retornar el resultado de `ToNumber(x) == y`
6. Si Tipo(x) es Boolean, retornar el resultado de `ToNumber(x) == y`
7. Si Tipo(y) es Boolean, retornar el resultado de `x == ToNumber(y)`
8. Si Tipo(x) es String, Number, o Symbol, y Tipo(y) es Object, retornar el resultado de `x == ToPrimitive(y)`
9. Si Tipo(x) es Object, y Tipo(y) es String, Number o Symbol, retornar el resultado de `ToPrimitive(x) == y`
10. Retornar false

Notar el detalle que el algoritmo está definido de forma recursiva. Algo a tener en cuenta, la mayoría de los tipos intentarán convertirse a Number a excepción de los casos del final, donde los valores que tengan tipo Object serán transformados a tipos primitivos mediante ToPrimitive. Sin embargo, previo a eso, hay casos especiales para null y undefined. Este algoritmo presentado es el que está en la versión de ECMAScript 6.0, sin embargo no se descarta que en versiones siguientes sea modificado u optimizado.

La falta de «transitividad» en el operador `==` es otra de las cosas más preocupantes del lenguaje. Es fácil pensar que si `A == B` y que `B == C`, entonces `A == C`, pero esto no sucede siempre. Por ejemplo:

```
1 0 == ''           // true
2 0 == '0'          // true
3 '' == '0'         // false
4
5 false == undefined // false
6 false == null      // false
7 null == undefined  // true
```

Falta de transitividad en `==`

El consejo de los autores experimentados es siempre usar el operador `===`, para ser estrictos con la comparación y no caer en transformaciones inesperadas. Sin embargo, a medida que mezclamos los operadores, podemos seguir cayendo en el mismo problema. Combinando lo visto en esta sección y en la sección 4.3 del operador `+`, tiene sentido entonces una expresión así:

```
1 true + true === 2 // true
```

Algo a tener en cuenta, y que no formará parte de este documento, es que este tipo de problemas no solo están presentes en la comparación de igualdad, sino que también existen dentro de otros operadores de comparación, como puede ser `>`, `>=`, `<`, `<=`, entre otros.

4.6. Aprovechando la coerción

Hasta este punto se ha hablado de los efectos inesperados o con poca coherencia que tiene la coerción en el lenguaje. Sin embargo, cuando uno conoce las reglas, puede empezar a hacer uso de esos efectos a su favor.

Recordemos principalmente que JavaScript es, entre otras cosas, un lenguaje de «scripting», por lo que se espera que haya ciertas facilidades y no tanta burocracia delante del programador a la hora de realizar su tarea. Del lenguaje, se espera que tenga cierta flexibilidad, y que se pueda expresar con cierta *rapidez*.

Si bien la coerción lleva a efectos inesperados, bugs y dificultad a la hora de trazar y encontrar errores en el código, es probable que los programadores experimentados destaquen el punto de que se pueden hacer cosas muy concisas.

Por ejemplo, supongamos un escenario de una llamada asíncronica donde nos puede venir data, así como también puede faltar dicha información (que no nos llegue dicha propiedad). Luego, en el código podemos verificar que la misma «existe» mediante el uso de la coerción en una expresión.

```
1 if (data) {
2   // hacer operaciones
3 }
```


Otro ejemplo puede ser el de verificar si una función está definida o no en cuanto a su valor de verdad. Supongamos que tenemos una función que tiene un parámetro opcional `callback` y si ésta fue definida, queremos ejecutarla.

```
1 function procesar(callback) {  
2   // hacer operaciones  
3   callback && callback();  
4 }
```

La línea 3 representaría un chequeo de «si `callback` fue definido, entonces ejecutarla». Si `callback` es `undefined` (porque se llamó a `procesar` sin argumentos), entonces la parte izquierda de esa expresión dará `false` y el operador `&&` hará un «cortocircuito», evitando ejecutar la segunda parte.

Estos dos ejemplos sirven para presentar al lector que, dentro del lenguaje, la coerción puede ser utilizada a favor del programador.

Capítulo 5

Scope

Otro de los puntos claves a analizar es el manejo de scope o ámbito. Este es un concepto clave para la visibilidad de métodos y variables, y evitar la polución del espacio de nombres, entre otras cosas. ¿Es igual que en otros lenguajes? ¿O en qué se diferencia?.

En este capítulo se presentará cómo funciona la noción de scope dentro de JavaScript, para saber responder éstas preguntas acerca de similitudes y diferencias. Además, se hará introducción al concepto de `this`, el cual puede ser pensado como un «scope dinámico».

5.1. Scope léxico

Existen dos modelos predominantes cuando hablamos de scope: El léxico y el dinámico. JavaScript hace uso del modelo de scope léxico, pero ¿qué significa exactamente esto?

El scope léxico, también llamado estático, hace la definición de los nombres durante la declaración, es decir, cuando estamos «escribiendo código». En cambio, en el scope dinámico, los nombres se definen en ejecución dependiendo el contexto de la llamada. Analicemos el siguiente código:

```
1 function foo() {  
2   console.log(a);  
3 }  
4  
5 function bar() {  
6   var a = 3;  
7   foo();  
8 }  
9  
10 var a = 2;  
11  
12 bar();
```

Como tenemos scope léxico, entonces la línea 2 imprimirá el valor 2, dado que `a` hace referencia al contexto léxico donde fue declarado (en este caso, `a` hace referencia al definido en la línea 10).

Si tuviéramos scope dinámico, en cambio, se imprimiría el valor 3, dado que éste mecanismo resolvería la referencia revisando la pila de llamadas, haciendo referencia al valor de `a` asignado en la línea 6.

5.2. Scope por funciones

La forma de crear un scope local en JavaScript es mediante funciones. Al momento de declarar una función, estamos «creando» un nuevo ámbito para la función. Dado el siguiente código:

```
1 var a = "primera"
2
3 function uno() {
4   var a = "segunda";
5
6   function dos() {
7     var a = "tercera";
8     console.log(a);
9   }
10
11   dos();
12
13   console.log(a);
14 }
15
16 uno();
17
18 console.log(a);
```

Existen tres scopes:

- El global, que es donde residen la variable `a` (con valor "primera") y la función `uno`.
- El scope dentro de la función `uno`, donde residen la variable `a` (con valor "segunda") y la función `dos`.
- El scope dentro de la función `dos`, donde reside la variable `a` (con valor "tercera").

Dado que estamos hablando de «distintas variables» bajo el identificador `a`, el código presentado imprimirá por pantalla «tercera», «segunda» y «primera», en dicho orden.

Así como la declaración normal de una función sirve para «generar un nuevo scope», si la función no es necesaria, se puede hacer uso de un IIFE para omitir «manchar» el espacio de nombres.

5.3. Scope por bloque

Uno de los mayores errores de los programadores que vienen de la familia de lenguajes de C, es creer que JavaScript por naturaleza implementa scope por bloques. ¿Qué significa tener scope en bloque? Supongamos el siguiente código

```
1 {
2   var a = "primera";
3   {
4     var a = "segunda";
5     console.log(a);
6   }
7   console.log(a);
```

```
8 }
```

Si existiera el scope por bloque en Javascript, entonces el código presentado debería imprimir «segunda» en la línea 5, y luego «primera» en la línea 7, dado que ésta última pertenece a otro bloque y hacemos referencia a otra variable a. Sin embargo, si ejecutamos el código, podemos observar que en ambas ocasiones imprimió «segunda».

Este tipo de scope se llama «por bloque» y existe en otros lenguajes como Java. Sin embargo, en JavaScript no existe este concepto, o al menos no con la palabra var (más adelante en la sección 5.3.1, veremos cómo se introdujo en ES6).

Lo que realmente está sucediendo en el código anterior es que se está aplicando el concepto de *hoisting* sobre el código. En todo el bloque solamente existe una variable a. La segunda declaración de la variable es omitida, aunque no su asignación. Y como para crear un «nuevo scope» es necesario hacer una declaración de una función, entonces no existirán dos scopes, sino que solamente uno.

```
1 {  
2   var a;  
3   a = "primera";  
4   {  
5     a = "segunda";  
6     console.log(a);  
7   }  
8   console.log(a);  
9 }
```

Código equivalente al ejemplo anterior

Las llaves {} de las líneas 4 y 7 son sintácticamente válidas, pero no producen nada nuevo adentro del código. Se pueden omitir, y el significado del programa será el mismo.

Supongamos este otro ejemplo:

```
1 function test(condicion) {  
2   if (condicion) {  
3     var a = "la condición era verdadera";  
4     // ...  
5   } else {  
6     var b = "la condición era falsa";  
7     // ...  
8   }  
9 }
```

En realidad, no sucede que a solamente será declarada si la condición dada es verdadera (ni tampoco b si la condición es falsa). Lo que se interpreta realmente con el código, es lo siguiente:

```
1 function test(condicion) {  
2   var a, b;  
3   if (condicion) {  
4     a = "la condición era verdadera";  
5     // ...  
6   } else {
```

```
7   b = "la condición era falsa";  
8   // ...  
9   }  
10 }
```

La declaración de las funciones se hacen al principio de la función, cuando «comienza» el scope. Éste es uno de los puntos claves del lenguaje para entender que, a pesar de la similitud sintáctica con otros lenguajes, la semántica no es la misma.

A veces el scope por bloque es necesario para no contaminar el espacio de nombres.

```
1 for (var i=0; i<10; i++) {  
2   console.log(i);  
3 }  
4  
5 console.log(i); // 10
```

Contaminando el espacio de nombres

En el código presentado, podemos decir que la variable *i* se mantiene «viva» dentro del scope del programa. De hecho, esto además de influir en la polución del espacio de nombres, podríamos decir que también tiene una implicancia con el *garbage collector*, dado que costará identificar qué variables tiene sentido «limpiar» y cuáles no.

Hasta estos últimos años, los programadores que requerían hacer uso de scope por bloques se veían forzados a usar técnicas o *hacks* para no caer en estos problemas. Algunas, por ejemplo, eran crear nuevos scopes declarando funciones anónimas o mediante el uso de IIFEs, o incluso hacer uso del *with* o del *try-catch* para simular un bloque. Por suerte, a continuación, veremos que esto fue «solucionado».

5.3.1. `let` y `const` en ES6

A partir del 2015, una característica incluida en el estándar de ES6 es el uso de las palabras reservadas `let` y `const`. Con la introducción de éstas, aparece entonces el sentido de scope por bloques dentro del lenguaje.

