



Universidad de Murcia

Facultad de Informática

Grado en Ingeniería en Informática

Trabajo Fin de Grado

Integración de un modulo de simulación de robot en el proyecto Descubre

Autor

Alberto López Sánchez

Dirigido por

Juan Antonio Sánchez Laguna

Febrero 2016

Resumen

Extended Abstract

Índice general

Resumen	3
Extended Abstract	5
Índice	8
Lista de figuras	9
Lista de tablas	11
1. Introducción	1
1.1. Situación actual	2
1.2. Electrónica y robótica como herramienta de aprendizaje	3
1.3. Proyecto Descubre la programación	4
1.4. Motivación y enfoque del proyecto	6
2. Estado del arte	9
2.1. Lenguaje Logo y robot Turtle	9
2.1.1. Uso del lenguaje Logo	10
2.1.2. Turtle de Logo	13
2.2. Scratch	15
2.2.1. Funcionamiento de Scratch	16
2.3. Aprendiendo con robots	17
2.3.1. Robomind	17
2.3.2. Moway	20
2.3.3. Lego Mindstorm NXT/EV3	20
2.4. Aprendiendo Online	20
2.4.1. CodeHS	20
2.4.2. Code.org	20

3. Análisis de objetivos y metodología	21
3.1. Objetivos	21
3.2. Metodología	21
4. Diseño y resolución del trabajo realizado	23
5. Conclusiones y vías futuras	25
A. Edad escolar en diferentes Sistemas Educativos	27
Bibliografía	32
Glosario	33
Acrónimos	35

Índice de figuras

1.1.	Mapa de visualización de eventos de llevados a cabo por el proyecto <i>Hora del código</i> alrededor del mundo. Actualmente 198,473 en todo el mundo, 1,839 en España. Obtenido de [11].	3
1.2.	Sección <i>Crea</i> del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [24].	5
1.3.	Salida del programa escrito en iJava ejecutado por el código 1.2. . . .	6
2.1.	Gráfico de edad de los usuarios de https://scratch.mit.edu . Obtenido de https://scratch.mit.edu/statistics/	16
2.2.	Ejemplo de la interfaz de usuario y el editor de código que ofrece Scratch.	17
2.3.	Entorno de programación en Robomind Academy. Obtenido de [40]. . .	18
A.1.	Tabla que muestra los típicos patrones de progresión en el Sistema Educativo Americano. Fuente: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Annual Reports Program. Obtenido de http://nces.ed.gov/programs/digest/d11/figures/fig_01.asp	28

Índice de cuadros

2.1.	Tabla que muestra los resultados obtenidos en el ITBS por los alumnos que aprendieron a programar (denominado <i>computer</i>) y el grupo de control. Obtenido de [19, p.251].	10
2.2.	Resumen de las operaciones elementales que ofrece el lenguaje Logo. .	11
2.3.	Resumen de órdenes en Turtle usando el lenguaje Logo.	15
A.1.	Comparativa de edades de escolarización en diferentes Sistemas Educativos con respecto a las etapas del Sistema Educativo Español. . . .	27

Capítulo 1

Introducción

Como dice M. Lemaire[26], en una sociedad que está incrementando su dependencia a las nuevas tecnologías¹, es imprescindible que las nuevas generaciones desarrollen la habilidad de pensar de manera crítica sobre tecnología.

El *pensamiento computacional*, como se refiere A. Bundy en [9], afecta a investigaciones de casi todas las disciplinas, tanto de ciencias como de humanidades. [...] La informática no solo ha permitido que los investigadores puedan hacer nuevas preguntas, sino también ha permitido aceptar nuevos tipos de respuesta. Por ejemplo, preguntas que requieren el procesamiento de una gran cantidad de datos.

Es necesario comprender la informática y desarrollar el *pensamiento computacional*. Se necesitan desarrollar nuevas tecnologías, nuevo Hardware y Software que automatice tareas largas, complejas y con una alta cantidad de cómputo. Tareas que no siempre los humanos podemos resolver de manera directa. Para conseguir esto, muchas veces es necesario programar.

Pero aprender a programar es mencionado como uno de los 7 grandes retos de la educación informática [33] y diversos estudios [39] muestran que las principales dificultades para un alumno cuando está en el proceso de aprender a programar son (a) como empezar un programa; (b) comprensión de la sintaxis específica del lenguaje de programación; (c) comprensión de la lógica² y (d) problemas a la hora de depurar el código escrito.

Aunque a primera vista aprender a programar pueda parecer una tarea ardua y compleja, tiene sus ventajas. En el estudio realizado por J. Siegmund y otros en [44], podemos ver como los participantes mientras comprendían, analizaban y buscaban errores en pequeños trozos de código, daban claras muestras de estar desarrollando actividad cerebral en regiones del cerebro relacionadas con el procesado del lenguaje,

¹Aquí, con nuevas tecnologías me refiero a productos y proyectos derivados de la Informática y las Tecnologías de la Información y la Comunicaciones (TIC) como puede ser los proyectos que detallamos en la sección 2.

²En este caso me refiero a lógica booleana, o también llamada Álgebra de Boole.

la atención y la memoria de trabajo.

De la misma manera, estudios realizados en niños [10] de entre 6 y 8 años, muestran que estos demostraron mayor capacidad de atención, más autonomía y un mayor placer por el descubrimiento de nuevos conceptos. En la misma linea, un estudio en niños de infantil [16] que utilizaban el Lenguaje Logo demostró que los mismos obtuvieron mejores resultados en pruebas de razonamiento, matemáticas o resolución de problemas. Otro estudio más reciente [27] demuestra que aprender a programar (independientemente del lenguaje) a una corta edad, potencia la creatividad y la habilidad de aprendizaje.

1.1. Situación actual

Actualmente existen muchos proyectos con el fin de introducir la programación como asignatura obligatoria en Educación Primaria y Secundaria³. Estos proyectos vienen respaldados por importantes cambios en los planes de estudios de todo el mundo para enseñar programación[15, 32, 2, 20, 6], marcando una clara tendencia social de incluir la programación en los currículos académicos.

Uno de los proyectos más importantes y con más repercusión a nivel global es Code.org[12]. Propone una serie de herramientas y juegos diseñados especialmente para que los niños aprendan programación mientras juegan con sus personajes favoritos de películas y videojuegos. Todo ello acompañado de una infraestructura para que profesores puedan incluir estos proyectos en las aulas, y padres en sus casas. Su proyecto *Hora del código*[11] consigue reunir a niños de todas las edades una hora al día para que la inviertan en programar. Code.org cuenta con decenas de millones de estudiantes de más de 180 países, disponible en más de 30 idiomas. De manera gratuita, cualquiera puede aprender a programar en eventos que se realizan por todo el mundo (figura 1.1). Code.org está apoyado por grandes compañías y personalidades a nivel global como puede ser Microsoft, Google, el Presidente Barack Obama, Mark Zuckerberg, Bill Gates o Walt Disney Company. En la sección 2.4.2 se abordará más detalladamente las diferentes formas que tiene Code.org de enseñar a programar.

A nivel europeo, la Comisión Europea[13] ha promovido durante el año 2015 la *EU Code Week*[46] como parte de su Estrategia para la Educación y la Formación 2020. Este proyecto consistió en eventos de una semana de duración en la que se enseñaba informática y programación en lugares de toda Europa⁴.

