



UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

Estudio experimental sobre el impacto del uso de la computación creativa en las funciones ejecutivas

Marco Antonio Rodríguez Fernández



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution 4.0. Spain License.**

Estudio experimental sobre el impacto del uso de la computación creativa en las funciones ejecutivas

Programa de doctorado en educación y sociedad

Facultad de Educación

Doctorando: Marco Antonio Rodríguez Fernández

Directora: Mariona Grané Oró

Tutora: Mariona Grané Oró

Resumen

Estos últimos años, desde diferentes entidades se está promoviendo la implementación de actividades de programación de computadores como pueden ser la robótica educativa, la computación creativa o la programación de dispositivos móviles en escuelas e institutos de secundaria. En muchos casos se modifica el currículum para incluir este tipo de actividades en diferentes asignaturas y proyectos curriculares. Estas acciones formativas muchas veces persiguen objetivos distintos y en algunas ocasiones se implementan sin excesiva reflexión sobre el objetivo original que persiguen las propuestas.

El presente estudio en primer lugar ofrece una reflexión sobre la perspectiva histórica de las diferentes propuestas, intentando contextualizar el momento actual evitando de esta forma caer en los ciclos de sobrexpectación de aplicación tecnológica. Al mismo tiempo, analiza de forma experimental el impacto que este tipo de actividades tiene sobre las funciones ejecutivas de los estudiantes. De esta forma, se genera una herramienta de cuantificación que permite medir el efecto que estas acciones formativas tienen sobre las habilidades cognitivas.

Desde un punto de vista metodológico, el presente estudio aporta un formato escalable y replicable de análisis de la evolución de los alumnos implicados en este tipo de actividades desde un prisma positivista y experimental. Los resultados finales demuestran la existencia de una relación directa entre la evolución de las funciones ejecutivas y las acciones formativas relativas a la computación creativa. De esta forma se abre la puerta tanto a la replicación del propio estudio con objetivos de evaluación de acciones formativas similares, como a la posibilidad de exploración de la aplicación de este tipo de acciones con el objetivo de mejorar los resultados cognitivos.

Resum

Aquests darrers anys des de diferents entitats s'està promovent la implementació d'activitats de programació de computadors com poden ser la robòtica educativa, la computació creativa o la programació de dispositius mòbils en escoles i instituts de secundària. En molts casos es modifica el currículum per incloure aquest tipus d'activitats a diferents assignatures i projectes curriculars. Aquestes accions formatives moltes vegades persegueixen objectius diferents i en algunes ocasions s'implementen sense excessiva reflexió sobre l'objectiu original que persegueixen les propostes.

El present estudi en primer lloc ofereix una reflexió sobre la perspectiva històrica de les diferents propostes, intentant contextualitzar el moment actual evitant d'aquesta manera caure en els cicles de sobrexpectació d'aplicació tecnològica. A el mateix temps, analitza de forma experimental l'impacte que aquest tipus d'activitats té sobre les funcions executives dels estudiants. D'aquesta manera, es genera una eina de quantificació que permet mesurar l'efecte que aquestes accions formatives tenen sobre les habilitats cognitives.

Des d'un punt de vista metodològic, el present estudi aporta un format escalable i replicable d'anàlisi de l'evolució dels alumnes implicats a aquest tipus d'activitats des d'un prisma positivista i experimental. Els resultats finals que demostren l'existència d'una relació directa entre l'evolució de les funcions executives i les accions formativa relatives a la computació creativa. D'aquesta forma s'obre la porta tant a la replicació del propi estudi amb objectius d'avaluació d'accions formatives similars, com a la possibilitat d'exploració de l'aplicació d'aquest tipus d'accions amb l'objectiu de millorar els resultats cognitius.

Abstract

In recent years, different entities have been promoting the implementation of computer programming activities, such as educational robotics, creative computing or programming of smartphones at school. In many cases the curriculum has been modified to include this type of activities in different subjects. These training actions often pursue different objectives and sometimes are implemented without excessive reflection about the main reason that drive these activities.

The present study offers a reflection on the historical perspective of the different proposals, trying to contextualize the current moment, thus avoiding falling into the over-expectation cycles of technological application. At the same time, it experimentally analyzes the impact that this type of activities has on the executive functions of the students. In this way, a quantification tool is generated that allows measuring the effect that these training actions have.

From a methodological point of view, this study provides a scalable and replicable format for analyzing the evolution of the students involved in this type of activity from a positivist and experimental perspective. The final results demonstrate the existence of a direct relationship between the evolution of executive functions and training actions related to creative computing. From this point we can defend the replication of this study with the objectives of evaluating similar training actions, and to the possibility of exploring the application of this type of action with the aim of improving the cognitive results.

Sumario

Introducción	14
Motivación y justificación.....	14
Capítulo 1: Marco teórico	18
1.1. Aprendiendo a programar en la escuela	18
1.1.1. Computación creativa, aprender creando	18
1.1.2. Computación física, conectando el mundo virtual con el mundo físico.....	23
1.1.3. Pensamiento computacional.....	26
1.1.4. Logo, squeak, scratch y snap!: Lenguajes de programación para seres humanos.....	33
1.1.5. Evitando el tecnocentrismo	44
1.1.6. Antecedentes.....	46
1.1.7. La perspectiva de género dentro en las asignaturas tecnológicas.....	54
1.2. Las funciones ejecutivas como variables de estudio.....	56
1.2.1. Inteligencia general, inteligencia fluida e inteligencia cristalizada	56
1.2.2. Desarrollo histórico de las funciones ejecutivas	57
1.2.3. Las funciones ejecutivas	58
1.2.4. Desarrollo de las funciones ejecutivas durante la infancia y la adolescencia.	62
1.2.5. Funciones ejecutivas frías y cálidas.....	62
1.2.6. Evaluación de las funciones ejecutivas.....	63
Capítulo 2: Metodología y objetivos.....	66
2.1. Objetivos	66
2.2. Metodología e instrumentos	66
2.2.1. Rigor y ética.....	68
2.2.2. Muestra	69
2.2.3. Instrumentos de recogida de datos.....	70