`let`

La palabra `let` se puede pensar de una manera similar a `var`. La diferencia entre éstas dos, es que la sentencia `var` declara variables dentro de un contexto de entorno variable, mientras que `let` lo hace en un entorno léxico. De ésta forma, alcanzamos lo que queríamos, que era el scope por bloques. Supongamos:

```
1 {  
2   let a = "primera";  
3   {  
4     let a = "segunda";  
5     console.log(a);  
6   }  
7   console.log(a);  
8 }
```

En este caso, sucederá lo que no podíamos hacer en la sección 5.3. El programa mostrará por pantalla «segunda», correspondiente a la línea 5, y luego «primera», correspondiente a la línea 7.

Hay que tener especial cuidado con la palabra `let` por dos motivos. El primero de ellos, es que no existe el concepto de hoisting cuando usamos el `let`. La definición de la variable, y la ligadura con el nombre se hace de forma léxica, es decir exactamente en la línea donde fue declarada.

```
1 console.log(a);    // undefined
2
3 var a;
4
5 console.log(b);    // ReferenceError: b is not defined
6
7 let b;
```

Hoisting en var pero no en let

En el código presentado, en la línea 1 se imprime por pantalla `undefined` porque gracias al hoisting, esa declaración de la variable `a` sucede previo al primer `console.log`. Sin embargo no sucede lo mismo en la línea 5, dado que el identificador `b` aún no existe (será recién descubierto en la línea 7), entonces el programa lanza un `ReferenceError`.

Con lo otro que hay que tener cuidado, dado que ésta ligadura se hace de forma léxica, es que en los ciclos de repetición se hará tantas veces como se ejecute el ciclo. Por ejemplo:

```
1 for (let i=0; i<10; i++) {
2   console.log(i);
3 }
4
5 console.log(i); // ReferenceError
```

La ligadura de la variable `i` no solo se hace al comienzo del ciclo `for`, sino que además se hará en cada iteración.

`const`

Análogo a la palabra `let`, la palabra `const` también se usa para definir una variable en el código. La diferencia es que ésta se ligará a un valor constante, y cualquier intento de cambiar el valor de la misma resultará en un error.

```
1 const pi = 3.14;
2
3 pi = 3.1416;
```

Intentando cambiar el valor a una constante

El código recién presentado resultará en un `TypeError` en la línea 3, bajo la explicación de «Assignment to constant variable.» dado que se está haciendo una asignación a una constante. Sin embargo, hay que tener especial cuidado con ésta palabra, ya que solo funciona con tipos primitivos.

Para el caso de los objetos, el siguiente código no presentará ningún error:

```
1 const persona = { nombre: 'Juan' };
2
3 persona.edad = 25;
4
5 console.log(persona);    // { nombre: 'Juan', edad: 25 }
```

const sobre objetos

Para el caso de los arreglos, dado que son objetos, sucederá lo mismo:

```
1 const lista = [1, 2, 3];
2
3 lista.push(4);
4
5 console.log(lista);      // [1, 2, 3, 4]
```

const sobre arreglos

Lo que no se puede hacer con una variable definida como `const`, es cambiarle la asignación. Por ejemplo, el siguiente código presentará un `TypeError`.

```
1 const persona = { nombre: 'Juan' };
2
3 persona.edad = 25;           // ok!
4
5 persona = { nombre: 'Jorge' }; // TypeError
```

Visto esto, es entendible entonces que la palabra `const` no hace inmutable a los objetos, sino que lo que se hace es un chequeo únicamente a la hora de realizar una asignación.

5.4. La palabra `this`

Si bien la palabra `this` no refiere directamente al scope, sino más bien a una cuestión de contexto, es necesario hacer un párrafo aparte sobre la misma, dado que el `this` puede «cambiar de significado». Podríamos decir que el `this` forma parte de ese «scope dinámico» del que se habló en la sección 5.1. La ligadura se hace en tiempo de ejecución y es dependiente del contexto de cómo se invoca a la función que lo contenga.

Lo primero a mencionar, es que la definición de `this` no será la misma si estamos hablando de una función, o de una función «dentro» de un objeto. Esto es cierto, aunque no es tan fácil de determinar el significado del `this` basándose únicamente en estos dos escenarios. Dado el siguiente código:

```
1 function foo() {
2   console.log(this);
3 }
4
5 var obj = {
```

```
6   a: 42,  
7   foo: function () {  
8       console.log(this);  
9   }  
10 }  
11  
12 foo();  
13 obj.foo();
```

Analizando this

El método `foo` llamado en la línea 12 mostrará un resultado, mientras que el método `foo` de la línea 13 mostrará otro. ¿Qué muestra cada uno? El de la línea 12 mostrará lo que corresponda al objeto del contexto global. Si estamos en Node, nos mostrará lo que represente la variable `global`, y si estamos desde la consola del browser, nos mostrará lo que contenta la variable `window`. Sin embargo, la llamada `obj.foo()` mostrará los contenidos del objeto `obj` (en este caso, `{ a: 42, foo: [Function] }`). En éste último caso, es natural entonces pensar que `this` estaba ligado a `obj`.

¿Por qué sucede esto? Existen cuatro tipos de ligaduras frente al `this`, dependiendo en *dónde* y *cómo* se hizo la llamada a la función.

5.4.1. Ligadura por defecto

Este tipo de ligadura sucede cuando se hace una llamada a una función de una forma normal y plana. Analicemos el siguiente ejemplo:

```
1 function foo() {  
2     console.log(this.a);  
3 }  
4  
5 var a = 2;  
6  
7 foo(); // 2
```

Ligadura por defecto

Como se puede observar en el código, la variable `a` forma parte del objeto global, que es donde apunta `this` al momento de hacer el `console.log` de la línea 2.

Algo a tener en cuenta es que el contexto de la llamada puede cambiar, por lo que es extremadamente fácil perder la referencia al contexto y caer en errores de este estilo. Supongamos:

```
1 var a = "global";  
2  
3 function foo(callback) {  
4     this.a = 42;  
5     callback();  
6 }  
7  
8 foo(function() {  
9     console.log(this.a); // 42  
10 })  
11
```



```
12 console.log(a);           // global
```

5.4.2. Ligadura implícita

Otra forma de ligadura es la implícita, que es cuando la función forma parte del contexto de un objeto. Dado el código:

```
1 function foo() {
2   console.log(this.a);
3 }
4
5 var obj = {
6   a: 2,
7   foo: foo
8 };
9
10 obj.foo(); // 2
```

Ligadura implícita

Observemos cómo la función `foo` fue definida por fuera del objeto `obj` pero aún así es referenciada mediante una propiedad del mismo. Con esto, se muestra que no hay importancia léxica de dónde se define una función, sino de la forma en la que es invocada.

Al momento de ser llamada la función `foo`, se hace mediante `obj.foo()`. Entonces, para este caso, `this` está ligado a `obj`. Cuando hacemos una llamada de éste estilo (encadenada, con la notación punto), estamos diciendo implícitamente esto, que `this` refiere a la entidad llamadora.

Si la llamada es «en cadena», lo que importa es el último objeto al que hicimos referencia en la cadena de la llamada, previo a la llamada del método a ejecutar. Por ejemplo:

```
1 function foo() {
2   console.log(this.a);
3 }
4
5 var obj2 = {
6   a: 42,
7   foo: foo
8 };
9
10 var obj1 = {
11   a: 2,
12   obj2: obj2
13 };
14
15 obj1.obj2.foo(); // 42
```

El detalle del código anterior es que la ligadura del `this` pasó de ser `obj1` a ser `obj2` cuando se produjo la llamada en cadena.

Hay que tener especial cuidado con la ligadura implícita, dado que en algunos casos puede no funcionar como uno espera.

```
1 function foo() {
2   console.log(this.a);
3 }
4
5 var obj = {
6   a: 2,
7   foo: foo
8 };
9
10 var bar = obj.foo; // alias
11
12 var a = "global";
13
14 bar(); // "global"
```

En el código anterior, se quiso «crear» bar un alias de obj.foo, pero al momento de hacer la llamada (en la línea 14), se produjo la ligadura por defecto, en donde this hizo referencia al objeto global, entonces se mostró this.a con valor 'global' en pantalla. Lo que sucedió realmente, es que en el fondo la referencia de bar es directamente a foo, dado que tanto foo, obj.foo y bar están haciendo referencia a la misma función.

5.4.3. Ligadura explícita

En JavaScript existen tres métodos de la clase Function que nos pueden servir de ayuda a «forzar» cambiar el contexto: call, apply y bind.

- call y apply reciben como primer parámetro el contexto a ser aplicado en la función (lo que será «ligado» a this). La diferencia entre estos dos métodos es que call es n-ario, es decir el resto de los argumentos que reciba la función serán utilizados como parámetros para aplicar, mientras que apply recibe como segundo parámetro un arreglo de argumentos para ser aplicado a la función.
- bind se comporta de manera similar a call: Recibe como primer parámetro el contexto para ser ligado a this y luego los parámetros para pasarle a la función. La diferencia es que bind no hace la llamada a la función, sino que retorna una nueva función con el contexto ligado.

Ejemplificando:

```
1 var persona1 = { nombre: 'Juan' };
2 var persona2 = { nombre: 'Luciano' };
3 var persona3 = { nombre: 'Federico' };
4
5 function mostrar(dia, mes) {
6   console.log(this.nombre, " nacido el ", dia, "/", mes);
7 }
8
9 mostrar.call(persona1, 4, 'Abril');
10 // Juan nacido el 4/Abril
11 mostrar.apply(persona2, [5, 'Noviembre']);
12 // Luciano nacido el 5/Noviembre
13
14 var mostrarAFede = mostrar.bind(persona3, 27, 'Diciembre');
15
16 mostrarAFede();
```

```
17 // Federico nacido el 27/Diciembre
```

call, apply y bind en acción

Más allá de las diferencias del segundo parámetro, es importante notar cómo el primer parámetro nos sirve para cambiar el contexto. En el ejemplo dado, veamos que `this.nombre` fue cambiando su significado dado que también fuimos pasando «otro contexto» (que son los objetos `persona1`, `persona2` y `persona3`).