³En este documento se hablará a menudo de alumnos de Educación Primaria, Secundaria o Bachillerato pero no siempre referido al sistema educativo español. Cada país tiene un sistema educativo diferente que varía la edad de escolarización de los alumnos. Por generalizar, se tomará la edad y cursos escolares como referencia cuando se hable de Educación Primaria, Secundaria o Bachillerato. En el Apéndice A se profundiza más en la diferencia de edad en los principales Sistemas Educativos que pueden ser referenciados, directa o indirectamente, en el presente documento.

⁴En España, se realizaron eventos dentro del marco del proyecto *EU Code Week* en Madrid,

1.2. ELECTRÓNICA Y ROBÓTICA COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE3



Figura 1.1: Mapa de visualización de eventos de llevados a cabo por el proyecto *Hora del código* alrededor del mundo. Actualmente 198,473 en todo el mundo, 1,839 en España. Obtenido de [11].

1.2. Electrónica y robótica como herramienta de aprendizaje

Una forma bastante extendida para enseñar a programar en las aulas es con robótica y electrónica. Muchos proyectos de robótica animan al alumno a formarse en dos grandes materias: electrónica y programación. Cuando un estudiante tiene que hacer que un robot se mueva, tendrá que aprender a programar su comportamiento, pero también deberá conocer y en algunos casos incluso crear nuevas piezas para su correcto funcionamiento y personalización.

Existen proyectos como Arduino[7] y Raspberry Pi[23] que proporciona los elementos y materiales básicos para poder crear nuevos proyectos. Arduino es una placa base con un microprocesador que es capaz de analizar entradas de información (un sensor, un botón o incluso una notificación de Twitter (www.twitter.com) y convertirlo en una respuesta como el activar un robot o encender un led. Todo esto acompañado de un software facil de programar. El proyecto es completamente *Open Source*. Raspberry Pi es un ordenador del tamaño de una tarjeta de crédito. También se provee un Sistema Operativo *Open Source* (aunque este puede ser cambiado). Su funcionamiento es sencillo de programar en Scratch[43] o Python[22, 31].

En concreto, una de las meta originales de Raspberry Pi es conseguir que los niños aprendan a programar y conozcan como funciona realmente un ordenador. Tanto Arduino como Raspberry Pi pueden adquirirse a un bajo precio, lo cual facilita la adquisición de los mismos por parte de instituciones de enseñanza o particulares. Esto ha facilitado la alta inclusión de estos dos proyectos en las aulas.

Sevilla, Murcia, Asturias, Canarias, Cantabria, Zamora, Cataluña, Ceuta, Badajoz, La Rioja, País Vasco y Valencia.

Otro proyecto que también está muy extendido en las aulas es Lego Mindstorm EV3 y NXT[34]. Dos kits de iniciación a la robótica con Lego. Permite al estudiante crear con piezas de lego un robot y programar su comportamiento. Los robots suelen tomar forma de brazo robótico o de vehículo capaz de seguir líneas pintadas en el suelo haciendo uso de sensores. Toda este material robótico viene acompañado de un software para programar el comportamiento de los diferentes componentes del robot y un estilo de programación con bloques[35], similar al usado en Scratch.

Esto es suficiente? No se si debería ponerme a hablar de Moway y robomind y todo eso si ya en el estado del arte se hablará ampliamente de eso... (J.A.:) creo que es suficiente. Si vas a hablar de ellos en después puedes poner aquí una frase indicando eso miso

1.3. Proyecto Descubre la programación

Descubre la programación[24] es un proyecto diseñado en la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia y tiene como objetivo ayudar a los alumnos de Secundaria y Bachillerato a que desarrollen sus capacidades descubriendo lo que es la informática y aprendiendo a programar. Así como fomentar la inclusión del aprendizaje de la programación en secundaria y bachillerato.

Para ello, en un mismo sitio web, se integra (a) un conjunto de tutoriales de programación; (b) una herramienta que permite programar (figura 1.2) y realizar ejercicios o retos propuestos y (c) una pequeña red social que permite publicar y compartir con el resto de compañeros los programas realizados. Adicionalmente se puede consultar las estadísticas de aprendizaje y tiempo dedicado en la plataforma, tanto por el alumno como por el profesor. De esta manera se permite que los profesores puedan utilizar Descubre en las aulas y realizar un seguimiento de la dedicación y progreso del alumno.

En cuanto a la herramienta para desarrollar programas, el lenguaje utilizado es iJava[41] y ha sido desarrollado por J. A. Sánchez Laguna. iJava es un lenguaje imperativo basado en Java y comparte su sintaxis, aunque se han eliminado todos los componentes del lenguaje Orientado a Objetos. También incorpora un conjunto reducido de funciones de librería clasificadas en los tres grupos siguientes: numéricas, entrada/salida y gráficas⁵.

A modo de ilustración, podemos ver el código 1.1, un programa que imprime por pantalla la cadena "Hello World". En el código 1.2 podemos ver un programa un poco más complejo que dibuja círculos de colores en la pantalla según la posición del ratón. En la figura 1.3 se puede ver la salida de este último programa.

```
1 void main() {
```

⁵Si el lector está interesado en aprender más sobre este lenguaje, puede consultar [41] o [25].

1.3. PROYECTO DESCUBRE LA PROGRAMACIÓN

5

```
1   print("Hello World");
3 }
```

Código 1.1: Programa básico en iJava imprimiendo la cadena "Hello World".

```
1 void main() {
    //repetimos en bucle la funcion 'draw'
    animate(draw);
}
5
void draw() {
    //coloreamos el circulo segun la posicion del raton
    fill(mouseX, mouseY, 0); //valores RGB
    //dibujamos una elipse con radio 50
    ellipse(mouseX, mouseY, 50,50);
11 }
```

Código 1.2: Programa en iJava que dibuja un círculo de un color diferente según la posición en la pantalla en la que se encuentra el ratón.

La sintaxis de iJava se parece a muchos de los lenguajes modernos y más utilizados (al ser un subconjunto de la sintaxis de Java), lo cual simplifica el aprendizaje cuando se intenta aprender un nuevo lenguaje. También, gracias a la librería gráfica y matemática, los programas se simplifican mucho en cuanto a complejidad y longitud. De esta manera se consigue aligerar la carga de trabajo que tiene que realizar el alumno para conseguir hacer un programa vistoso, haciendo que la actividad de programar sea más atractiva.

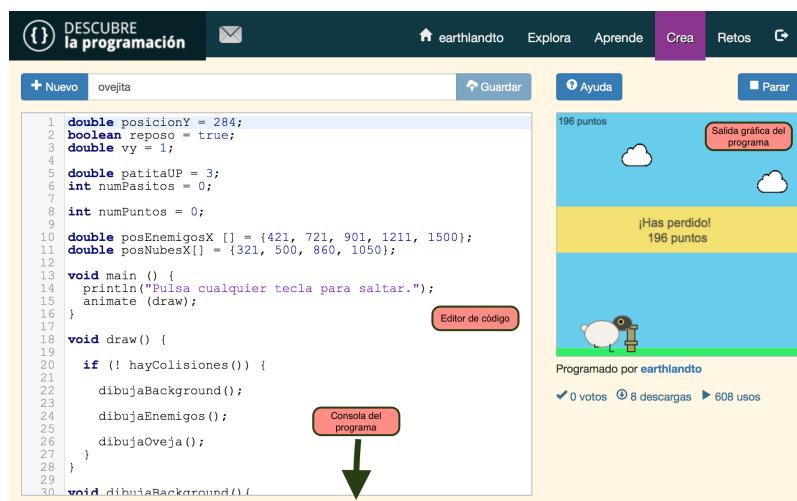


Figura 1.2: Sección *Crea* del proyecto Descubre la programación. Obtenido de [24].