Capítulo 3: Diseño de materiales formativos.....	78
3.1. Descripción de los materiales	79
3.2. Estructura de las sesiones	79
Capítulo 4: Análisis e interpretación de resultados	86
4.1. Características de la muestra	86
4.2. Filtrado de datos y resultados.....	87
4.3. Resultados de la prueba comparativa	92
4.4. Seguimiento y logs de trabajo.....	95
4.5. Perspectiva de género	96
Capítulo 5: Conclusiones	100
5.1. Aportaciones	100
5.2. Limitaciones metodológicas del estudio	104
5.3. Prospectiva de la investigación.....	105
Referencias bibliográficas	106
Anexos.....	114
Anexo 1: Materiales didácticos desarrollados.....	114
Programación de sesiones	114
Material audiovisual.....	126
Anexo 2: Código fuente del análisis y filtrado.....	136
Estructura del archivo de datos.....	136
Carga del fichero de datos y filtrado.....	137
Cálculo de parámetros y valores.....	138
Pruebas de normalidad, correlación, comparación de medias de poblaciones pareadas.....	138
Generador automatizado de gráficos y tablas estadísticas.....	139
Anexo 3: Resultados de los tests	146

Índice de figuras

Figura 1: Espiral de pensamiento creativo (Resnick, 2007)	21
Figura 2: Ejemplo de bloques de código	22
Figura 3: Esquema de un sistema de computación física (Dilmen, 2014)	24
Figura 4: World-Stethoscope(Abe, 2003)	26
Figura 5: Componentes del pensamiento computacional(Zapata-Ros, 2015)	29
Figura 6: Ejemplo de código secuencial	30
Figura 7: Ejemplo de bucle.....	30
Figura 8: Ejemplo de eventos.....	31
Figura 9: Ejemplo de condicional.....	31
Figura 10: Ejemplo del uso de variables y operadores	32
Figura 11: Versión física de la tortuga de Logo (Papert, 1980)	35
Figura 12: Squeak Etoys(Kay, 2005)	36
Figura 13: Ejemplo de programa con Scratch	40
Figura 14: Esfera construida mediante bloques (Koschitz y Rosenbaum, 2012)	42
Figura 15: Placa microBit de la BBC (Bell, 2015).....	43
Figura 16: Captura de pantalla del programa microBlocks (Maloney et al., 2019)	44
Figura 17: Portada del canal del curso Robots y videojuegos en las aulas.....	48
Figura 18: Captura del curso Robots y videojuegos en las aulas (Rodríguez, 2014) ...	49
Figura 19: Taxonomía de Bloom aplicada a la robótica educativa(Muntaner-Perich, 2012)	51
Figura 20: Captura del software Dr. Scratch (Moreno-León et al., 2015)	52
Figura 21: Actividades y funciones ejecutivas.....	61
Figura 22: Elemento de test al estilo del test de Matrices Progresivas (Riley, 2019)...	74
Figura 23: Captura de pantalla del LMS.....	77
Figura 24: Principios del diseño instruccional (Merril, 2002)	78
Figura 25: Ejemplo de Scratch Card en español.....	81
Figura 26: Ejemplo de simulador.....	82
Figura 27: Ejemplo de simulador 2	83

Figura 28: Canal de Vimeo con recursos audiovisuales	84
Figura 29: Distribución por género de los grupos	87
Figura 30: Gráfico comparativo del resultado del pretest.....	89
Figura 31: Gráfico comparativo del resultado del postest.....	90
Figura 32: Gráficos comparativos entre pretest y postest	90
Figura 33: Mejora de los resultados en función del sexo	97
Figura 34: Ciclo de sobreexpectación (Linden y Fenn, 2003).....	101

Índice de tablas

Tabla 1: Diseño de grupos pretest-postest (Latorre et al., 2003).....	67
Tabla 2: Baremos españoles para el test de Raven (Raven, 1981)	72
Tabla 3: Parámetros estadísticos de los resultados.....	88
Tabla 4: Resultados de la prueba de normalidad.....	93
Tabla 5: Conexiones al LMS fuera del horario escolar.....	96
Tabla 6: Resultados de la selección de asignaturas optativas.....	98
Tabla 7: Resultados del grupo experimental.....	146
Tabla 8: Resultados del grupo control.....	147

Introducción

Motivación y justificación

La introducción a la programación (de ordenadores) en las aulas es un tema candente y de notoria actualidad, que estos últimos años ha tenido una escalada mediática considerable. Iniciativas como *code.org*, *Hour of code*, *mSchools*, *hp code wars* o la *Legó League* han conseguido captar la atención de las instituciones educativas de muchos países, entre ellos España. Como ejemplo de ello, tenemos los programas de *Mobilitzem la informàtica* o *Propulsem la robòtica* del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya; *codeMadrid* promovido por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid; o las olimpiadas de informática que se realizan a nivel estatal e internacional en diferentes países.