Volviendo a los ejemplos presentados, entonces una llamada mediante `call` o `apply` hará la ligadura explícita.

```
1 function foo() {  
2   console.log(this.a);  
3 }  
4  
5 var obj = {  
6   a: 2  
7 };  
8  
9 foo.call(obj); // 2  
10 foo.apply(obj); // 2
```

Ligadura explícita

Hay que tener especial cuidado a la hora de usar `bind`, dado que la función que retorna éste método hará una ligadura permanente del `this` sobre la función resultante. Este concepto se lo conoce como *hard binding*.

```
1 function foo() {  
2   console.log(this.a);  
3 }  
4  
5 var obj1 = { a: 1 };  
6 var obj2 = { a: 2 };  
7  
8 var bar = foo.bind(obj2);  
9  
10 foo.call(obj1); // 1  
11 bar(); // 2  
12 bar.call(obj1); // 2  
13 bar.apply(obj1); // 2
```

Hard binding usando `bind`

5.4.4. Ligadura mediante `new`

La otra forma de alterar el significado del `this` es mediante el uso del operador `new`. La palabra `new` se usa de una forma similar a la de Java. La diferencia es que en JavaScript no existe el mismo concepto de *clase* que en Java (sobre esto se hablará más detalladamente en la sección 8.1).

Al hacer uso del operador `new`, sucede lo siguiente:

1. Un nuevo objeto es creado («construido»).

2. Se realiza una vinculación a su prototipo.
3. El objeto contruido es ligado a la palabra `this` para dicha llamada.
4. El objeto es retornado, a menos que exista un `return` explícito en la función constructora.

Dicho esto, entonces el uso del operador `new` para crear nuevas instancias hace que cambie el significado del `this` en cada objeto al que es asignado. Ésta entonces, es la otra forma de «cambiar el significado del `this`».

```
1 function foo(a) {  
2   this.a = a;  
3 }  
4  
5 var bar = new foo(2);  
6 console.log(bar.a); // 2
```

Ligadura mediante `new`

A simple vista no parece de mucha utilidad el uso del `this` cuando se usa `new`, sin embargo es un concepto de gran utilidad a la hora de usar el prototipo y las clases en JavaScript (ver secciones 2.6.4 y 8.1).

5.4.5. Precedencia en las ligaduras

Es necesaria la aclaración que los cuatro tipo de ligaduras presentadas tienen un orden de precedencia. Es importante para el programador conocer éstas reglas para no caer en la problemática de que `this` esté ligado a algo inesperado.

1. Si se utilizó el operador `new`, se usará al nuevo objeto construido.
2. Si se utilizó `call` o `apply` (o `bind`, con excepciones), se utilizará el objeto especificado.
3. Si se hizo una llamada en cadena y dicha sentencia tiene un objeto llamador, se utilizará el objeto.
4. Sino, se utilizará el contexto global.

Para cerrar ésta parte del capítulo, el concepto de `this` pareciera que se introdujo en el lenguaje «a la fuerza» y es de alguna forma, difícil de asimilar cuando se lo compara con otros lenguajes. Sin embargo, este operador es necesario y nos será de utilidad más adelante, en el capítulo 8 cuando se hable del paradigma de orientación a objetos.

Capítulo 6

Conclusión: Parte I

Lo bueno

El sistema de tipos de JavaScript lo hace un lenguaje excesivamente flexible. La falta de burocracia a la hora de especificar tipos es lo que lo hace un verdadero lenguaje de scripting. Por otro lado, la similitud sintáctica con la familia de lenguajes de C hacen que de cierta forma sea fácil de aprender.

Algo destacable es la *unicidad* en cuanto a sus entidades. *Casi todo es un objeto*. Esta característica lo hace excepcional y bastante poderoso. La habilidad de poder pasar funciones, arreglos, clases y módulos como parámetros en una función es una característica que no todos los lenguajes poseen.

El uso de funciones para creación de un scope local es sin dudas un acierto, pero mayor cierto fue la introducción de scope por bloques con el uso de `const` y `let`. Dicha característica ayuda a mantener limpio el espacio de nombres, y declarar variables de forma léxica.

Lo malo

La falta de soporte para números «grandes» es un punto en contra. Actualmente existen propuestas para introducir el concepto de `BigInt` (decimales de precisión arbitraria), sin embargo falta avanzar sobre éste campo. Mientras tanto, JavaScript es un lenguaje poco amigable con los números. En este sentido, el lenguaje se aleja un poco del dominio de las aplicaciones científicas.

El uso de `const` puede resultar un poco confuso para el programador sin experiencia. Hace que una variable no sea re-asignable, pero no significa que su valor sea inmutable. Sería deseable que el lenguaje agregara algún constructor para éste último caso, para brindar con naturaleza el concepto de inmutabilidad. En el capítulo 7 se hablará más sobre éste concepto.

Por la relación entre el nombre de Java y JavaScript, además de su similitud sintáctica, es un error grave en pensar que su semántica es la misma. Si bien gran parte de éste malentendido puede ser responsabilidad del programador, hay que ser criteriosos también con el lenguaje, el cual adoptó bastantes aspectos sintácticos de la familia de lenguajes de C.

Siguiendo con el sentido semántico, el concepto de `this` puede resultar difícil de comprender para el programador que viene de lenguajes con herencia clásica. Agregar la

tarea al programador de tener conocimiento en qué contexto una función es ejecutada significa una sobrecarga para quien use el lenguaje.

Lo feo

La inconsistencia e incoherencia en las expresiones es uno de los puntos más flojos del lenguaje. La falta de transitividad en las operaciones de comparación, e incluso de conmutatividad en operaciones como la suma, es algo que preocupa y hace que el lenguaje sea impredecible. En ese afán de intentar hacer un lenguaje de scripting sumamente flexible, se pierde seguridad en el sistema de tipos, dejando en manos del programador la responsabilidad de saber en todo momento de qué tipos deberían ser los datos que maneja.

La forma en la que se trata a los tipos `null` y `undefined` también deja bastante que desear. Para el lenguaje, estos dos tipos son totalmente exclusivos, al punto tal de que existe un trato preferencial para ellos al momento de usar un operador de comparación. Para el caso de `undefined`, la idea de tener un valor para una variable a la cual aún no se le asignó valor es buena, pero mal aplicada en la práctica. Como vimos anteriormente, es posible asignarle `undefined` a una variable y así cambiar completamente su significado.

Un aspecto totalmente criticable es la manera en la que se acceden a las propiedades de los objetos, siendo por ejemplo el string vacío una secuencia válida para acceder a una propiedad. En este sentido, se podría mejorar para tener una consistencia entre la notación punto y la notación arreglo, aunque se perdería algo de flexibilidad en el lenguaje.

La similitud entre `var` y `let` pueden llevar al programador a un mal uso de las mismas. Uno de los puntos flojos frente a esta similitud, es que el hoisting se produce para `var` pero no para `let`. Si el concepto de hoisting existe para `var` a nivel del scope de la función, sería más coherente que para el `let` suceda lo mismo pero para el scope del bloque creado.

Parte II

Paradigmas de Programación

Capítulo 7

Paradigma funcional

Entre los puntos fuertes que posee el lenguaje, es indiscutible decir que las funciones es uno de los ejes principales. Sin embargo, ¿qué tan ligado está el lenguaje al paradigma de programación funcional?. ¿Soporta todas sus características?.

Es sabido que algunos conceptos como las funciones de alto orden están vinculadas con el paradigma funcional, mientras que también se conoce que JavaScript permite el pasaje de funciones como parámetros, o el retorno de las mismas como valores. En este capítulo se realizará un análisis sobre el lenguaje dentro de éstos conceptos del paradigma funcional, para poder entender qué tan cerca o lejos está del mismo.

7.1. Recursividad

Al igual que los lenguajes sintácticamente similares a JavaScript, la recursión es una técnica que se aplica con naturaleza. Siempre que la función no sea anónima (es decir, que tenga un nombre), se puede aplicar recursión directa sin problemas. Además, el soporte para la recursión mutua también es posible gracias a la característica de *hoisting*.

Cualquiera de las formas vistas en la sección 2.5.4 son válidas para definir una función recursiva. A continuación se presentan ejemplos de las mismas, mostrando recursión directa y cruzada:

```
1 // Función recursiva con función como declaración
2 function sumatoria(n) {
3   return n > 0 ? n + sumatoria(n - 1) : 0;
4 }
5
6 // Función recursiva con función como expresión
7 var factorial = function(n) {
8   return n > 0 ? n * factorial(n - 1) : 1;
9 };
10
11 // Recursión cruzada
12 var esPar = num => (num === 0 ? true : esImpar(num - 1));
13 var esImpar = num => (num === 0 ? false : esPar(num - 1));
```

Ejemplos de funciones recursivas

7.2. Funciones puras

Las funciones puras son otra de las claves del paradigma funcional. Esto es, funciones que bajo la misma entrada, siempre devuelven el mismo resultado. Esta cualidad brinda la propiedad de transparencia referencial entre los rasgos de un lenguaje perteneciente al paradigma funcional. Los beneficios que trae el uso de las funciones puras, son la testeabilidad, predictibilidad, y la falta de efectos colaterales.

Por suerte, en el lenguaje se pueden escribir fácilmente funciones puras. Lamentablemente el lenguaje no posee ninguna directiva, y tampoco existe una herramienta concreta para determinar la pureza (o impureza) de una función, más que el conocimiento del programador.

Algunos ejemplos de funciones puras se pueden ver a continuación:

```
1 function sumar(a, b) {  
2   return a + b;  
3 }  
4  
5 function esMayor(edad) {  
6   return edad >= 18;  
7 }  
8  
9 function calcularPrecio(cantidad, costo) {  
10  return cantidad * costo;  
11 }
```

Funciones puras

¿Por qué son funciones puras las presentadas previamente? Porque no causan efectos colaterales, y dependen únicamente de sus argumentos para generar un resultado. Ante los mismos argumentos, dichas funciones retornarán los mismos valores. Sin embargo, tal como mencionamos, es muy fácil caer en el uso de funciones impuras:

```
1 function obtenerDiaActual() {  
2   return new Date().getDate();  
3 }  
4  
5 function obtenerTextoPorId(id) {  
6   return document.getElementById(id).textContent;  
7 }  
8  
9 const PI = Math.PI;  
10  
11 function calcularArea(radio) {  
12   return PI * radio * radio;  
13 }
```

Funciones impuras

La función `obtenerDiaActual` retorna un valor «azaroso», y dos llamadas a la misma función puede retornar dos valores diferentes (dependiendo de la hora de la computadora). Para el segundo caso, `obtenerTextoPorId` depende necesariamente del estado de `document` que representa el DOM del navegador. Algo similar sucede con `calcularArea`, incluso habiendo declarado a `PI` como una «constante», la función (de manera aislada)

depende de un valor que está por fuera de su scope local, y no nos podemos asegurar de la ausencia de un efecto colateral.