Figura 1.3: Salida del programa escrito en iJava ejecutado por el código 1.2.

1.4. Motivación y enfoque del proyecto

Las nuevas tecnologías están haciendo que cada vez más gente de todas las edades se interese por la informática, y más concretamente por la programación. Poco a poco la informática deja de ser cosa de un grupo selecto de gente que entiende su funcionamiento.

Como ya hemos comentado anteriormente, existe un movimiento que pretende introducir la informática y la programación en las aulas. Se han demostrado los beneficios de enseñar a programar en una edad escolar temprana.

Es en este momento cuando se hace imprescindible tomar decisiones acertadas. Aprender a programar en edades pre-universitaria debe ser algo accesible a cualquier estudiante, independiente de su condición o los antecedentes del mismo. Igualmente, los conceptos de programación deben ser presentados de manera, incremental, empezando por los más simples para luego ampliar a conceptos más complejos, como defiende L. Fernandez y otros en [18].

El proyecto se enfocará desarrollando un simulador de robot de dos ruedas en el que los alumnos puedan programar su comportamiento. Se ofrece una librería de funciones para simplificar la interacción con el mismo y conseguir cierta funcionalidad extra que simplifique la tarea de comprensión y usabilidad del simulador.

El simulador se integrará en la plataforma Descubre la programación, mencionada en la sección 1.3. Esto supone que el estudiante programará el comportamiento del robot simulado en iJava. El robot estará dentro de un circuito con distintos elementos con los que podrá interactuar. Asimismo, el robot dispondrá de una serie de sensores

para poder recibir información del mundo que le rodea.

Al incluir el simulador como un módulo de Descubre, se pretende reforzar el esfuerzo por parte de sus creadores de hacer llegar la programación al mayor número de estudiantes pre-universitarios posible, proponiendo una alternativa atractiva y que añade una componente más de entretenimiento a la actividad de programar. Por otra parte, permite que el alumno asimile conceptos de robótica de manera transparente. Al utilizar una plataforma web y de libre acceso, también se busca eliminar la barrera que puede suponer realizar una inversión en material electrónico como puede ocurrir con Arduino, Raspberry Pi o Lego.

Igualmente, los estudiantes que ya están usando la plataforma Descubre, podrán trabajar los conceptos de programación (bucles, condiciones, variables y funciones, entre otros) en un entorno diferente, renovando así su interés en otra actividad y aprender jugando.

En el capítulo 2 se analizaran cuales son las alternativas que existen actualmente que trabajan en esta linea. En el capítulo 4 se verá como se ha desarrollado la idea principal y que resultados se han obtenido. Por último, en el capítulo 5 se analizarán los objetivos conseguidos y que ofrece mi propuesta en comparación a los proyectos actuales.

Capítulo 2

Estado del arte

A nivel global y desde hace varias décadas, existe una gran cantidad de proyectos con la única intención de enseñar, a alumnos de Educación Primaria, Secundaria y Bachillerato, diferentes aspectos de la informática como lo es la programación [42, 12, 4], la robótica [40, 17] e incluso electrónica (con Arduino[7], Raspberry Pi[23] o Lego Mindstorm[35]). La mayoría de estos proyectos promueven una enseñanza independiente y autodidacta bajo un entorno on-line y gratuito. De esta manera, el alumno puede aprender a su propio ritmo y desde cualquier parte del mundo.

En las siguientes secciones se hablará del Lenguaje Logo[30] y el proyecto Turtle[1], un proyecto que lleva décadas activo, con la principal finalidad de enseñar programación y matemáticas a niños. También se estudiarán los diferentes proyectos que existen actualmente y que promueven una enseñanza a niños en entornos web. Por último, se analizarán los diferentes proyectos que enseñan programación jugando y que utilizan robots y/o simuladores.

2.1. Lenguaje Logo y robot Turtle

El lenguaje Logo, desarrollado a finales de la década de los 60 y basado en Lisp, fue diseñado como una herramienta de aprendizaje a niños. Todas sus características -interactividad, modularidad, extensibilidad, flexibilidad en los tipos de datos- persiguen esta meta. El lenguaje Logo fue uno de los primeros proyectos en emprender la difícil tarea de enseñar a programar a niños de Primaria.

Como se explica en la página oficial del proyecto Logo[30], durante la década de los 70, en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y diferentes centros de investigación europeos, se llevaron a cabo investigaciones sobre el uso del Lenguaje Logo en pequeños grupos de alumnos de Educación Primaria.

A pesar de los diversos estudios que se han realizado a lo largo de los años, no se han conseguido obtener unos resultados claros sobre la posible ventaja de enseñar

a programar a niños de Primaria y Secundaria con Logo. En [19], Feurzeig y otros consiguen una leve mejoría en la nota obtenida en el Test de Habilidades Básicas de Iowa (Iowa Test of Basic Skills, o ITBS)¹. En la tabla 2.1 se puede ver como la nota global del grupo que aprende a programar (denominado *computer*) es de 114 puntos más que el curso anterior, mientras que la obtención del grupo de control es solo de 6 puntos. Aún así, se puede ver como la nota del grupo de control sigue siendo mayor que la del grupo *computer*. Ante éste hecho, Feurzeig concluye que el grupo de control no representaba muy bien al grupo *computer* y que, por tanto, la comparación perdía validez. Más tarde, Pea y Kurland en [38] concluyen que, tras el estudio en dos cursos separados de alumnos, aprender a programar no conseguía mostrar ningún beneficio claro en el rendimiento de los alumnos en comparación al grupo de control. Poco más tarde, Moss [36] obtiene evidencias de la relación en el aprendizaje de Logo con el desarrollo de conceptos primitivos que más adelante se enlazarían con la álgebra básica.

Number of Correct Answers in ITBS			
		Range for <u>Individual Students</u>	<u>Grand Total</u>
7th Grade (1968)	(Computer)	166 - 298	2896
	(Control)	214 - 371	3174
8th Grade (1969)	(Computer)	144 - 305	3010
	(Control)	209 - 382	3180

Tabla 2.1: Tabla que muestra los resultados obtenidos en el ITBS por los alumnos que aprendieron a programar (denominado *computer*) y el grupo de control. Obtenido de [19, p.251].

2.1.1. Uso del lenguaje Logo

A continuación se realizará una revisión de las principales características del lenguaje Logo para tener una visión general de su funcionamiento y sintaxis. Este análisis se basa en el trabajo de [19, p.274-305]. Si el lector quiere ampliar información sobre el lenguaje Logo, puede consultar [21] o [29].

¹El Iowa Test of Basic Skills (ITBS), es un test que se realiza anualmente siguiendo una serie de estándares a nivel de estado para medir el rendimiento académico de los alumnos en materias como: vocabulario, ortografía, álgebra, conceptos aritméticos y comprensión de tablas y gráficos, entre otros.

words, sentences, operaciones y comandos

Hay dos tipos de datos principales: *words* y *sentences*. *words* está formado por 0 o más caracteres, sin espacios. Algunos ejemplos son: "SUN", "CAT", "5", "97!", "" (cadena vacía). El tipo de datos *sentences* se forma por un conjunto de *words* separado por espacios, como por ejemplo "HELLO WORLD" o "3 + 2 = 5". Un numero es una *word* pero compuesto únicamente por dígitos.

En el lenguaje Logo existen operadores para tratar con los tipos *words* y *sentences*. También se pueden encontrar una serie de operaciones predefinidas en el lenguaje que ofrecen funcionalidad extra, como controlar la entrada/salida de un programa, saber la fecha o manejo de *words* y *sentences*. En la tabla 2.2 vemos un resumen de las operaciones elementales del lenguaje Logo, el número de argumentos que requiere y un ejemplo de entrada con su salida correspondiente.