Los motivos de esta tendencia pueden ser diversos, por un lado, está la evidencia de los expertos (Redecker, et al., 2010) que nos indican que se deberán desarrollar nuevas habilidades para los futuros trabajos de la sociedad que está por llegar, y estas nuevas habilidades en gran parte estarán relacionadas con las tecnologías de la información y la comunicación. Por otro lado, tenemos el impacto de la publicación del artículo de Wing (2006) quien proporciona un nuevo sentido al concepto del pensamiento computacional, el cual se utiliza como herramienta para desarrollar una metodología práctica para la resolución de problemas que, a pesar de ser originariamente computacional, es aplicable a otros muchos ámbitos. Y por último, desde la postura de Trilling y Fadel (2010) similar a la de Resnick (2007), se plantea un futuro en el que la sociedad altamente computarizada y robotizada necesita cada vez más mentes creativas y pensantes, y prescinde cada vez más del trabajo rutinario o simple, justificando de esta manera el desarrollo de actividades que potencien la creatividad y la resolución de problemas desde edades muy tempranas.

El hecho es que estos últimos años se están implementando actividades de robótica educativa, computación creativa y computación física en los diferentes currículos, y al mismo tiempo éstas gozan de gran aceptación por parte del sistema educativo.

Podemos encontrar estudios donde se analiza de forma cualitativa las bondades de la introducción de la programación y la robótica en diferentes contextos como hacen

López (2012) o Bustillo-Bayón, Vizcarra-Morales y Aristizabal-Llorente (2015). Ambos a modo de estudio de casos utilizan la programación creativa para poner el foco en la identificación de emociones (López, 2012) o para analizar la evolución del pensamiento creativo (Bustillo-Bayón, Vizcarra-Morales y Aristizabal-Llorente, 2014). Con un enfoque diferente podemos encontrar otros estudios donde se utilizan este tipo de actividades para tratar casuísticas concretas como por ejemplo el trabajo de Albo-Canals, Feers, de Cordoba y Rogers (2015) donde utilizan las actividades de robótica educativa para mejorar las habilidades sociales en chicos con trastornos del espectro autista. Siendo este trabajo realmente interesante ya que no tan solo se utilizan robots para llevar a cabo la actividad de programación con robots, sino que existe un segundo robot con forma humanoide que se utiliza tanto para dar apoyo a los participantes en la actividad, como para recolectar datos sobre las interacciones sociales que realizan los participantes con el resto de sus compañeros. Y por último, con un enfoque mucho más experimental podemos encontrar trabajos como el de Moreno-León, Robles y Román-González (2015) donde se mide la evolución del aprendizaje de los diferentes aspectos de la programación creativa en función de qué actividades se realizan.

No obstante, la motivación del investigador reside en analizar de forma experimental la relación entre este tipo de actividades formativas y la evolución de las estructuras cognitivas de los estudiantes. Conformando al mismo tiempo un método que permita comprobar si estas actividades enmarcadas dentro del ámbito del pensamiento computacional o de la computación creativa realmente tienen la afectación que se les presupone sobre el desarrollo cognitivo.

Por tanto, la finalidad de este estudio no es otra que la de obtener respuesta la pregunta de si **la integración del pensamiento computacional en clase realmente obedece tan sólo a la intención de desarrollar habilidades con el diseño de software a edades más tempranas, o contribuye al desarrollo cognitivo de los individuos dotándolos de habilidades y capacidades que pueden extrapolar y aplicar a los diferentes aspectos de la vida como estudiante o como persona.** Es por esta razón que se plantea el presente como un estudio experimental que indaga sobre la **existencia de una correlación entre dichas actividades formativas y el desarrollo de las funciones ejecutivas del cerebro.** Siendo estas funciones ejecutivas una evidencia de la adquisición de ciertas habilidades y capacidades cognitivas.

Capítulo 1: Marco teórico

El marco teórico de esta tesis está a caballo entre dos ámbitos de investigación bien diferenciados. Por un lado, desde el punto de vista didáctico analizaremos la diferentes teorías e implementaciones de la enseñanza de la programación de software y que competencias y objetivos educativos persiguen. Y por otro lado desde un punto de vista más psicológico y neurocognitivo se investigarán formas de cuantificar o valorar el progreso de las funciones ejecutivas del cerebro que pueden estar directamente relacionadas con dichas actividades.

1.1. Aprendiendo a programar en la escuela

Durante la introducción hemos hablado de actividades de computación creativa, pensamiento computacional y robótica educativa. Como veremos estos conceptos tienen en común la propuesta de estudiar la algorítmica y la programación desde diferentes enfoques a unas edades mucho más tempranas de lo usual, de hecho en la ley de educación española (España, 2013) no se introduce la programación hasta bachillerato y/o ciclos formativos profesionalizadores. No obstante, según el enfoque de esta tesis estamos hablando de algo más que tan solo entrenar habilidades de creación de código en primaria y secundaria. Pero para entender el objeto de estudio en primer lugar debemos definir en profundidad dichos conceptos.

1.1.1. Computación creativa, aprender creando

Según Piaget (1955) podemos considerar el aprendizaje como la reacción "natural" y espontánea que se lleva a cabo cuando interacciona con el entorno y se contrasta con los aprendizajes ya adquiridos. Ya sea modificando los esquemas mentales ya existentes en el alumno (asimilación) o añadiendo nuevos elementos a estos esquemas (acomodación). Esta perspectiva constructivista puede parecer opuesta a una visión más tradicional de la educación más cercana a la instrucción del conocimiento, al conductismo o al cognitvismo. Al mismo tiempo, para Piaget la separación entre el proceso de aprendizaje y lo que se quiere aprender, es un error; para entender el proceso de aprendizaje de algún contenido, se debe adquirir un conocimiento profundo del concepto que se va a aprender, y ello requiere un proceso de construcción de este conocimiento.