Si bien el lenguaje no provee ningún mecanismo para identificar o limitar únicamente las funciones puras, a continuación se mencionan algunas prácticas para evitar las funciones impuras:

- Evitar el uso de variables que estén fuera del ámbito (scope) de la función. Esto incluye también a las variables globales del navegador.
- Evitar el uso del DOM o de variables del browser como `document` o `window`.
- Evitar el uso de `Math.random`, valores azarosos o cambiantes como el día y la hora actual.
- Evitar peticiones bajo el protocolo HTTP u otras que dependan del estado de la red.
- Evitar imprimir por pantalla o por consola, o cualquier mecanismo de I/O.
- Evitar la mutabilidad de datos. Recordar que los objetos en JS se manejan por referencia. Para éste ítem, se recomienda aplicar prácticas de inmutabilidad, ya sea mediante `Object.freeze` o el uso de alguna librería externa.

7.3. Funciones de primera clase y orden superior

Una de las características más destacables del lenguaje es que las funciones son objetos. Gracias a esto, resulta extremadamente simple el pasaje de funciones como argumentos, así como también devolver funciones como un valor de retorno.

7.3.1. Funciones de primera clase

En JavaScript las funciones son objetos de primera clase, dado que las funciones son tratadas como cualquier otro valor. Al momento de crear una función, en realidad lo que se crea es un objeto de clase `Function`.

Para el caso de una función mediante declaración, su valor quedará ligado al nombre de la variable dada (siempre que no sea anónima). Para el caso de la función por expresión, dependerá si la misma se realiza en una asignación.

```
1 function saludar() { console.log('hola'); }
2 var despedirse = () => console.log('chau');
3
4 console.log(saludar);      // [Function: saludar]
5 console.log(despedirse);   // [Function: despedirse]
6
7 console.log(saludar.toString());
8 // function saludar() { console.log('hola'); }
9 console.log(despedirse.toString());
10 // () => console.log('chau')
```

Analizando el valor de una función

El hecho de que las funciones sean tratadas como valores, además, hace que se puedan crear objetos que dentro de sus pares clave-valor tengan propiedades que sean funciones. Es decir, métodos del objeto.

```
1 var gato = {
2   nombre: 'Mishi',
3   maullar: function() {
4     console.log('miau');
5   }
6 };
7
8 gato.maullar();
9 // miau
10 console.log(gato);
11 // { nombre: 'Mishi', maullar: [Function: maullar] }
```

Asignando una función como valor de una propiedad a un objeto

7.3.2. Funciones de orden superior

El lenguaje posee la característica de que una función pueda ser pasada como argumento, o que sea el valor de retorno de otra función. Esto conlleva a alcanzar otros mecanismos, como es el *currying*, o como la aplicación parcial.

Comencemos con algunos ejemplos:

```
1 var saludar = () => console.log('hola mundo!');
2
3 function ejecutar(fn) {
4   fn();
5 }
6
7 function ejecutarSeguro(fn) {
8   if (typeof fn === 'function') {
9     fn();
10  }
11 }
12
13 ejecutar(saludar);
14 ejecutarSeguro(saludar);
```

Pasando una función como argumento

En el código mostrado, se poseen dos funciones, `ejecutar` y `ejecutarSeguro`. La única diferencia es que en la implementación de éste último hay chequeo del tipo del argumento brindado para asegurarse de que es una función y puede invocarla. Para el primer caso, si no le dieramos una función como parámetro, la ejecución de dicha llamada resultaría en un error.

Este tipo de estrategia de pasar funciones como parámetros es de gran utilidad en los *callbacks*, un patrón utilizado para poder manejar la asincronía en el lenguaje.

La otra cualidad importante para las funciones de alto orden, es la de retornar funciones. Observemos el siguiente ejemplo:

```
1 function generador(prefijo) {
2   return texto => console.log(prefijo + ' ' + texto);
3 }
4
5 var imprimir = generador('Hola');
6
7 // En este momento, imprimir es una función!
8 console.log(typeof imprimir); // function
9
10 imprimir('mundo'); // Hola mundo
11 imprimir('che!'); // Hola che!
12 imprimir('a todos'); // Hola a todos
```

Retornando funciones

La función `generador` tiene un parámetro `prefijo` y retorna una función, que tiene un parámetro `texto`, y muestra mediante la consola la concatenación del prefijo y del texto. Dado que `generador` retorna una función, el valor de la misma es ligada a `imprimir`, por lo que tiene sentido pensar que éste es como un alias de la función y se puede invocar sin ningún inconveniente. En el ejemplo, se puede observar como `imprimir` de alguna forma «recuerda» el prefijo que fue establecido al momento de «generar la función».

Veamos otro ejemplo, haciendo una función `suma` que esté en una forma *curried*:

```
1 var sumar = a => b => a + b;
2
3 var sumar2 = sumar(2);
4 var sumar5 = sumar(5);
5
6 console.log(sumar2(10)); // 12
7 console.log(sumar5(10)); // 15
```

Función `suma` *curried*

Si bien la sintaxis de las *arrow functions* al principio puede resultar ajena, la función `sumar` es una función con un argumento `a` y retorna una función, que tiene un argumento `b`, la cual retorna la suma de `a + b`. De alguna forma, se puede observar como `sumar2` y `sumar5` son una aplicación parcial de la función `sumar`.

Otra forma de realizar aplicación parcial es mediante el método `bind` de la clase `Function`, el cual recibe como primer argumento el contexto (por lo general sería `this`), y luego una lista de argumentos, para retornar la función aplicada (total o parcialmente). Supongamos el siguiente código:

```
1 var multiplicar = (a, b) => a * b;
2
3 var duplicar = multiplicar.bind(null, 2);
4
5 console.log(duplicar(15)); // 30
```

Aplicación parcial usando `bind`

En este caso, `multiplicar.bind` nos retornará una función que será producto de aplicar parcialmente un 2 como primer argumento.

Las funciones de alto orden en el lenguaje son una de las características más poderosas que éste posee. La facilidad con la que se puede pasar o retornar una función brindan un mecanismo que otros lenguajes de programación no pueden alcanzar, y éste es uno de los puntos más fuertes de JavaScript.

7.4. Evaluación ansiosa y perezosa

Una característica deseable en los lenguajes del paradigma funcional es la de la evaluación perezosa (lazy). Sin embargo, la evaluación de expresiones en JavaScript se realiza de manera ansiosa (eager). Supongamos el siguiente código:

```
1 function elegir(condicion, opcion1, opcion2) {  
2   if (condicion) {  
3     console.log(opcion1);  
4   } else {  
5     console.log(opcion2);  
6   }  
7 }
```

Creando una función condicional

La función `elegir` es de alguna manera, la forma declarativa del `if-else`. Como primer parámetro recibe una condición, y como segundo y tercer parámetro recibe las opciones para el caso de que la condición sea verdadera o falsa.

Si el lenguaje implementara la evaluación perezosa, se espera que las expresiones no sean evaluadas hasta el momento de ser necesario (o postergar su ejecución al máximo). Es decir, si se brindara en `opcion1` u `opcion2` como argumento una expresión, dicha expresión no debería ser evaluada si no entra por el flujo correspondiente del `if`. Si la condición es verdadera, `opcion2` no debe ser evaluada en ningún momento. Si la condición es falsa, entonces es `opcion1` la que no debe ser evaluada.

Por otro lado, aprovechando la libertad que tenemos en las expresiones gracias al sistema de tipos, podemos crear expresiones de la forma `true && console.log()`, o también una expresión matemática como `2 + console.log()`. Cualquiera de estas formas son válidas, más allá de la coerción que ocurra en dichas expresiones, al momento de analizar la expresión, se imprimirá el mensaje dado por pantalla.

Dicho esto, ejecutamos las siguientes invocaciones:

```
1 elegir(true, 'a', 'b' && console.log('Ansioso!'));  
2 // Ansioso!  
3 // a  
4  
5 elegir(false, 2 + console.log('Ansioso!'), 5);  
6 // Ansioso!  
7 // 5
```

Analizando resultados de las invocaciones

Como se puede analizar, para el primer caso, ocurre que se imprime por pantalla el mensaje «Ansioso!», para luego imprimir «a». En el segundo caso sucede lo mismo: Primero se imprime «Ansioso!» y luego un «5». Con esto, se muestra que el lenguaje hace

la evaluación de las expresiones al momento de hacer la invocación, y no al momento de que sea realmente necesario evaluar la expresión. En resumen, JavaScript posee evaluación ansiosa.

7.5. Semántica de valores

Por lo general, en los programas del paradigma funcional no se realizan asignaciones, y así, el valor asociado a una variable nunca cambia. Este concepto está directamente relacionado con el de funciones puras y transparencia referencial: Al no tener una dependencia sobre el valor de una variable, se espera que una función se evalúe siempre de la misma forma para una misma entrada.

Esta característica de los lenguajes del paradigma funcional da un enfoque puramente matemático, eliminando la noción de estado. Sin embargo esto no sucede en JavaScript. Una variable puede cambiar su valor. En el lenguaje existen sentencias, entre las cuales una de ellas es la asignación. Bajo esta premisa, entonces tendremos una noción de estado en las aplicaciones de nuestro lenguaje, por lo que podemos decir que JavaScript no cumple con ésta propiedad.

Dado el siguiente código:

```
1 function generarContador() {  
2   var contador = 0;  
3   return {  
4     contar: function() {  
5       contador++;  
6     },  
7     mostrarContador: function() {  
8       console.log(contador);  
9     }  
10  }  
11 }  
12  
13 var obj = generarContador();  
14  
15 obj.contar();  
16 obj.contar();  
17 obj.mostrarContador();
```

Noción de estado

Podemos observar un ejemplo de lo fácil que es poseer la noción del estado. Para el caso, el objeto tiene una variable interna contador el cual puede ir cambiando a medida que se vaya invocando el método contar sucesivas veces. En éste sentido, no se cumple con la semántica de valores.

Capítulo 8

Paradigma orientado a objetos

Uno de los debates principales sobre JavaScript es su soporte hacia el paradigma orientado a objetos. Existe una amplia gama de opiniones y posturas con respecto a JavaScript y su uso dentro de dicho paradigma. Las opiniones pueden ir desde la negativa, es decir, que no lo soporta, hasta la positiva, pasando por un intermedio de que tiene cierto soporte, pero no naturalmente.

En éste capítulo se buscará realizar un análisis sobre características típicas del paradigma orientado a objetos, tratándo de ver de qué manera llega JavaScript a éstas características.