<i>Operador</i>	N. argumentos	Entrada	Salida
FIRST	1	"CAT"	"C"
-	-	"CAT AND DOG"	"CAT"
LAST	1	"CAT"	"T"
-	-	"CAT AND DOG"	"DOG"
BUTFIRST	1	"CAT"	"AT"
-	-	"CAT AND DOG"	"AND DOG"
BUTLAST	1	"CAT"	"CA"
-	-	"CAT AND DOG"	"CAT AND"
COUNT	1	"CAT"	"3"
-	-	"CAT DOG"	"2"
WORD	2	"CAT" "DOG"	"CATDOG"
SENTENCE	2	"CAT" "DOG"	"CAT DOG"
-	-	"CAT" "DOG"	"CAT DOG"
PRINT	1	"CAT"	CAT
TIME	0	-	"5:42 PM"
DATE	0	-	"1/31/2016"
SUM	2	"-5" "5"	"0"
DIFERENCE	2	"5" "5"	"0"
MAXIMUN	2	"-5" "5"	"5"
MINIMUN	2	"3" "5"	"3"

Tabla 2.2: Resumen de las operaciones elementales que ofrece el lenguaje Logo.

Si se intentara ejecutar la operación WORD "CAT" "DOG", se produciría un error al ser uno de sus parámetros un tipo *sentence* y no *word* (el primer argumento contiene un espacio). De igual manera, las operaciones SUM, DIFFERENCE, MAXIMUN y MINIMUN deben recibir argumentos numéricos o se produciría un error.

También es posible encadenar varios operadores. De esta manera, la cadena de instrucciones FIRST OF BUTFIRST OF "CAT" devolverá el *word* "A".

Variables, comentarios y definiendo nuevas operaciones

Para definir variables basta con usar el operador MAKE seguido de "(comilla doble), el nombre de la variable y el valor que se quiere asignar. Para hacer uso de la variable, utilizamos el símbolo :(dos puntos) seguido del nombre de la variable. Para hacer comentarios se utiliza el símbolo ;(punto y coma). Podemos ver un ejemplo en el código 2.1.

```

1  MAKE  "ADULTO 18
3  PRINT :ADULTO ; salida -> 18

```

Código 2.1: Ejemplo de definición de nuevas variables en el lenguaje Logo.

También es posible crear nuevas operaciones. Se utilizan las palabras reservadas TO y END para marcar el inicio y final de la definición, respectivamente. A continuación es necesario declarar el nombre con el que se definirá la operación que se está creando (el cual no puede coincidir con ninguna palabra reservada en el lenguaje, como es común en la mayoría de lenguajes de programación). Es opcional la declaración de parámetros que se pasaran a la operación. Por último, y antes de la palabra END, se incluirán las instrucciones que realizará la operación.

En el código 2.2 se puede ver un ejemplo de definición de nuevas operación.

```

1  TO SALUDAR
   MAKE "SALUDO "HELLO WORLD"
3  OUTPUT SALUDO
END
5
7  PRINT SALUDAR ; salida -> HELLO WORLD
9
11 TO PENULTIMO :algo
   OUTPUT FIRST OF LAST :algo
END
13 PRINT PENULTIMO OF "CAT BIRD DOG" ; salida -> BIRD
15 PRINT PENULTIMO OF "CAT" ; salida -> A

```

Código 2.2: Definición de nuevas operaciones en el lenguaje Logo.

Operadores aritméticos

A parte de los operadores SUM y DIFFERENCE antes mencionados, Logo también otorga la posibilidad de utilizar los operadores aritméticos clásicos. La única condición es que la salida generada debe ser tratada (PRINT) o almacenada (en variables, como veremos en la sección siguiente) de alguna manera. Los operadores más importantes son +, -, *, / y sqrt.

```

1 PRINT 2 * 3 ; salida -> 6
2
3 MAKE "RUEDAS 4
4
5 PRINT :RUEDAS ; salida -> 4

```

Código 2.3: Ejemplo de uso de operadores aritméticos en el lenguaje Logo.

Operadores IF y REPEAT

Se pueden crear operaciones condicionales utilizando la palabra clave IF seguida de una sentencia y una lista de órdenes a ejecutar si se evalúa dicha sentencia a verdadero. La lista de órdenes se declara entre corchetes ([]) y para la sentencia se pueden utilizar los operadores infijos =, > y <. En el código 2.4 podemos ver un ejemplo de uso.

```

1 MAKE "PETALOS 4
2
3 IF :PETALOS > 3 [ PRINT "TREBOL DE LA BUENA SUERTE" ]

```

Código 2.4: Condiciones en el lenguaje logo con el operador IF.

Para repetir una serie de instrucciones, Logo ofrece el comando REPEAT, que va seguido de un valor numérico y la lista de instrucciones. El valor numérico (que puede ser parametrizado) es el número de veces que se repetirá en bucle las instrucciones. En el código 2.5 vemos un ejemplo de este comando.

```

1 REPEAT 10 [ PRINT "HOLA MUNDO" ]

```

Código 2.5: Condiciones en el lenguaje logo con el operador IF.

2.1.2. Turtle de Logo

El proyecto *Turtle* es el proyecto más popular del lenguaje Logo. Nació como una criatura robótica, arreglada para que pareciera una tortuga, que se movía por el suelo con un rotulador atado que pintaba el suelo. Más tarde evolucionó a una

imagen de una tortuga que se movía por la pantalla pintando según se desplazaba. Turtle se utiliza ampliamente desde hace décadas para enseñar a programar a niños de Primaria y Secundaria conceptos de programación, pero también de matemáticas y geometría[3, 8].

A pesar de su larga vida, el proyecto Turtle ha sabido mantenerse vivo y se ha modernizado en proyectos más recientes como Turtle Academy [5] o Curly Logo [28].

Programando el movimiento de Turtle en el lenguaje Logo

A parte de toda la funcionalidad que ofrece Logo como lenguaje, Turtle aporta una librería para poder controlar a nuestra criatura que pintará la pantalla. Ésta suele ser tradicionalmente representada con una tortuga o una flecha. Principalmente, se podrá controlar el movimiento de nuestra tortuga y el giro de ésta. También se le podrá ordenar que deje de pintar para permitir movimiento por la pantalla sin rastro. La mayoría de estos comandos pueden abreviarse para simplificar la escritura.

El resumen sobre la funcionalidad de Turtle que se muestra en las secciones siguientes es un compendio formado a partir de [45], [5] y [3].

Moviendo a Turtle

La tortuga siempre se moverá según el eje de coordenadas. El punto (0, 0) se encontrará normalmente en medio de la pantalla y es la posición inicial de la tortuga. El eje de coordenadas y crece positivamente en dirección Norte (hacia arriba).

Los comandos `forward` y `backward` mueven la tortuga hacia delante y atrás, respectivamente, según la posición en la que esté mirando. Los comandos `setx`, `sety` y `setxy` se utilizan para establecer la tortuga en el eje de coordenadas `x`, `y` o en ambos, respectivamente.

La orden `home` devuelve a la tortuga a la posición (0, 0) de la pantalla. Adicionalmente, se puede ocultar o mostrar (si ya está oculta) la tortuga con las órdenes `showturtle` y `hideturtle`.

Otra función muy importante de Turtle, es la opción de girarla. Podemos decidir el giro con las instrucciones `right` y `left` y el ángulo de giro (el valor tiene que ser un número positivo). Un ángulo de giro de 380° sería equivalente a girar la tortuga 20°.