Papert (1980), uno de los más destacados discípulos de Piaget, recupera estos dos conceptos propios del constructivismo, para construir su propia teoría construccionista. Para Papert, el proceso de aprendizaje consiste en construir algo con un conjunto de materiales y herramientas que podemos manipular, según Papert es más fácil entender los conceptos de forma consciente si se trabaja de forma empírica con objetos reales. Así pues, la teoría construccionista trabaja con el axioma básico de que el conocimiento no es transmitido del profesor a los alumnos, sino construido por el propio alumno. Esta crítica al instruccionismo no es para nada nueva en ese momento. Dewey (1933, p. 327) compara el instruccionismo con el proceso de llenado de una cisterna, donde los alumnos son considerados un recipiente vacío que espera ser rellenado de conocimientos, y el papel del profesor es el de llenar de los conocimientos adecuados ese recipiente. Dewey, siguiendo con la metáfora de la cisterna, indica que bajo su punto de vista el interior de esa cisterna contiene una compleja red de tubos que entran y salen, y el papel del maestro es el de estudiar el contenido de ese recipiente y colaborar a la redirección y la canalización de esa red de tubos.

En el caso del construccionismo de Papert, el papel del profesor es el de vehicular el aprendizaje a través de la construcción de un artefacto. Los estudiantes deberán encarar asuntos complejos y hacer el esfuerzo para superar problemas, utilizando la construcción de dicho artefacto significativo para ellos como vehículo para aprender. Durante este proceso los estudiantes deberán discutir con sus compañeros para presentar sus resultados a la comunidad y recibir alguna retroacción para proceder al rediseño y/o modificación si es necesario. Este tipo de estrategias de aprendizaje propias del construccionismo están muy relacionadas con el concepto de la zona de desarrollo próximo descrito por Vigotsky (1978). Vigotsky diferencia entre dos niveles evolutivos, el nivel evolutivo real que hace referencia a las funciones mentales que ya han madurado y el nivel de desarrollo potencial que hace referencia a las funciones que aún no han madurado, pero se hallan en proceso de maduración. A partir de estos dos conceptos se define la zona de desarrollo próximo como “la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración de un compañero más capaz” (Vygotsky, 1978, p. 133).

Por tanto, en las propuestas construccionistas la retroacción por parte de otros alumnos conlleva un rediseño y modificación de los artefactos a partir de esa presentación del objeto en comunidad. Este concepto del rediseño y la aplicación de la retroacción por parte de los iguales tiene su representación gráfica en la espiral del pensamiento de Resnick (2007) (*ver Figura 1*). Con esta espiral, Resnick expresa su propuesta de utilizar las tecnologías digitales como apoyo para poder adoptar en primaria y secundaria las mismas metodologías de aprendizaje que se utilizan en los jardines de infantes. Según esta propuesta en la fase de educación infantil los niños aprenden de forma efectiva a ser pensadores creativos utilizando herramientas como bloques de madera, pintura, etc. Para poder seguir trabajando de esta forma en cursos superiores los alumnos necesitan herramientas que les permitan trabajar de un modo similar. Estos materiales tienen que promover la utilización de su imaginación explorando sus intereses y utilizando sus propios estilos de aprendizaje. Evitando al mismo tiempo que estos materiales sean restrictivos o sobredeterminados y puedan coartar oportunidades creativas.

Dentro de esta misma espiral encontramos el concepto *play* (juego) que hace referencia a la comprensión del juego como un elemento intrínsecamente ligado al proceso de aprendizaje. De hecho, Resnick utiliza los conceptos *playfull learning* o *playful exploration* haciendo referencia a lo que podríamos traducir como exploración ociosa con una intencionalidad de aprendizaje.

Por último, dentro de esta espiral, los conceptos de *share* (compartir) y *reflect* (reflexionar) hacen referencia al nivel de desarrollo potencial, es decir a como a partir del trabajo en equipo y de la reflexión respecto a la puesta en común del resultado puede mejorar nuestro trabajo y al mismo tiempo ampliar nuestras posibilidades limitadas por nuestro nivel de desarrollo real.

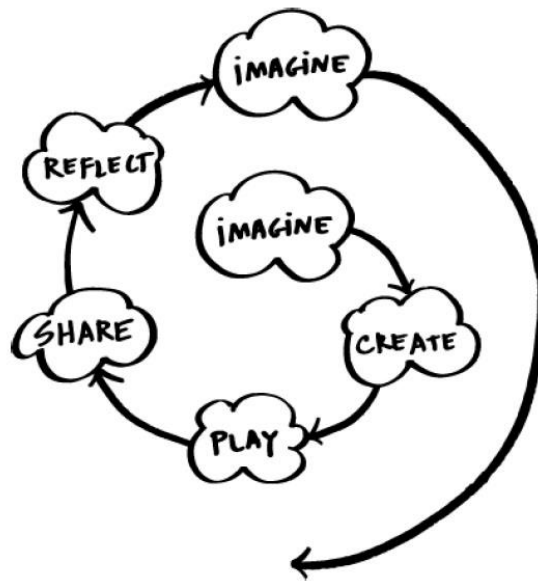


Figura 1: Espiral de pensamiento creativo (Resnick, 2007)

A partir de estas premisas el equipo del "KinderLifeLong" del mediaLab-MIT dirigido por Mitchell Resnick decide realizar una propuesta de implementación de una herramienta digital que pueda dar cabida a este cambio metodológico propuesto, creando para estos efectos Scratch. Scratch es un programa de libre distribución, que se fundamenta en las ideas del aprendizaje constructor de Papert. De hecho, Scratch es una evolución del conocido Logo (Solomon y Papert, 1976) y de otras implementaciones posteriores que analizaremos con más detenimiento más adelante.