8.1. Clases

Previo a la salida de ES6 (es decir, en la versión 5 de JavaScript) la creación de clases en JavaScript se solía realizar mediante el uso de patrones para la creación de objetos. La realidad es que en JavaScript no existe hasta la versión 5.1 un soporte formal o natural para las clases, sino que hay que recurrir a estos patrones para simularlo. Los que se utilizaban (y utilizan) con más frecuencia, son:

- Factory class pattern
- Functional class pattern
- Prototype class pattern

8.1.1. Factory class pattern

Se trata de una función de tipo *factory* (fábrica) utilizada para crear elementos u objetos, con ciertas propiedades y bajo cierto comportamiento. En nuestro caso, dicha función será quien se encargue de crear nuevas instancias de lo que querramos moldear como clase.

```
1 function animalFactory(nombre) {  
2   var temporal = {};  
3   temporal.nombre = nombre;  
4   temporal.saludar = function() {  
5     console.log("Hola, soy "+this.nombre)  
6   };  
7  
8   return temporal;  
9 }
```

```
10
11 var gato = animalFactory("Garfield");
12 var perro = animalFactory("Oddie");
13
14 gato.saludar(); // Hola, soy Garfield
15 perro.saludar(); // Hola, soy Oddie
```

Factory class pattern

Si bien puede resultar un poco confuso al principio, para quienes estén acostumbrados al patrón Factory, éste ejemplo quizás resulte más trivial. A simple vista, la única *ventaja* es que no se necesita usar `new` a la hora de realizar la instanciación de nuevos objetos.

Para el objetivo que buscamos, que es simular el soporte de clases, este patrón es útil.

8.1.2. Functional class pattern

Este patrón también es conocido como Constructor pattern. Aprovechando el uso de la palabra `new`, podemos omitir la creación de un objeto temporal dentro de nuestra función. De hecho, el operador `new` no solamente crea un nuevo objeto (instancia), sino que además establece quién fue la función de construcción (se puede pensar como «de quién hereda el objeto»).

```
1 function Animal(nombre) {
2   this.nombre = nombre;
3   this.saludar = function() {
4     console.log('Hola, soy ' + this.nombre);
5   };
6 };
7
8 var gato = new Animal('Garfield');
9 var perro = new Animal('Oddie');
10
11 gato.saludar(); // Hola, soy Garfield
12 perro.saludar(); // Hola, soy Oddie
```

Functional class pattern

Notar las diferencias con el ejemplo del Factory Pattern. Por un lado, el uso del `this` dentro de la función y la falta de necesidad de retornar el objeto (esto sucede implícitamente gracias al `new`). Por otro lado, a la hora de crear instancias es necesario preceder a la llamada de la función con `new`. Omitir dicho operador puede resultar caótico.

Un detalle muy importante a tener en cuenta tanto en éste patrón como en el Factory pattern: **Cada instancia creada poseerá una copia del código** de `saludar()` en memoria. Parece un detalle menor, pero supongamos que en vez de un solo método, nuestra clase tiene varios, y que además precisamos generar una gran cantidad de instancias, significaría estar desperdiciando espacio en memoria.

También para tener en cuenta: No existen reglas ni restricciones sobre los nombres de las funciones constructoras, pero existe una convención entre los programadores de usar la letra capital en los nombres de las funciones constructoras (esto es, que la primera letra sea mayúscula).

8.1.3. Prototype class pattern

Para tratar de resolver el problema recién mencionado, en donde cada instancia tiene una copia del código de la función, es necesario hacer un buen uso del concepto de prototipo en JavaScript, el cual se hizo mención en la sección 2.6.4.

```
1 function Animal(nombre) {  
2   this.nombre = nombre;  
3 }  
4  
5 Animal.prototype.saludar = function() {  
6   console.log('Hola, soy ', this.nombre);  
7 };  
8  
9 var gato = new Animal('Garfield');  
10 var perro = new Animal('Oddie');  
11  
12 perro.saludar(); // Hola, soy Garfield  
13 gato.saludar(); // Hola, soy Oddie
```

Prototype class pattern

Para este caso, tendremos una función constructora `Animal`, la cual estará vinculada a su `[[Prototype]]`, un objeto que contendrá entre sus propiedades a la función `saludar`. Bajo este patrón, nos obviamos de que cada instancia tenga una copia de la función `saludar`, y que gracias a la «cadena del prototipo» ese comportamiento esté delegado en `Animal.prototype`.

8.1.4. class en ES6

A partir de la versión ES6, una de las características más jugosas es la del uso de la palabra reservada `class`. Para desgracia del lector, ésta introducción al lenguaje no es más que *syntactic sugar*. Mediante una sintaxis más amena y amigable se alcanza la creación de clases, pero en el fondo la semántica es idéntica al Prototype class pattern.

```
1 class Animal {  
2   constructor(nombre) {  
3     this.nombre = nombre;  
4   }  
5   saludar() {  
6     console.log('Hola, soy ', this.nombre);  
7   }  
8 }  
9  
10 var gato = new Animal('Garfield');  
11 var perro = new Animal('Oddie');  
12  
13 perro.saludar(); // Hola, soy Garfield  
14 gato.saludar(); // Hola, soy Oddie
```

Ejemplo de class

8.2. Herencia

Como se ha mencionado anteriormente, JavaScript tiene la particularidad de tener la herencia prototipada en vez de la herencia clásica. Este tipo de herencia es bastante poderosa, aunque también a veces incomprensida y mal aplicada.

8.2.1. Herencia simple mediante prototype

La herencia prototipal es tan potente que, haciendo un esfuerzo y algunos artilugios, se podrá simular la herencia clásica. La diferencia entre estos dos tipos de herencia es que en la herencia clásica, las subclases poseen una copia del comportamiento de clases. En la herencia prototipal no existe este concepto de copia. Un objeto tiene un prototipo y en caso de que el objeto no tenga un atributo o método necesario, delegará esta responsabilidad a su prototipo. Ésto se llama delegación de comportamiento.

Ahora, supongamos el siguiente código:

```
1 function Vehiculo(tipo) {
2   this.tipo = tipo;
3 }
4
5 Vehiculo.prototype.mostrarTipo = function() {
6   console.log(this.tipo);
7 }
8
9 function Auto(marca) {
10  Vehiculo.call(this, "terrestre");
11  this.marca = marca;
12 }
13
14 Auto.prototype = Object.create(Vehiculo.prototype);
15 Auto.prototype.constructor = Auto;
16
17 Auto.prototype.mostrarMarca = function () {
18   console.log(this.marca);
19 }
20
21 var fitito = new Auto("Fiat");
22 var falcon = new Auto("Ford");
23
24 fitito.mostrarMarca();           // Fiat
25 fitito.mostrarTipo();           // terrestre
26
27 falcon.mostrarMarca();           // Ford
28 falcon.mostrarTipo();           // terrestre
```

Analizando herencia prototipal en JS

Tal como se mencionó en la sección 8.1, las funciones en JavaScript son un mecanismo por naturaleza para *simular* las clases. ¿Qué sucede en el código de arriba? Se definen las funciones Vehiculo y Auto que serán nuestras clases. Ambas funciones actúan de constructoras. Al [[Prototype]] de Vehiculo se le agrega un método mostrarTipo mientras que al [[Prototype]] de Auto se le agrega mostrarMarca. Hasta ese punto es fácil de entender lo sucedido si se ha comprendido las secciones de prototype y de clases.

¿Qué pasa en las líneas 10, 14 y 15?

- Para el caso de la línea 10, la sentencia `Vehiculo.call(this, "terrestre")` está simulando una llamada al constructor padre. Lo que sería análogo a hacer `super` en Java. Ésta es una de las partes más feas del código, ya que esta llamada debe ser de forma manual, y dando como parámetro el contexto del invocador.
- En la línea 14 estamos «pisando» el viejo objeto `Auto.prototype` que había sido creado al momento de declarar la función `Auto`, y creando un nuevo objeto. El método `Object.create` crea un nuevo objeto y establece como prototipo del objeto lo que haya sido pasado como primer argumento de la función.
- La línea 15 es la que quizás muchos programadores suelen omitir. Sin ella, si hacemos `console.log(fitito)` o `console.log(fitito.constructor)` podemos verificar que nos figura que `fitito` es `Vehiculo` en vez de `Auto`. ¿Por qué sucede esto? En la línea 14, cuando hicimos la vinculación del `prototype` de `Auto` con el `prototype` de `Vehiculo`, creamos un nuevo objeto y hemos perdido la referencia de `Auto.prototype.constructor`.

En ejecución, podemos imaginarnos la siguiente imagen como una representación de lo que hay en memoria:

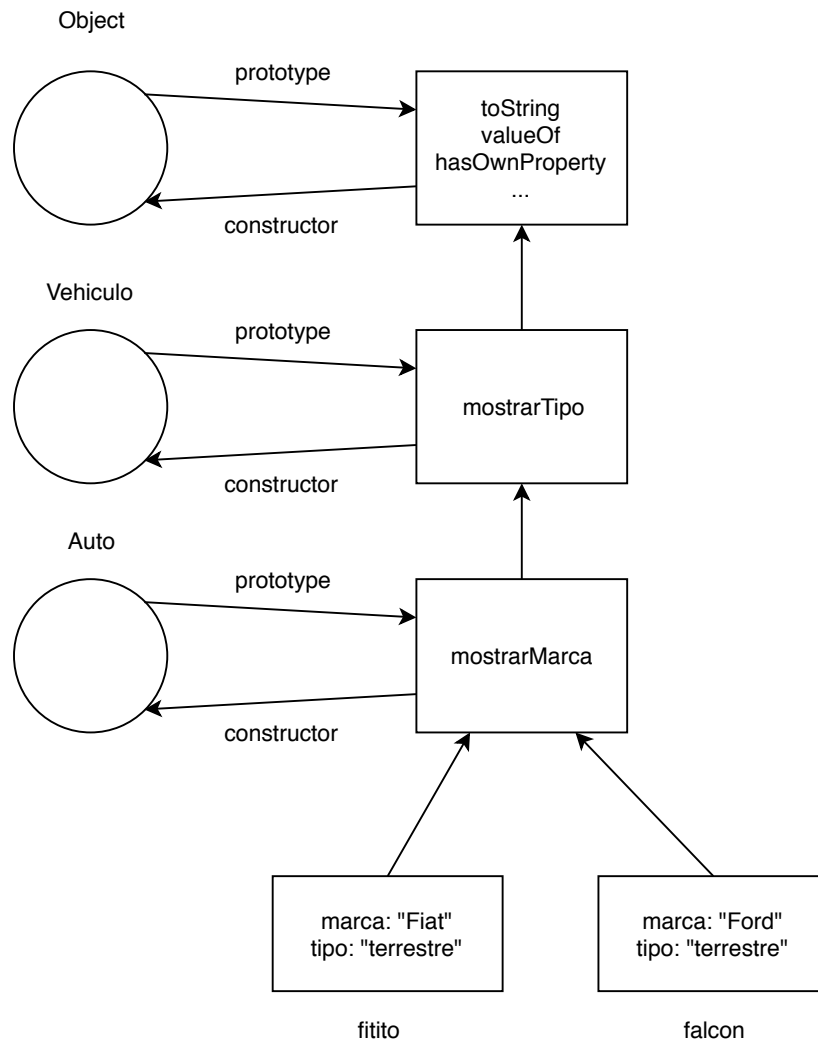


FIGURA 8.1: Diagrama del código presentado

8.2.2. extends en ES6

Tal como se explicó sobre la palabra reservada `class` en la sección 8.1.4, otra de las características que se introdujeron a partir de la versión ES6 es la de la palabra `extends` para simular la herencia de clases. Nuevamente ocurre lo mismo que lo mencionado anteriormente: Esta característica es meramente *syntactic sugar* que le omite al programador la necesidad de pensar en prototipos.

```

1 class Vehiculo {
2   constructor(tipo) {
3     this.tipo = tipo;
4   }
5   mostrarTipo() {
6     console.log(this.tipo);
7   }
8 }
9
10 class Auto extends Vehiculo {

```

```

11  constructor(marca) {
12      super("terrestre");
13      this.marca = marca;
14  }
15  mostrarMarca() {
16      console.log(this.marca);
17  }
18 }
19
20 var fitito = new Auto("Fiat");
21 var falcon = new Auto("Ford");
22
23 fitito.mostrarMarca();      // Fiat
24 fitito.mostrarTipo();      // terrestre
25
26 falcon.mostrarMarca();      // Ford
27 falcon.mostrarTipo();      // terrestre

```

extends en ES6

Para el programador que viene de C++ o Java, este uso de `class` y `extends` es, por lejos, muchísimo más amigable que crear funciones y vincularlas mediante sus prototipos. Otra de las introducciones a partir de ES6 es el uso del `super` en el constructor. Esto facilita enormemente la llamada al constructor de la superclase, o de métodos de la superclase, además de mimetizar la sintaxis de Java.

8.2.3. Herencia múltiple

Dado que los objetos «heredan» de un único prototipo, el lenguaje no provee ninguna herramienta natural para el soporte de la herencia múltiple. Otros lenguajes buscan alcanzar la herencia múltiple mediante el uso de interfaces. En JavaScript no existen las interfaces, pero sí existe una técnica llamada mixins (acrónimo para *mixed in*, del inglés «mezclado») para introducir un comportamiento a una clase sin necesidad de hacerla heredar de otra.

Una función de Mixin suele tener esta forma:

```

1  function mixin(fuente, destino) {
2      for (var prop in fuente) {
3          if (fuente.hasOwnProperty(prop)) {
4              destino[prop] = fuente[prop];
5          }
6      }
7  }

```

Función de Mixin

Lo ideal sería pensar en `fuente` como un objeto cuyas propiedades serán los miembros a «inyectar» en `destino`. Esta técnica llevó al estándar a agregar un método `Object.assign` a partir de ES6, el cual copia los valores de todas las propiedades enumerables en un objeto destino.

Otra manera de implementar los Mixins en ES6 es aprovechando que las clases son de primer orden. Éstas pueden ser pasadas como argumento o ser retornadas por una función.

```
1 var MyMixin = (superclass) => class extends superclass {
2   saludar() {
3     console.log('hola!');
4   }
5 };
6
7 class Foo {}
8 class Bar extends MyMixin(Foo) {
9   despedirse() {
10    console.log('chau!');
11  }
12 }
13
14 var objeto = new Bar();
15
16 objeto.saludar();    // hola!
17 objeto.despedirse(); // chau!
```

Haciendo uso de class como expresión

Como se puede observar, existen varias formas de aplicar esta técnica. Como se mencionó anteriormente, no hay soporte para herencia múltiple en JavaScript, aunque ésta es una forma de resolver el problema. Aún así, tiene sus defectos. El *shadowing* u *overriding* de métodos con el mismo identificador es una convención a tener en cuenta. También hay que pensar en el costo, ya que copiar las propiedades de un objeto a otro requiere de un esfuerzo.

8.3. Encapsulamiento

Dependiendo la perspectiva, se puede decir que el lenguaje tampoco provee un mecanismo natural para el encapsulamiento. Si hablamos de ocultar el estado de un objeto, es decir, de hacer sus datos miembro privados, no existe ninguna palabra reservada para ello. De hecho, todas las propiedades de un objeto son públicas.

Existe una convención extra oficial de que los miembros privados de un objeto comiencen su identificador con un guión bajo. Nuevamente, ésta no es una convención del lenguaje, sino de la comunidad. Más allá de la convención, volvemos a lo mismo: Por fuera se puede analizar cuál es el valor ligado a dicha propiedad.

```
1 class Persona {
2   constructor(nombre, saldo) {
3     this.nombre = nombre;
4     this._saldo = saldo;
5   }
6 }
7
8 var pepe = new Persona('Jose', 25);
9
10 console.log(pepe.nombre); // Jose
11 console.log(pepe._saldo); // 25
```

Descubriendo variables «privadas»

Como se puede observar en el ejemplo, se busca hacer privada la propiedad `_saldo`, pero sin embargo es visible desde afuera del objeto.

Por suerte mediante el uso de *closures*, se puede lograr el encapsulamiento, pero solo mediante el uso de funciones constructoras. Lamentablemente, para la sintaxis de `class` de ES6 no hay soporte nativo aún. Al momento de escribirse este documento, existe una propuesta en borrador para agregar al lenguaje, la cual se encuentra en *Stage 3* (para más información, ver).

```
1 function Persona(nombre, saldo) {
2   var saldoPrivado = saldo;
3   this.nombre = nombre;
4   this.obtenerSaldo = function() {
5     return saldoPrivado;
6   }
7   this.actualizarSaldo = function(nuevoSaldo) {
8     saldoPrivado = nuevoSaldo;
9   }
10 }
11
12 var pepe = new Persona('Jose', 25);
13
14 console.log(pepe.nombre);           // Jose
15 console.log(pepe.saldoPrivado);     // undefined
16 // OK, ya que es una propiedad privada.
17 console.log(pepe.obtenerSaldo());  // 25
18 pepe.actualizarSaldo(32);
19 console.log(pepe.obtenerSaldo());  // 32
```

Alcanzando variables privadas mediante closures

Un detalle menos obvio pero aún así importante, es que necesariamente los *setters* y *getters* de las variables ocultas por el closure deberán formar parte de la función constructora (es decir, no podrán definirse dentro del prototipo), lo que significa nuevamente que cada instancia de `Persona` tendrá código repetido, lo que implica gasto en memoria. Bajo esta situación, nos encontramos en un *trade-off* de tener datos miembro privados, pero no poder hacer uso correcto del patrón prototipal.

8.4. Polimorfismo

Quizás uno de los puntos más complicados de analizar en cuanto a JavaScript y su relación con el paradigma de orientación a objetos sea el de polimorfismo, dado que por su naturaleza de débilmente tipado y su particularidad de herencia prototipada, no resultará simple hacer una comparación con lenguajes como C++ o Java.

Para el caso de las funciones «polimórficas» el lenguaje no pone restricciones en relación a la aridad ni el tipo de los parámetros. Si la cantidad de argumentos dados al momento de una invocación es menor a la cantidad de parámetros formales de la función, entonces los restantes se considerarán con valor `undefined`.

Existe un identificador especial reservado para el vector de argumentos en JavaScript, bajo el identificador de `arguments`. Este es un objeto especial, aunque a simple vista parece un arreglo, no lo es. Funciona de una forma similar a lo que es `args` en Java o `argv` en

C++. Supongamos a continuación una función que no tiene definidos parámetros formales, pero aún así recibe argumentos a la hora de invocarla.

```
1 function mostrarArgumentos() {
2   for (var i = 0; i < arguments.length; i++) {
3     console.log(i + '. ' + arguments[i]);
4   }
5 }
6
7 mostrarArgumentos('hola', 1, true, { a: 3 });
8
9 // 0. hola
10 // 1. 1
11 // 2. true
12 // 3. [object Object]
```

Analizando arguments

Para el caso de polimorfismo bajo una misma jerarquía de herencia, dado que el lenguaje es débilmente tipado, no posee las restricciones fuertes que posee un lenguaje como Java. Al ser interpretado, no existe un chequeo estático para corroborar que un método que esté siendo invocado pertenezca a un tipo o una clase particular. Ésta característica, la de redefinir un método de la superclase en una subclase, se llama polimorfismo de inclusión (o de subtipado).

```
1 class Animal {
2   mover() {}
3 }
4 class Pez extends Animal {
5   mover() {
6     console.log("Soy pez y estoy nadando...");
7   }
8 }
9 class Ave extends Animal {
10  mover() {
11    console.log("Soy ave y estoy volando...");
12  }
13 }
14
15 var animales = [new Pez(), new Ave()];
16
17 for (let animal of animales) {
18   animal.mover();
19 }
20
21 // Soy pez y estoy nadando...
22 // Soy ave y estoy volando...
```

¿Qué sucede exactamente?. En ejecución, cada elemento de la lista de animales hará búsqueda del método mover en su cadena de prototipo. En caso de no encontrarlo, resultará en un error en ejecución.

8.5. Modularidad

Durante sus primeros 20 años de vida, JavaScript no proveía soporte para módulos de una forma nativa. En 2015 con la salida de ES6, el lenguaje adquirió ese soporte nativo que le faltaba. Sin embargo, aún no todos los navegadores (o motores) soportan todas las funcionalidades introducidas en ES6 y las nuevas versiones del estándar.

En ésta sección vamos a mencionar cuáles son las formas en las que se alcanza la modularidad en JavaScript.