Pintando con Turtle

Hasta ahora, cualquier desplazamiento de Turtle por la pantalla dejaba una linea o rastro. Con la orden `penup`, la tortuga dejará de pintar hasta que se ejecute la orden `pendown`. También se puede ejecutar la instrucción `clearscreen` que limpiará la pantalla de cualquier rastro dejado por la tortuga.

La instrucción `label` acepta un argumento y mostrará por pantalla su contenido. El argumento debe ser de tipo *word* o *sentence*².

Resumen de instrucciones de Turtle

En la tabla 2.3 se muestra un resumen de las órdenes que puede recibir Turtle.

Orden	Abreviatura	Argumentos
forward	fd	Longitud del movimiento
backward	bk	Longitud del movimiento
home	-	-
setx	-	Nueva coodenada X
sety	-	Nueva coodenada Y
setxy	-	Nueva coodenada X e Y
right	rt	Ángulo en el sentido de las agujas del reloj
left	lt	Ángulo en el sentido contrario a las agujas del reloj
penup	pu	-
pendown	pd	-
clearscreen	cs	-
label	-	Una <i>word</i> o <i>sentence</i>
showturtle	st	-
hideturtle	ht	-

Tabla 2.3: Resumen de órdenes en Turtle usando el lenguaje Logo.

(J.A.:) ¿Comentarás algo de robomind o codehs que también son descendientes directos de lego? lo bueno es que el primero te hace enfocar la idea de la tortuga hacia un robot más realista, la segunda que lleva el aprendizaje a entorno web y tecnologías javascript. Todo esto te abre temas para seguir escribiendo el trabajo. Recuerda que sabes más de lo que crees y has hecho más de lo que piensas.

2.2. Scratch

Scratch[43] es un proyecto creado en el seno del Lifelong Kindergarten Group en el MIT Media Lab, Massachusetts Institute of Technology (MIT). Scratch permite programar juegos interactivos, animaciones y programas de todo tipo. Todo esto apoyado por una gran comunidad de usuarios y profesores que forman una enorme red

²Para más información sobre los tipos de datos *words* y *sentences*, como se forman y cual es su funcionamiento, se puede consultar la sección 2.1.1.

social de más de 9.5 millones de usuarios registrados y casi 13 millones de proyectos compartidos actualmente³.

Scratch está orientado a enseñar a programar a niños de Primaria Y Secundaria. Como podemos ver en la figura 2.1 la mayoría de usuarios de Scratch son alumnos de Secundaria, en torno a los 12 y 15 años de edad.

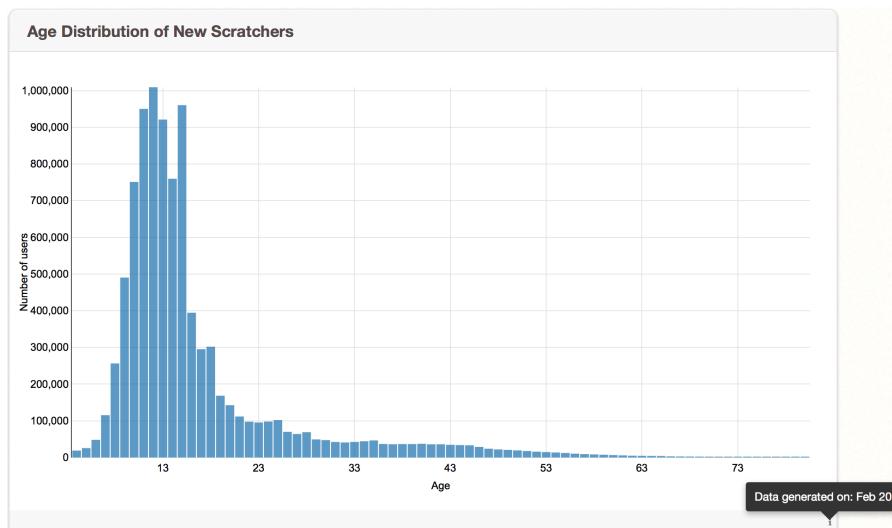


Figura 2.1: Gráfico de edad de los usuarios de <https://scratch.mit.edu>. Obtenido de <https://scratch.mit.edu/statistics/>.

2.2.1. Funcionamiento de Scratch

La idea básica de Scratch **es muy simple (?????)**. Se tiene una serie de bloques que representan las diferentes funcionalidades del lenguaje (crear o modificar variables, bucles, condiciones, funciones de librería, etc) y el programador tiene que ir *encajando* las piezas de código una encima de otra para formar el flujo de ejecución del programa. Existen piezas que solo encajan con ciertas otras o algunas que pueden ir por separado.

En general, la plataforma Scratch se forma por tres grandes componentes:

1. **Un editor visual** que presenta un conjunto de bloques cuya forma ofrece pistas de como pueden encajar los diferentes bloques.
2. **Un interprete** que puede traducir y ejecutar el flujo de código que forman los diferentes bloques unidos entre sí.

³En la página oficial de Scratch se pueden obtener las estadísticas de uso y participación del proyecto (<https://scratch.mit.edu/statistics/>).

3. Una **interfaz** que muestra la salida (tanto de texto como gráfica) del código ejecutado por el interprete. También permite controlar la entrada del ratón, de las teclas, etc.

En la figura 2.2 podemos ver un ejemplo del editor y la interfaz. Además, podemos ver como las piezas encajan una encima de la otra, y de manera muy visual, es fácil de entender el código y en qué orden se va a ejecutar cada elemento.

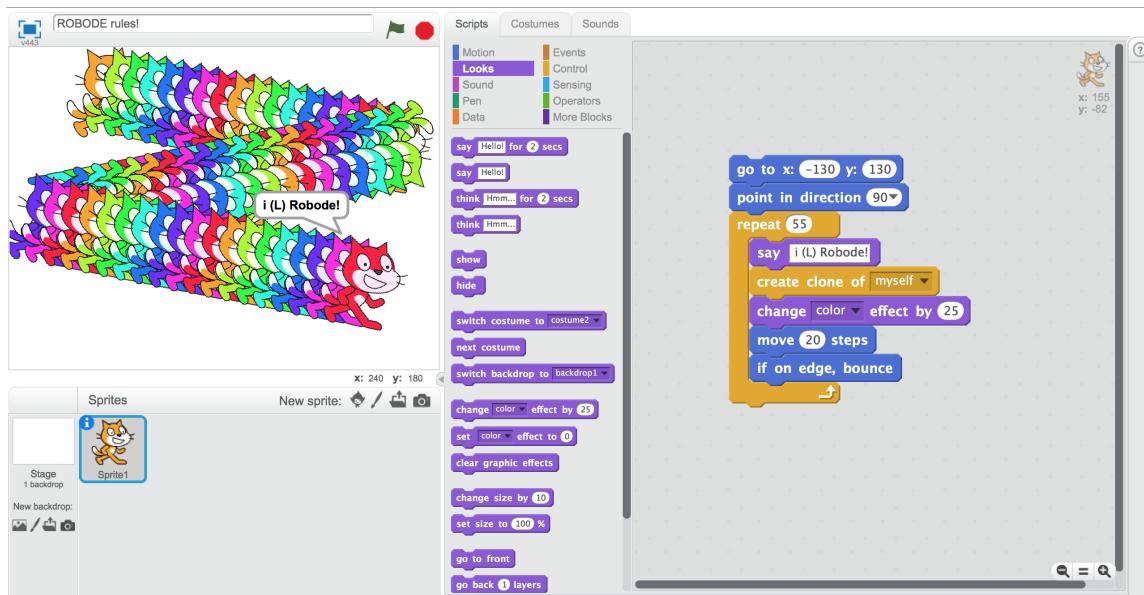


Figura 2.2: Ejemplo de la interfaz de usuario y el editor de código que ofrece Scratch.