Este entorno de programación online permite a los usuarios crear proyectos multimedia e interactivos utilizando un lenguaje de programación orientado a objetos. Usualmente los lenguajes de programación requieren la escritura de complejas ordenes que describen algoritmos. Estas instrucciones pueden ser complejas de recordar, pero para evitar esto Scratch utiliza unos bloques con instrucciones que se puede arrastrar y conectar entre ellos para generar algoritmos evitando de esta forma que el usuario deba escribir órdenes y/o recordarlas de memoria.

Los proyectos realizados con este lenguaje contienen diferentes elementos que se denominan como: "media" y "scripts". Los "media" pueden ser imágenes, sonidos o vídeos con los que el alumno desarrolla su proyecto y los "scripts" son las pequeñas piezas de software (programas) que se asignan a los elementos de tipo "media" para concretar como estos interactúan con el resto y/o con las acciones del usuario.

Como ya indicábamos anteriormente la programación de estos scripts se realiza mediante bloques, que a modo de bloques de construcción infantiles pueden

ensamblarse unos con otros y permiten controlar los objetos gráficos que hemos incorporado. Sin entrar en exceso en el funcionamiento de este software por ahora, podemos ver cómo la escritura de código para realizar programas se simplifica respecto a los lenguajes de programación al uso y se hace asequible para un público mucho más joven.



Figura 2: Ejemplo de bloques de código

Por otro lado, la versión online de esta aplicación permite la reutilización de los programas creados por otros usuarios, promoviendo de esta forma aprender tanto del trabajo de otros usuarios como de la retroacción que el resto de usuarios realizan sobre nuestro trabajo mediante comentarios o revisiones. Más adelante analizaremos el origen de estas opciones de colaboración e interacción ya que para el equipo de Resnick son realmente importantes, por el hecho de que se pueden considerar la implementación práctica del concepto de “socioconstructivismo distribuido” al que hace referencia Minsky (1988).

Minsky visualizaba el cerebro como cientos de máquinas interconectadas con diferentes funciones específicas, como si de una sociedad de organismos parcialmente especializados se tratara. Así pues, para Minsky el conocimiento se genera en base a la interacción entre estos elementos pensantes interconectados. Tomando como base esta premisa, tanto para Minsky como para el equipo de Resnick el conocimiento no tan solo se genera mediante la interacción interna de estas estructuras cerebrales, sino que se pueden extender estos recursos cognitivos mediante la creación de espacios donde diferentes individuos comparten estos procesos cognitivos.

Retomando el foco del tema, dadas las posibilidades tanto a nivel de creación y expresión, como a nivel de colaboración interconectada, son evidentes las razones de por qué esta herramienta está actualmente siendo utilizada a nivel global por alumnos, profesores y centros educativos para posibilitar esa computación creativa. De hecho, si consultamos las estadísticas publicadas en la propia web de Scratch (Abdalla et al.,

2019) podemos ver cómo existen 48 millones de proyectos compartidos, más de 49 millones de usuarios, de los cuales 1.2 millones proceden de España y según los datos de *Google Analytics*¹ tienen unos 24 millones de visitantes únicos² al mes.

Los estudiantes no tan solo utilizan la herramienta a modo de usuario, sino que interactúan, crean, colaboran con sus compañeros teniendo en cuenta sus aportaciones y reflexionan respecto a su práctica creativa revisándola y modificándola. Al mismo tiempo, se establece un proceso de construcción de artefactos significativos como parte del aprendizaje.

1.1.2. Computación física, conectando el mundo virtual con el mundo físico

Cuando utilizamos estos entornos para programar describimos procesos, automatizamos tareas, creamos animaciones, creamos juegos y simulamos objetos y situaciones reales. Pero estos algoritmos y programas no tan solo tienen sentido dentro de un ordenador, sino que se pueden crear programas para que una máquina interactúe con su entorno. Esta interacción se puede llevar a cabo de muchas formas y muchas veces al hecho de programar elementos que interactúan con el mundo físico (dentro de un entorno educativo) se le asignan denominaciones un tanto diferentes como robótica educativa, informática física, robótica didáctica, robótica aplicada, etc. Dentro de este ámbito es muy relevante la aportación que realizan O'Sullivan y Igoe (2004) en su libro *Physical computing* donde plantean la siguiente pregunta:

¿por qué si hasta el momento personas con un bajo nivel de conocimientos son capaces de utilizar un computador para escribir cartas, guardar archivos o almacenar datos, no empezaron a utilizar estas máquinas para usos más imaginativos como encender el coche, abrir puertas o analizar el contenido del refrigerador? (p. xviii).

Esta obra parte de la premisa de que el uso estandarizado de las interfaces de usuario ha relegado la computadora a un uso "virtual" que tiene solo lugar dentro de la computadora y su enlace con el mundo físico es tan solo el lugar donde está conectada. Es por esta razón que los autores defienden un uso diferente de las computadoras, un

¹ *Google Analytics es una herramienta analítica que ofrece información fiable sobre el tráfico de una web.*

² *Se entiende por visitantes únicos todas las visitas que se realizan a una web por personas distintas. Es decir, si una misma persona visita la misma web se contabiliza tan solo una vez.*

uso en lugares donde haya una mayor convergencia con lo físico, como si de una extensión aditiva de información de los objetos físicos se tratara.