8.5.1. Módulos mediante patrones

Al igual que sucede con las clases, se hace el uso de IIFE y closures para aplicar patrones conocidos en la creación de módulos. El patrón por excelencia en este caso es el Revealing Module pattern. Si este patrón es implementado mediante IIFE, se lo puede pensar al módulo como un singleton, ya que al momento de definir el módulo se está creando una única instancia del mismo.

```
1 var ModuloSaludador = (function () {
2   var cantidadSaludos = 0;
3
4   var incrementarSaludos = function() {
5     cantidadSaludos++;
6   }
7
8   var saludar = function() {
9     console.log("hola");
10    incrementarSaludos();
11  }
12
13  var despedirse = function() {
14    console.log("chau");
15    incrementarSaludos();
16  }
17
18  var mostrarContador = function() {
19    console.log(cantidadSaludos);
20  }
21
22  return {
23    saludar: saludar,
24    despedirse: despedirse,
25    imprimirEstado: mostrarContador
26  }
27 }());
28
29 ModuloSaludador.saludar();           // hola
30 ModuloSaludador.despedirse();        // chau
31 ModuloSaludador.imprimirEstado();    // 2
```

Revealing module pattern

Para el ejemplo dado, se mantiene un estado interno que cuenta la cantidad de saludos dados. Se puede apreciar como tanto `cantidadSaludos` y la función `incrementarSaludos` son de alguna forma atributos privados del módulo.

Lo que retorna la función constructora del módulo en realidad es un objeto con las funciones del mismo, a modo de API. Notar el detalle de la función `mostrarContador`, que internamente para el módulo se llamará de esa manera, pero el módulo la expone con otro nombre, `imprimirEstado`.

La simplicidad de éste método de modularizar es una gran ventaja. No se requieren librerías externas. Una ventaja clara de la utilización de módulos es que podemos mantener namespaces más limpios a nivel aplicación.

Una desventaja de éste método es que no existe un manejo de dependencias entre módulos. Se puede hacer inyección de dependencias pasándole mediante parámetro el módulo que queremos inyectar como dependencia al nuevo módulo que estemos definiendo. Esto nos obliga a tener que pensar qué módulos deben estar definidos previamente a otros (recordar que el módulo es una IIFE), o nos obliga a cambiar un poco el patrón y utilizar algo más similar al Prototype class pattern, en donde podremos crear más de una instancia de un módulo en particular. Veremos en las soluciones siguientes cómo se aborda el manejo de dependencias para las otras técnicas.

8.5.2. Sistemas de módulos

Ante la falta de soporte, la propia comunidad se encargó de crear sus propios formatos estandarizados para modularizar sus aplicaciones. A mi entender, las dos partes claves que se agregaron con esta solución fue el manejo de dependencias entre módulos, y la capacidad de poder separar módulos en distintos archivos.

Los dos formatos más populares son **AMD** y **CommonJS**. Se pueden pensar a estos formatos como la parte sintáctica de los módulos, ya que luego será necesario hacer uso de algún module loader (librerías externas tales como **SystemJS** o **RequireJS**) para conectar y hacer funcionar a los módulos.

AMD

La sigla representa «Asynchronous Module Definition», en español sería definición de módulo asíncrono. Tal como se puede intuir por el nombre, se trata de una especificación para definir módulos y dependencias, y que las mismas sean cargadas de forma asíncrona.

En la especificación se puede encontrar un único método `define` para definir un módulo que, tiene sus variantes dependiendo de la cantidad y el tipo de los parámetros dados. Para los ejemplos que se mencionarán aquí, solo usaremos dos parámetros: el primero, un Array que representan las dependencias del módulo que estamos definiendo, y el segundo, una Function que será la definición del módulo propiamente dicho.

Un ejemplo de módulo con dependencias podría ser el siguiente:

```
1 define(['../math', '../mailer'], function (math, mailer) {  
2   var enviarSiEsPrimo = function(n, email) {  
3     if (math.esPrimo(n)) {  
4       mailer.enviar(email);  
5     }  
6   }  
7 }
```

```
8   return {  
9     enviarSiEsPrimo: enviarSiEsPrimo  
10  }  
11 }
```

Ejemplo de AMD

El primer parámetro dado es un arreglo con las dependencias. En nuestro caso, damos la ruta relativa a otros dos módulos *math* y *mailer* que supongamos que existen. El segundo parámetro es la definición del módulo que queremos crear, el cual será una función cuyos argumentos formales corresponden a las dos dependencias recién mencionadas. Lo que sucede por detrás es una inyección de éstas dependencias.

Para nuestro caso del ModuloContador, una adaptación en AMD podría ser la siguiente:

```
1  define([], function () {  
2    var cantidadSaludos = 0;  
3  
4    var incrementarSaludos = function() {  
5      cantidadSaludos++;  
6    }  
7  
8    var saludar = function() {  
9      console.log("hola");  
10     incrementarSaludos();  
11   }  
12  
13   var despedirse = function() {  
14     console.log("chau");  
15     incrementarSaludos();  
16   }  
17  
18   var mostrarContador = function() {  
19     console.log(cantidadSaludos);  
20   }  
21  
22   return {  
23     saludar: saludar,  
24     despedirse: despedirse,  
25     imprimirEstado: mostrarContador  
26   };  
27 });
```

Modulo contador en AMD

CommonJS

La otra especificación de módulos popular es la de CommonJS. A diferencia de AMD, la carga de los módulos se hace de forma sincrónica.

Podemos separar a la definición de un módulo en tres partes:

- La importación de las dependencias, que se hacen mediante un método especial `require`.
- La definición del módulo propiamente dicho, es decir, su código.

- La exportación de los métodos públicos del módulo, mediante uso de la propiedad `module.exports`.

Nuevamente, la idea no es profundizar sobre la especificación de CommonJS. De hecho, es un poco más amplia de lo que se menciona en éste documento, pero para el concepto que se quiere mostrar, es suficiente con lo recién mencionado.

Un ejemplo equivalente a lo realizado en el módulo AMD, el cual usaba dependencias *math* y *mailer*, podría ser el siguiente:

```
1 var math = require('./math');
2 var mailer = require('./mailer');
3
4 var enviarSiEsPrimo = function(n, email) {
5     if (math.esPrimo(n)) {
6         mailer.enviar(email);
7     }
8 };
9
10 module.exports.enviarSiEsPrimo = enviarSiEsPrimo;
```

Para el caso del `ModuloContador`, una versión en CommonJS podría ser la siguiente:

```
1 var cantidadSaludos = 0;
2
3 var incrementarSaludos = function() {
4     cantidadSaludos++;
5 };
6
7 var saludar = function() {
8     console.log('hola');
9     incrementarSaludos();
10 };
11
12 var despedirse = function() {
13     console.log('chau');
14     incrementarSaludos();
15 };
16
17 var mostrarContador = function() {
18     console.log(cantidadSaludos);
19 };
20
21 module.exports = {
22     saludar: saludar,
23     despedirse: despedirse,
24     imprimirEstado: mostrarContador
25 };
```

Modulo contador en CommonJS

8.5.3. Módulos en ES6

Probablemente una de las características más enriquecedoras introducidas a partir de ES6, es la del soporte nativo para los módulos. Este soporte de módulos mimetiza la

característica de asincronía en AMD, y la sintaxis concisa en CommonJS. De hecho, la sintaxis es extramadadamente más concisa que en CommonJS, además de que se tiene un mejor soporte para las dependencias cíclicas, y gracias a la estructura de los módulos en ES6, se puede hacer un análisis estático y así realizar, por ejemplo, optimizaciones.

Las dos palabras reservadas a tener en cuenta para éste tipo de modularización son `import` y `export`. Con `import` se realizará la importación de dependencias para el módulo que estemos definiendo. Con `export`, se realizará la exportación cualquier miembro del módulo que se desee exponer. Una vez más, existen variantes para la parte de `export` como por ejemplo *named export* y *default export* que si bien se las mencionarán mediante ejemplos, escapan de este documento y queda a cargo del lector conocerlas en detalle.

Un dato a tener en cuenta, es que el soporte de los módulos para ES6 aún no está implementado en su completitud en el intérprete de todos los navegadores. Al punto tal de que quizás para hacer uso de ésta característica puede que sea necesaria una herramienta de traducción y compilación (acción conocida como «transpile») tal como **Babel**, y una herramienta de compilación o empaquetamiento tal como **Webpack**.

Tomando como caso de ejemplo el supuesto módulo *math* visto en las secciones anteriores, podríamos hacer `import` de éste módulo dependiendo de la forma en la que se esté exportando.

```
1 // importando lo que esté por "default"
2 import math from './math';
3 // importando todo lo exportado por math
4 import * as math from './math';
5 // importando y haciendo destructuring de lo que nos sirva
6 import { esPrimo } from './math'
```

Algunos ejemplos de `import`

Para el caso de la exportación también existen varias maneras, y dependiendo de cuál se utilice, será correspondiente luego la forma en la que se importe.

```
1 // exportando una constante con nombre
2 export const PI = 3.1416;
3 // exportando una funcion
4 export function foo() { console.log('foo') }
5 // exportando con "default"
6 export default function bar() {}
```

Algunos ejemplos de `export`

Dependiendo cual sea el caso, tiene sentido después pensar qué parte del módulo se está importando: Si tan solo una parte, el módulo completo, alguna función o atributo particular (siempre que se esté exportando), o lo que exporta el módulo por defecto.

Siguiendo con el grupo de ejemplos, se muestra cómo sería una implementación en ES6 de los módulos ejemplificados en las secciones anteriores:

```
1 import { esPrimo } from './math';
2 import { enviar } from './mailer';
3
4 export function enviarSiEsPrimo(n, email) {
```

```
5   if (esPrimo(n)) {  
6       enviar(email);  
7   }  
8 }
```

Ejemplo de módulo en ES6

Una particularidad a tener en cuenta en este ejemplo es que en las líneas 1 y 2 se hizo *destructuring* de los módulos *math* y *mailer*, dado que solo nos interesan las funciones *esPrimo* y *enviar*. Por otro lado, el *export* en la definición de la función se puede hacer de forma separada (es decir, definir la función por un lado y luego hacer *export enviarSiEsPrimo*). Cualquiera de las dos formas es válida, pero se busca mostrar qué tan conciso queda el código con ES6.