2.3. Aprendiendo con robots

2.3.1. Robomind

Robomind Academy[40] es una plataforma que busca potenciar y extender el *Computational Thinking* entre alumnos de Educación Primaria y Secundaria. Sus creadores opinan⁴ que la informática debería tener el mismo estatus que las matemáticas o la lengua, algo esencial en la formación del estudiante. Argumentan que, a través del *Computational Thinking* se podrán realizar avances en el cuidado de la salud o la industria, algo totalmente necesario en pleno Siglo XXI.

⁴En la sección *Visión* de la página web oficial de Robomind Academy se puede ver cuales son los principios y metas detrás del proyecto (<https://www.robomindacademy.com/go/robomind/about#vision>).

Actualmente, Robomind ofrece un entorno de programación multiplataforma: aplicación de escritorio, entorno web y aplicación para Tablet. En la figura 2.3 podemos ver un ejemplo de como es el entorno de programación que propone Robomind.

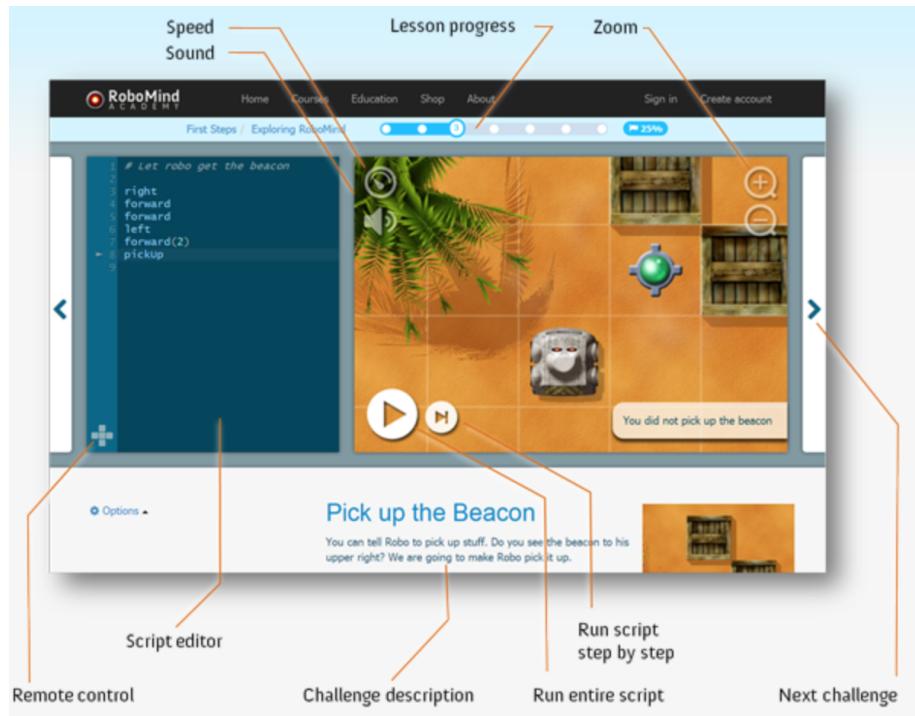


Figura 2.3: Entorno de programación en Robomind Academy. Obtenido de [40].

El proyecto en sí está orientado a que profesores y alumnos trabajen conjuntamente en desarrollar las actividades, permitiendo que los profesores puedan realizar un seguimiento del avance y trabajo de los alumnos a cargo. También permite que los alumnos puedan registrarse independientemente y aprender a su propio ritmo. Los cursos están divididos entre alumnos de Educación Primaria y Secundaria.

Las soluciones antes mencionadas son [de pago](#). Dependiendo de si eres profesor o estudiante y de si quieres (o no) utilizar la versión de escritorio, se ofrecen distintos planes de compra. A parte, Robomind ofrece planes gratuitos para alumnos con características más limitadas o una cantidad inferior de cursos. Adicionalmente, Robomind participa en el proyecto *La Hora del Código*[11], ofreciendo una introducción a Robomind completamente gratuita. Una de sus funciones más interesantes es la de poder traducir el código escrito en Robomind para poder utilizarlo con tu propio Lego Mindstorm NXT⁵.

Por último, tanto la interfaz, la página web, la aplicación o los tutoriales está

⁵Para más información sobre Lego Mindstorm NXT se puede acudir a [34] o [35].

completamente en inglés, ofreciendo una cierta barrera de entrada a todo aquel interesado que no sea angloparlante.

Programar con Robomind Academy

En Robomind se plantea la programación de un robot simulado que está dentro de un escenario. Este escenario es una cuadrícula por la que se mueve el robot. El robot puede interactuar con el escenario pintando o limpiando el suelo, recogiendo o dejando objetos, o comprobando el estado de su casillas adyacentes (si hay algún objeto o está pintado).

A continuación vamos a enumerar las funciones básicas para controlar el movimiento o acciones del robot de Robomind⁶. A parte, Robomind también permite usar definición de variables y nuevas funciones, estructuras de control y bucles.

- Moviendo el robot:
 - forward o forward(n): Mover el robot 1 o n pasos hacia el frente.
 - backward o backward(n): Mover el robot 1 o n pasos hacia el atrás.
 - left o left(n): Girar el robot 90° hacia la derecha, 1 o n veces.
 - right o right(n): Girar el robot 90° hacia la derecha, 1 o n veces.
- Interactuando con el escenario:
 - pickUp: Coger el objeto que se encuentra delante del robot.
 - putDown: Dejar el objeto justo delante del robot.
 - eatUp: Comer el objeto en frente del robot. Implica destruirlo y no poder volver a interactuar con él.
 - paintWhite: Pinta un rastro blanco por las cuadrículas por las que se desplazará el robot.
 - paintBlack: Pinta un rastro negro por las cuadrículas por las que se desplazará el robot.
 - stopPainting: Deja de pintar.
- El robot puede comprobar, de manera independiente, el estado de las casillas adyacentes a sí mismo, excepto hacia atrás. Para representar cada dirección (*front*, *left* y *right*), se usará una *X*. Todas estas instrucciones devuelven un valor booleano.

⁶Para una información más detallada se puede consultar <https://www.robomindacademy.com/go/robomind/help>.

- `XIsClear`: Comprueba si la casilla X está vacía.
- `XIsObstacle`: Comprueba si en la casilla X hay un obstáculo, generalmente una pared o un objeto que impide su avance.
- `XIsBeacon`: Comprueba si en la casilla X hay un objeto (con el que podrá interactuar).
- `XIsWhite`: Comprueba si la casilla X está pintada de blanco.
- `XIsBlack`: Comprueba si la casilla X está pintada de negro.

2.3.2. Moway

2.3.3. Lego Mindstorm NXT/EV3

2.4. Aprendiendo Online

2.4.1. CodeHS

Otro proyecto muy extendido que promueve el *Computational Thinking* es CodeHS. CodeHS es una plataforma online con la que personas de todas las edades pueden aprender informática. Tienen cursos de introducción a la informática, programar con diferentes lenguajes, bases de datos, e incluso una versión modernizada de Karel the Robot[37].