Actualmente cuando imaginamos una computadora vemos una pantalla, un teclado, y todo un conjunto de dispositivos electrónicos conectados. Pero si nos vamos a la raíz, a la palabra computar, este verbo es algo similar a calcular, procesar, o pensar. Así que una computadora es un elemento que computa, que toma decisiones y que realiza un proceso más o menos complejo a partir de unas señales de entrada y una memoria, comunicando el resultado mediante unos elementos de salida. Todo ello siguiendo un programa/ algoritmo previamente especificado.

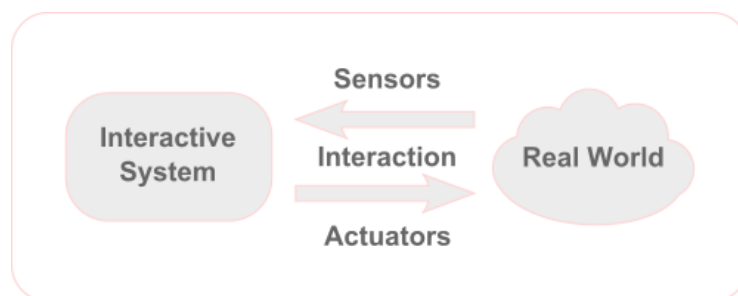


Figura 3: Esquema de un sistema de computación física (Dilmen, 2014)

A priori puede resultar algo complejo e inapropiado para trabajar en educación primaria o secundaria, pero el caso es que, debido al abaratamiento continuo de la electrónica necesaria, y a la evolución de lenguajes de programación cada vez más simples y amigables, hoy en día es posible construir sistemas que realizan acciones con el mundo físico sin demasiados conocimientos del funcionamiento interno de cada una de las partes. Para hacernos una idea podemos compararlo con el uso de un automóvil, no es necesario conocer el funcionamiento de los pistones y la combustión de la gasolina para hacerlo andar, o incluso para cambiarle los neumáticos. De esta forma y con las tecnologías adecuadas podemos construir artefactos que interactúan con el mundo físico, pero incorporando una parte lógica del proceso de la información.

De esta forma utilizamos la computación física como una herramienta más para trabajar la programación creativa dentro del aula. Haciendo este enlace de lo virtual con lo físico, podemos generar entornos digitales creativos y objetos de aprendizaje.

En su trabajo de campo Richard (2007) aboga por potenciar el interés de profesores y alumnos sobre cómo aplicar la computación física para explorar las posibilidades de la tecnología creando artefactos educativos. A partir del análisis de tres experiencias llevadas a cabo con estudiantes y profesores de diferentes institutos públicos de Nueva York obtiene algunos resultados interesantes. En primer lugar, explica que la capacidad de los alumnos al aprender ciertas tecnologías emergentes es superior a la de los profesores implicados en la actividad. Por otro lado, resalta la capacidad de los alumnos para adquirir a través de la experimentación autónoma conocimientos no planificados. Y por último el investigador quedó sorprendido de cómo fue relativamente fácil alinear los objetivos del currículum escolar con las diferentes experiencias planteadas utilizando elementos de computación física.

Muy relacionado con este concepto de computación física están las actividades denominadas de robótica educativa, robótica pedagógica o robótica didáctica. En este tipo de actividades el artefacto de aprendizaje tiene forma de robot. Aunque originalmente la palabra robot aparece por primera vez en la obra tetral R.U.R. de Karel Capek y su significado es el de fuerza de trabajo o servidumbre, hoy en día entendemos robot como una máquina autónoma que permite manipular objetos y en ocasiones imita el comportamiento de seres vivos (Ollero, 2001). Así pues, las actividades de robótica didáctica implican en muchas ocasiones el uso de la programación para gestionar el comportamiento de estos robots intentando construir esas máquinas autónomas que manipulan objetos o imitan el comportamiento de otros seres. Siendo estos robots el elemento de hardware que interacciona con el mundo físico.

La diferencia entre un concepto y el otro recae en que en un entorno de computación física la mayoría de veces el hardware que se utiliza para interactuar con el mundo físico es “colateral” y tiene una importancia relativa. Siendo el tema que se está tratando de simular o aprender el que requiere la atención primordial del alumno. Por ejemplo en los proyectos llevados a cabo por Richard (2007) los estudiantes utilizaban sensores para simular un sismógrafo, realizar simulaciones de cadenas de ADN, o detectar la orientación de un péndulo. En cambio, en las actividades de robótica educativa o pedagógica, en muchas ocasiones los temas de aprendizaje giran en torno a la mecánica, la electrónica y el funcionamiento del propio robot.

En resumen, el concepto computación física no supone un cambio de hardware, dispositivos o elementos constructivos sino un cambio de enfoque. Bajo este enfoque, se prioriza el tema de estudio concreto y la importancia de la creación de código expandiendo el límite que puede suponer centrar el aprendizaje en la construcción de máquinas móviles que imitan comportamientos animados. De hecho, esta postura de utilización de hardware para expandir la virtualidad es algo que deja reflejado muy gráficamente por Abe (2003) con su propuesta de *World-Stethoscope* (ver Figura 4) que consiste en un elemento de hardware que permite medir valores como luminosidad, volumen, temperatura y voltaje para utilizarlos como entradas en un entorno de programación creativa con fines educativos.