Ahora veamos un ejemplo de *ModuloContador*, el cual no posee dependencias. Para este caso, mostraremos una variante del *export* totalmente válida, en la que se hace un único *export* de las tres funciones que expone el módulo.

```
1  var cantidadSaludos = 0;  
2  
3  var incrementarSaludos = function() {  
4      cantidadSaludos++;  
5  };  
6  
7  var saludar = function() {  
8      console.log('hola');  
9      incrementarSaludos();  
10 };  
11  
12 var despedirse = function() {  
13     console.log('chau');  
14     incrementarSaludos();  
15 };  
16  
17 var mostrarContador = function() {  
18     console.log(cantidadSaludos);  
19 };  
20  
21 export { saludar, despedirse, mostrarContador as imprimirEstado };
```

Modulo contador en ES6

Capítulo 9

Conclusión: Parte II

Lo bueno

Por parte del paradigma de programación funcional, JavaScript no será un lenguaje de programación funcional pura, pero el hecho de que las funciones sean valores dentro del lenguaje lo hace excesivamente poderoso. Poseer funciones como valores, permitir el paso de las mismas como argumentos o como valores de retorno hace al lenguaje sumamente expresivo.

Para la enseñanza de conceptos básicos de la programación funcional, con una sintaxis similar a la familia de lenguajes de C, es un buen lenguaje, más allá de la falta de todas las propiedades que corresponden a un lenguaje 100 % del paradigma funcional.

Por el lado del paradigma de orientación a objetos, la herencia prototipal es una de las características destacadas. El modelo de delegación de comportamiento y la cadena de prototipo, y la falta de necesidad de copiar o guardar lugar en memoria para los miembros de la superclase seguramente lo hacen más liviano, pero a su vez con un extremo poder.

La sintaxis de clase de ES6 fue probablemente una de las mejores características lanzadas para el lenguaje. Permite a muchos programadores meterse en el lenguaje sin necesidad de cambiarles la mentalidad de herencia clásica a la prototipal. La incorporación de la sintaxis de `class` y `extends` fue sin dudas, un acierto.

En el sentido de la programación «orientada a *objetos*», JavaScript es un verdadero lenguaje orientado a objetos, mientras que otros lenguajes son orientados a *clases*. Volvemos a insistir sobre un algo marcado anteriormente: *Casi todo en JavaScript es un objeto*: Funciones, arreglos, clases y módulos.

El polimorfismo (o en realidad la falta de chequeos en «compilación») es otro punto a destacar. Le saca rigurosidad al lenguaje incrementando su flexibilidad. Si se desea invocar a un método de un objeto y éste no existe, se buscará en la cadena de prototipo hasta terminar con la cadena, y en caso de que así sea, habrá un error en ejecución.

Una característica que también merece una mención es la de los módulos de ES6, ya que de una manera clara y concisa se pueden separar espacios de nombres y manejar las dependencias sin la necesidad de pensar en ellas.

Lo malo

Algunas carencias tales como la falta de evaluación perezosa, semántica de valores y transparencia referencial, alejan a JavaScript del paradigma funcional. A pesar de ello, si tuviera éstas características seguramente tendríamos que limitar al lenguaje en otros aspectos, y probablemente quitarle el soporte para otros paradigmas de programación. Si vamos al caso, agregar semántica de valores y transparencia referencial implica perder la noción de «estado», por lo que éste acercamiento al paradigma funcional nos obligaría a alejarnos del paradigma orientado a objetos.

Por el lado del paradigma de orientación a objetos, la falta de soporte natural para las clases es algo que deja que desear del lenguaje. Para ser justos con él, no fue pensado para tener clases (y es por eso que no tiene herencia clásica), y aún así los programadores buscan llegar a las mismas. Sin embargo, el soporte dado a las clases en ES6 es únicamente sintáctico, y el estándar parece estar conforme con dichas bases como para seguir evolucionando en éste punto.

La asignación «manual» del prototipo de una función al querer simular la herencia clásica es un arma de doble filo, ya que si bien nos da libertades, es muy fácil perderse entre las relaciones que hay entre los objetos. Por otro lado, la poca popularidad de la herencia prototipal hace de JavaScript un lenguaje más difícil de comprender.

Lo feo

Por el lado del paradigma funcional, si existiera un constructor natural para que los valores sean inmutables, servirían de extrema ayuda para acercarse aún más a dicho paradigma. Lamentablemente ésto no existe, entonces si queremos acercarnos a la programación funcional mediante JavaScript, tenemos que hacer uso de librerías externas.

Una de las características desagradables con respecto al paradigma orientado a objetos, es la falta de miembros privados, ya sean atributos o funciones, y tener que recurrir a aplicar mecanismos como closures e IIFEs para alcanzar esto. Todos los métodos y los atributos cargados en un objeto serán públicos y habrá que pensar en un buen diseño de aplicación para no tener problema con ello. Por suerte, los módulos de ES6 solucionan una parte de esto, ya que de forma implícita, los métodos que no se exporten en un módulo valdrán como métodos privados para ese módulo.

Capítulo 10

Conclusiones generales

A modo de cierre, en el siguiente capítulo se presentan algunas características o conceptos que no fueron tratados en el documento pero que es necesario marcarle al lector, en caso de que quisiera seguir profundizando sobre JavaScript. Para terminar, se expondrán conclusiones generales de la tesis, volcando una opinión que se fue formando durante el proceso de investigación del lenguaje.

10.1. A futuro

Las características del lenguaje vistas en éste documento solo forman parte de un subconjunto del lenguaje. De hecho, existen muchísimos otros aspectos para analizar del lenguaje. A continuación se le presentan al lector algunos términos que son dignos de destacar, en caso de que se quisiera seguir profundizando en el área:

- **Nuevas características sintácticas de ES6:** A partir de las nuevas versiones del estándar se introdujeron nuevos conceptos que facilitan la tarea del programador. Template literals, Spread y Rest operators, Default values, Destructuring
- **Otros conceptos de ES6:** No solo se introdujeron características sintácticas en ES6, sino que aparecieron clases que son de ayuda para la *meta-programación*, como por ejemplo: Symbol, Proxy, Iterators, Generators.
- **Concurrencia:** JavaScript es un lenguaje *single thread* y su fortaleza yace en el *event loop*, del cual no se ha hablado en éste documento, pero es un concepto clave para entender cómo ese *único hilo* maneja la concurrencia.
- **Asincronía:** Directamente relacionado con el ítem anterior, se puede investigar sobre cómo se maneja la asincronía en JavaScript. Algunos conceptos destacables son: Callbacks, Promises, Generators, `await` y `async`.

10.2. Resumen

JavaScript es expresivo y a su vez es sintácticamente agradable. Tiene facilidad para la escritura de programas, pero habiendo tantas combinaciones entre los constructores, la facilidad de lectura dependerá de la experiencia del programador. De alguna forma también es conciso en cuanto a la cantidad de líneas de código que se necesitan para hacer un programa.

Con un sistema de tipos extremadamente flexible, la seguridad en su sistema de tipos se ve reducida, ya que la coerción en ciertas expresiones pueden llevar a resultados inesperados. En este sentido, la confiabilidad del lenguaje se ve directamente afectada.

Está claro que JavaScript es un lenguaje de «scripting» pero a su vez es multi-paradigma. Con un esfuerzo mediano, se aproxima a la idea del paradigma funcional tanto como a la del paradigma de orientación a objetos. Si bien es imposible que alcance la pureza en ambos de forma simultánea, la cobertura que le da a ambos paradigmas es aceptable.

Uno de los mayores problemas del lenguaje es su nombre. Hacer creer a los programadores que por llamarse JavaScript tendrá similitudes con Java es totalmente errado. De hecho, como se presentó en el documento, la semántica de ambos lenguajes están lejos una de otra.

El lenguaje tiene varios *bugs*, es cierto, y eso no se puede negar. Teniéndole un poco de piedad al lenguaje, se puede decir que el mismo se «creó en 10 días», sin embargo tardó 20 años en agregar características que realmente eran necesarias para los programadores.

No podemos afirmar que JavaScript es un lenguaje popular por sus características técnicas. Más bien, la popularidad probablemente se haya obtenido por factores externos, como la voluntad de su comunidad, o cuestiones empresariales o de mercado. Sin embargo, el gran acierto de JavaScript fue haber dado el «primer golpe» en la rama de la programación web. Cuesta imaginarse qué hubiera sido del lenguaje si éste no hubiera sido el pionero.

Lo esperanzador para el lenguaje es que después del lanzamiento de Node en 2009, más su actualización en la especificación en el año 2015, la comunidad creció de manera exponencial. No solo eso, se alienta a los programadores para que ellos mismos sean los que suban propuestas del lenguaje. En los últimos cuatro años, el estándar de ECMAScript se ha actualizado en Junio cada año. En este sentido, el lenguaje pareciera que seguirá evolucionando.

Para concluir, es necesario llamar a la reflexión del lector: *El lenguaje es solamente una herramienta*. Está en cada uno de qué forma y para qué utiliza dicha «herramienta».

Bibliografía

- [1] Ben Alman. «Immediately-Invoked Function Expression (IIFE)». En: (2010). URL: <http://benalman.com/news/2010/11/immediately-invoked-function-expression/>.
- [2] Douglas Crockford. *JavaScript: The Good Parts*. O'Reilly Media, Inc., 2008. ISBN: 0596517742.
- [3] Ecma International. *ECMAScript 2015 Language Specification*. 6th. 2015. URL: <http://www.ecma-international.org/ecma-262/6.0/ECMA-262.pdf>.
- [4] Axel Rauschmayer. *Speaking JavaScript*. 1st. O'Reilly Media, Inc., 2014. ISBN: 1449365035, 9781449365035. URL: <http://speakingjs.com/>.
- [5] Axel Rauschmayer. «What is {} + {} in JavaScript?» En: (2012). URL: <http://2ality.com/2012/01/object-plus-object.html>.
- [6] John Resig, Bear Bibeault y Josip Maras. *Secrets of the JavaScript Ninja*. 2nd. Greenwich, CT, USA: Manning Publications Co., 2016. ISBN: 1617292850, 9781617292859.
- [7] Kyle Simpson. *You Don't Know JS: Scope & Closures*. 1st. O'Reilly Media, Inc., 2014. ISBN: 1449335586, 9781449335588. URL: <https://github.com/getify/You-Dont-Know-JS/tree/master/scope%20%26%20closures>.
- [8] Kyle Simpson. *You Don't Know JS: This & Object Prototypes*. 1st. O'Reilly Media, Inc., 2014. ISBN: 1491904151, 9781491904152. URL: <https://github.com/getify/You-Dont-Know-JS/tree/master/this%20%26%20object%20prototypes>.
- [9] Kyle Simpson. *You Don't Know JS: Types & Grammar*. 1st. O'Reilly Media, Inc., 2014. ISBN: 1491904194, 9781491904190. URL: <https://github.com/getify/You-Dont-Know-JS/tree/master/types%20%26%20grammar>.