CodeHS ofrece muchas opciones de aprendizaje independiente, incluso ofreciendo tutores personalizados para resolver dudas de los usuarios, está especialmente dirigido a enseñar programación en colegios e institutos. Ofrece planes de pago para implantar la plataforma en las clases y herramientas de seguimiento y evaluación para que el profesor pueda supervisar y dirigir el rendimiento de los alumnos. Aunque los planes gratuitos ofrecen un reducido número de cursos, permite al usuario programar libremente en cualquiera de los lenguajes que tiene disponible.

2.4.2. Code.org

Capítulo 3

Análisis de objetivos y metodología

3.1. Objetivos

Este Trabajo Fin de Grado consiste en desarrollar un módulo de simulación de un robot para integrarlo en la plataforma Descubre la programación. Para ello se tendrán que cubrir una serie de subobjetivos que nombraremos a continuación.

- Estudiar el uso y aplicación de diferentes librerías de físicas para generar el robot.
- Comprensión de la plataforma Descubre así como su posterior modificación.
- Creación de un simulador de un robot de dos ruedas y su integración en la plataforma Descubre.
- Modificación del motor de iJava y creación de la API para poder controlar el robot.

3.2. Metodología

Que metodología he seguido? Extreme programming
Hablar de herramientas utilizadas?

Capítulo 4

Diseño y resolución del trabajo realizado

Decidir que poner, como, en que orden.

Capítulo 5

Conclusiones y vías futuras

explicar en que se diferencia robode con el resto y porque es mejor o que ventajas tiene explicar como resuelvo los problemas que se encuentra un estudiante cuando programa (intro-3º parrafo)

Apéndice A

Edad escolar en diferentes Sistemas Educativos

Incluso en la Unión Europea, los Sistemas Educativos difieren en la edad de escolarización de los estudiantes. Por ello, se ha confeccionado una tabla que intenta resumir la edad estándar en la que un niño está escolarizado durante las distintas etapas educativas¹. La información que se muestra a continuación está basado en [47] y [14].

Se tomarán como referencia los nombres de las etapas del Sistema Educativo Español (Educación Infantil, Primaria, Secundaria y Bachillerato) para mostrar los años que pasan los estudiantes. Con respecto a la selección de países para realizar la comparación, se escogen los más representativos en los que se han realizado los estudios sobre el aprendizaje de la programación y donde más extendido están las plataformas que se mencionan en el presente documento.

País	Infantil	Primaria	Secundaria	Bachillerato
España	0-6	6-12	12-16	16-18
Estados Unidos	3-6	6-10	10-14	14-18
Reino Unido	2-5	5-11	11-16	16-18
Alemania	0-6	6-10	10-16	16-19
Francia	2-6	6-11	11-16	16-18
Bélgica	0-2.5/3	2.5/3-6	6-12	12-18
Irlanda	4-6	6-12	12-15	15-19

Tabla A.1: Comparativa de edades de escolarización en diferentes Sistemas Educativos con respecto a las etapas del Sistema Educativo Español.

¹Se hablará de las etapas en las que el Sistema Educativo referido está bajo la responsabilidad del Ministerio de Educación (o equivalente) del propio país. Esto no excluye a la educación en centros privados.

28 APÉNDICE A. EDAD ESCOLAR EN DIFERENTES SISTEMAS EDUCATIVOS

En el caso del Sistema Educativo Americano, existen muchas vías en la formación de un niño, como bien detalla A. Corsi-Bunker en [14]. Dependiendo de si se escoge una vía privada o dependiendo del estado, los años pueden variar. Aún así, en la figura A.1 se muestra el modelo estándar (sistema K-12).².

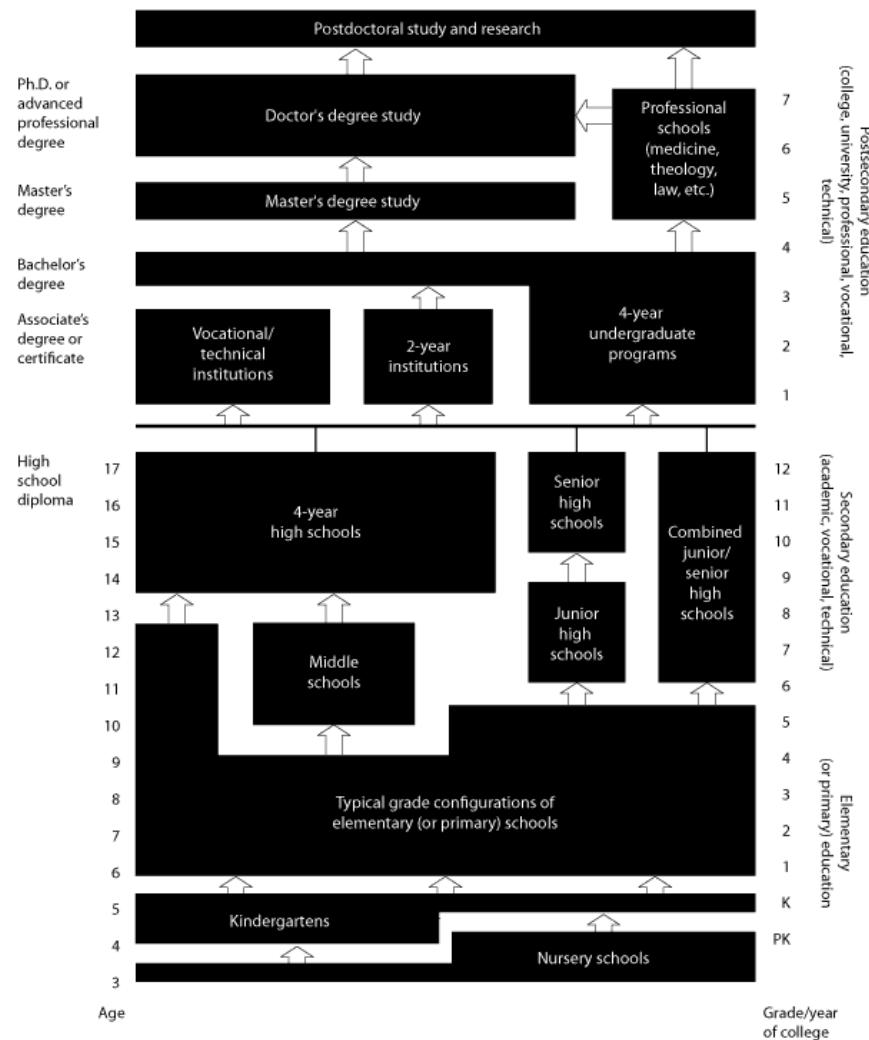


Figura A.1: Tabla que muestra los típicos patrones de progresión en el Sistema Educativo Americano. Fuente: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Annual Reports Program. Obtenido de http://nces.ed.gov/programs/digest/d11/figures/fig_01.asp

²Para más información sobre el Sistema Educativo Americano recomiendo que se acuda directamente a la fuente: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics (<http://nces.ed.gov>)

Bibliografía

- [1] A logo primer. http://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/logo_primer.html, Último acceso en enero 2016.
- [2] Proyecto Código 21. Página oficial del proyecto código 21 promovido por el departamento de educación de gobierno de navarra. <http://codigo21.educacion.navarra.es>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [3] Harold Abelson. A. disessa. turtle geometry. *Cambridge (Mass.)*, 1980.
- [4] Code Academy. Página oficial de code academy. <https://www.codecademy.com>, Consultado el 12 de diciembre de 2015.
- [5] Turtle Academy. Página oficial del proyecto turtle academy. <https://turtleacademy.com>, Consultado el 25 de enero de 2016.
- [6] Noreen S. Ahmed-Ullah. Cps to add computer science as core subject. *Chicago Tribune*, Diciembre 2013.
- [7] Arduino. Página oficial del proyecto arduino. <https://www.arduino.cc/>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [8] Judy Ann Brown, Dorothy M Fitch, and Scott W Earle. 101 ideas for logo, gr. 3-10, 1995.
- [9] Alan Bundy. Computational thinking is pervasive. *Journal of Scientific and Practical Computing*, 1(2):67–69, 2007.
- [10] Douglas H Clements. Effects of logo and cai environments on cognition and creativity. *Journal of Educational Psychology*, 78(4):309, 1986.
- [11] Code.org. Página oficial del proyecto hora del código de code.org. <https://hourofcode.com/>, Consultado el 30 enero de 2016.
- [12] Code.org. Página oficial de code.org. <https://code.org>, Consultado el 9 de enero de 2016.