Figura 4: *World-Stethoscope*(Abe, 2003)

1.1.3. Pensamiento computacional

Si retomamos esta visión del uso de la programación dentro de un ámbito escolar (ya sea utilizando hardware, robots o simplemente programando simulaciones y juegos) con la finalidad vehicular ciertos aprendizajes, podemos observar como de forma colateral, por el mero hecho de tener que utilizar la programación, estamos trabajando una habilidad que Wing (2006) denomina pensamiento computacional.

Para Wing (2006) el pensamiento computacional será una habilidad fundamental en un futuro no muy lejano, y debería ser incluida en la formación de los chicos y chicas como competencia clave en el aprendizaje de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las

matemáticas. Pensar como un informático significa algo más que ser capaz de programar una computadora, se requiere la capacidad de abstracción, de organización de datos, de generalizar soluciones y de análisis de patrones. Furber (2012) propone definiciones del pensamiento computacional como pueden ser: "el proceso que permite formular problemas de forma que sus soluciones pueden ser representadas como secuencias de instrucciones y algoritmos." (p. 17) o "es el proceso de reconocimiento de aspectos de la informática en el mundo que nos rodea, y aplicar herramientas y técnicas de la informática para comprender y razonar sobre los sistemas y procesos tanto naturales como artificiales." (p. 29). Al mismo tiempo, según Larson y Northen (2011) el objetivo del pensamiento computacional no es otro que el de reforzar una serie de habilidades necesarias a la hora de enfrentarse al tipo de problemas que nos podemos encontrar en los futuros puestos de trabajo de la sociedad del conocimiento, como pueden ser:

- La confianza en el manejo de la complejidad
- La constancia en el trabajo con problemas difíciles
- La tolerancia a la ambigüedad
- La habilidad para enfrentarse a problemas no estructurados
- La habilidad para la comunicación y el trabajo en equipo

La operativa del pensamiento computacional está basada en la forma de enfocar la resolución de un problema que tienen los profesionales de las ciencias de la computación. A partir de la propuesta de Wing (2006) podemos encontrar una serie de acciones a tener en cuenta en la resolución de problemas mediante este prisma, aunque según el tipo de problemas o de contexto no siempre son necesarias todas estas acciones:

- Seccionar los problemas en diferentes problemas menos complejos
- Organizar y analizar lógicamente la información
- Representar la información a través de abstracciones como pueden ser modelos o simulaciones
- Identificar, analizar e implementar soluciones posibles a los problemas, mediante una combinación de pasos y recursos
- Automatizar las soluciones haciendo uso de la algorítmica

- Generalizar y transferir este proceso de resolución de problemas para ser capaz de resolver una gran variedad de familias de problemas similares

Para Wing (2006), el pensamiento computacional puede aportar como beneficios la posibilidad de facilitar nuevas formas de ver los problemas existentes, destacar la creación de conocimiento en lugar de utilizar la información, presentar posibilidades para resolver creativamente problemas, y facilitar la innovación. Sobre este concepto Zapata-Ros (2015) reitera la posición de Wing haciendo hincapié en no perder el foco trabajando tan solo las competencias de codificar. Ya que, aunque estas sean la parte más visible del pensamiento computacional, no son en esencia el objetivo. Así que propone un análisis poco delimitado pero muy útil de las diferentes componentes del pensamiento computacional (*ver Figura 5*).