- [13] Social Committee Commission to the European Parliament, the European Economic and the Committee of the Regions. Draft 2015 joint report of the council and the commission on the implementation of the strategic framework for european cooperation in education and training (et 2020). new priorities for european cooperation in education and training. http://ec.europa.eu/education/documents/et-2020-swd-161-2015_en.pdf, Agosto 2015.
- [14] Antonella Corsi-Bunker. *Guide to the Educational System in the United State*. University of Minnesota. Internal Student and Scholar Service.
- [15] Sean Coughlan. Computer science part of english baccalaureate. *BBC News*, Febrero 2013.
- [16] Julie Sarama Douglas H. Clements, Michael T. Battista. Logo and geometry. *Journal for Research in Mathematics Education. Monograph*, 10:i–177, 2001.
- [17] Moway Education. Página oficial de moway education. <http://moway-robot.com>, Consultado el 10 octubre de 2015.
- [18] L Fernández Muñoz, R Peña, F Nava, and A Velázquez Iturbide. Análisis de las propuestas de la enseñanza de la programación orientada a objetos en los primeros cursos. *Actas de las VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI'02)*, pages 433–440, 2002.
- [19] Wallace Feurzeig et al. Programming-languages as a conceptual framework for teaching mathematics. final report on the first fifteen months of the logo project. 1969.
- [20] Department for Education UK Government. Statutory guidance. national curriculum in england: computing programmes of study. <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>, Septiembre 2013.
- [21] Michael Friendly. *Advanced LOGO: A language for learning*. Psychology Press, 2014.
- [22] Python Software Fundation. Página oficial de la python software fundation. <https://www.python.org>, Consultado el 30 de enero de 2016.
- [23] Raspberry Pi Fundation. Página oficial de raspberry pi. <https://www.raspberrypi.org>, Consultado el 15 enero de 2016.

- [24] Descubre la programación. Página oficial del proyecto descubre la programación. <http://descubre.inf.um.es>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [25] Descubre la programación. Página oficial del proyecto descubre la programación. guía del lenguaje. <http://descubre.inf.um.es/curso.php>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [26] Maude Lemaire. Incorporating computer science into an elementary school curriculum. 2014.
- [27] Yuen-Kuang Cliff Liao and George W Bright. Effects of computer programming on cognitive outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 7(3):251–268, 1991.
- [28] Curly Logo. Página oficial del proyecto curly logo. una implementación web de la famosa turtle de logo. <http://drj11.github.io/curlylogo/>, Consultado el 31 de enero de 2016.
- [29] Fundación Logo. Página oficial de la fundación logo. recursos para aprender y enseñar logo. <http://el.media.mit.edu/logo-foundation/resources/books.html#language>, Consultado el 31 de enero de 2016.
- [30] Fundación Logo. Página oficial de la fundación logo. <http://el.media.mit.edu/logo-foundation>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [31] Mark Lutz. *Learning python.* ” O'Reilly Media, Inc.”, 2013.
- [32] José Marcos. Los colegios de madrid impartirán clases de programación. *El País*, Septiembre 2014.
- [33] Andrew Mcgettrick, Roger Boyle, Roland Ibbett, John Lloyd, Gillian Lovegrove, and Keith Mander. Grand challenges in computing: Education. a summary. *The Computer Journal*, 48(1):42–48, 2005.
- [34] Lego Mindstorm. Página oficial de lego minsturm. <http://www.lego.com/es-es/mindstorms/>, Consultado el 20 de enero de 2016.
- [35] Lego Mindstorm. Página oficial de lego minsturm. sección aprende a programar. <http://www.lego.com/es-es/mindstorms/learn-to-program>, Consultado el 20 de enero de 2016.
- [36] Richard Moss. *Creating a mathematical environment through programming: A study of young children learning Logo.* PhD thesis, University of London, 1985.

- [37] Richard Pattis, J Roberts, and M Stehlík. Karel the robot. *A gentele introduction to the Art of Programming*, 1981.
- [38] Roy D Pea and D Midian Kurland. Logo programming and the development of planning skills. technical report no. 16. 1984.
- [39] V Renumol, S Jayaprakash, and D Janakiram. Classification of cognitive difficulties of students to learn computer programming. *Indian Institute of Technology, India*, 2009.
- [40] RoboMind. Página oficial de robomind. <https://www.robomindacademy.com>, Consultado el 10 de octubre de 2015.
- [41] Juan Antonio Sánchez Laguna. ijava: un nuevo lenguaje para facilitar el paso del paradigma imperativo al orientado a objetos. *Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (15es: 2009: Barcelona)*, 2009.
- [42] Code School. Página oficial de code school. <https://www.codeschool.com>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [43] Scratch. Página oficial del proyecto scratch. <https://scratch.mit.edu>, Consultado el 30 enero de 2016.
- [44] Janet Siegmund, Christian Kästner, Sven Apel, Chris Parnin, Anja Bethmann, Thomas Leich, Gunter Saake, and André Brechmann. Understanding understanding source code with functional magnetic resonance imaging. In *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*, pages 378–389. ACM, 2014.
- [45] Brown University. Logo tutorial. un tutorial de turtle y el lenguaje logo dentro de la brown university. <http://cs.brown.edu/courses/bridge/1997/Resources/LogoTutorial.html>, Consultado el 30 de enero de 2016.
- [46] EU Code Week. Página oficial del proyecto eu code week. <http://codeweek.eu>, Consultado el 9 de enero de 2016.
- [47] Eurydice Datos y Cifras. Educación y formación. La estructura de los sistemas educativos europeos 2014/15: diagramas. http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/facts_and_figures/education_structures_es.pdf, Noviembre 2014.

Glosario de términos

Arduino . 9

Comisión Europea Órgano ejecutivo y legislativo de la Unión Europea. Se encarga de proponer la legislación, la aplicación de las decisiones, la defensa de los tratados de la Unión y del día a día de la Union Europe. 2

Descubre la programación . 4, 5, 21

Hardware . 1

iJava . 4, 21

Java . 4

Lenguaje Logo El lenguaje Logo, basado en el lenguaje Lisp, fue diseñado como una herramienta para aprendizaje. Todas sus características -interactividad, modularidad, extensibilidad, flexibilidad en los tipos de datos- persiguen esta meta. 2, 9

Lisp . 9

Open Source . 3

Software . 1

Turtle El proyecto más popular del Lenguaje Logo ha evolucionado en la Tortuga, originalmente una criatura robótica que se movía por el suelo siguiendo una serie de instrucciones programadas previamente. 9

Acrónimos

API Application Programming Interface. 21

MIT Massachusetts Institute of Technology. 9, 15

TIC Tecnologías de la Información y la Comunicaciones. 1