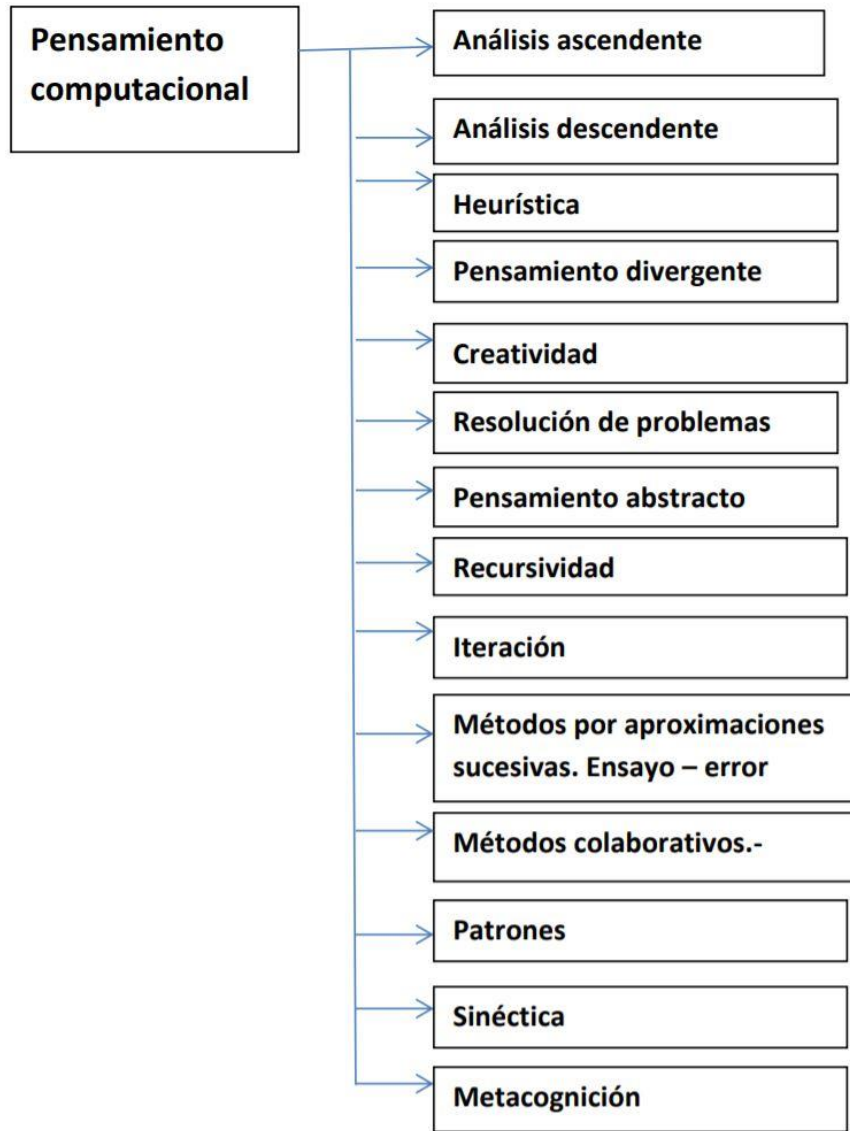


Figura 5: Componentes del pensamiento computacional(Zapata-Ros, 2015)

Este desglose de componentes del pensamiento computacional propuesto por Zapatar-Ros (2015) coinciden y/o se solapan con otras habilidades propuestas anteriormente. Pero como veremos más adelante muchas de ellas tienen correspondencia directa o indirecta con las diferentes funciones ejecutivas.

Por otro lado, con un enfoque mucho más tecnológico Brennan y Resnick (2012) realizan una síntesis del pensamiento computacional con un prisma algo diferente. Para llevarla a cabo construyen una separación entre conceptos computacionales, prácticas computacionales y perspectivas computacionales. Cuando hablan de conceptos computacionales hacen referencia a una categorización de los diferentes tipos de bloques o instrucciones que nos podemos encontrar en un lenguaje de programación

como puede ser Scratch, los lenguajes basados en el Blockly³, o la mayoría de los lenguajes de programación. En concreto realizan dicha categorización teniendo en cuenta los siguientes conceptos computacionales:

- *Secuencialidad*: Hace referencia a la capacidad de expresar una acción compleja como una secuencia temporal de diferentes acciones simples. En el siguiente ejemplo vemos que al pulsar el personaje en primer lugar cambia el disfraz y cuando el disfraz esta cambiado se reproduce un sonido



Figura 6: Ejemplo de código secuencial

- *Bucles*: Los bucles son instrucciones que permiten repetir una secuencia de instrucciones más de una vez. Podemos utilizar bucles que se iteran un número determinado de veces o podemos utilizar bucles que se iteran perpetuamente hasta que se cumpla o se deje de cumplir una condición. En el siguiente ejemplo vemos un bucle infinito (por siempre) que hace que el personaje se mueva perpetuamente si no toca el color verde



Figura 7: Ejemplo de bucle

- *Eventos*: Los eventos son la esencia de la interacción. Consisten en las señales que hacen que se inicie una secuencia de instrucciones. Estos eventos pueden venir dados por pulsaciones de teclado, por aviso temporales, o por activación de diversos sensores como pueden ser sensores de colisión. En el siguiente

³ Blockly es una librería para desarrollar lenguajes visuales basados en bloques (similares a Scratch) licenciada por Google en 2012 y opensource

ejemplo vemos tres eventos, uno que hace que al iniciarse el juego el personaje se mueva todo el tiempo, y después dos eventos más que reaccionan a la pulsación de una tecla u otra

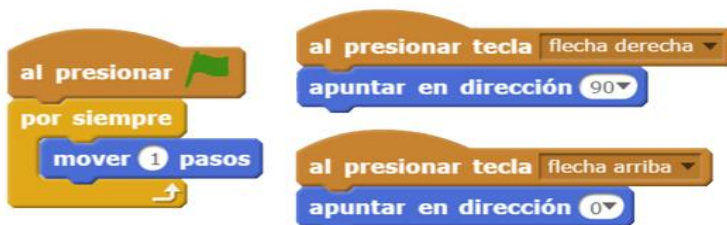


Figura 8: Ejemplo de eventos

- *Paralelismo*: El paralelismo es propio de la programación orientada a objetos. En un programa orientado a objetos no existe un único código ejecutándose, sino que podemos escribir tantos objetos como queremos y cada uno ejecuta de forma concurrente diferentes secuencias de instrucciones. Controlar el concepto del paralelismo no tan solo implica escribir códigos que se ejecutan de forma paralela, sino de establecer los mecanismos para comunicar unos objetos con otros. Usualmente esto se realiza mediante las instrucciones de mensaje. El ejemplo anterior (*ver Figura 8*) sería también un ejemplo de paralelismo, el mismo personaje gestiona tres códigos que se ejecutan de forma concurrente
- *Condicionales*: Los condicionales son las instrucciones que permiten activar una secuencia de código u otra en función de una condición. Esta condición puede ser el valor de una variable, la acción de un sensor, o el valor de la propiedad de algún objeto como puede ser la posición, la visibilidad, o el color. En el siguiente ejemplo el condicional se activa tan solo si tocamos el color marrón



Figura 9: Ejemplo de condicional

- *Operadores*: Los operadores lógicos y matemáticos son las instrucciones que permite gestionar los valores o propiedades y operar con ellos. Esto operadores incluyen usualmente operadores matemáticos (suma, resta, división, multiplicación, etc.), operadores lógicos (no, y, o, mayor que, igual, etc.) y

operadores de cadenas de caracteres (concatenar, extraer letras, longitud de una palabra, etc.). El siguiente ejemplo corresponde al cálculo de un controlador mediante la suma y la multiplicación de diferentes variables

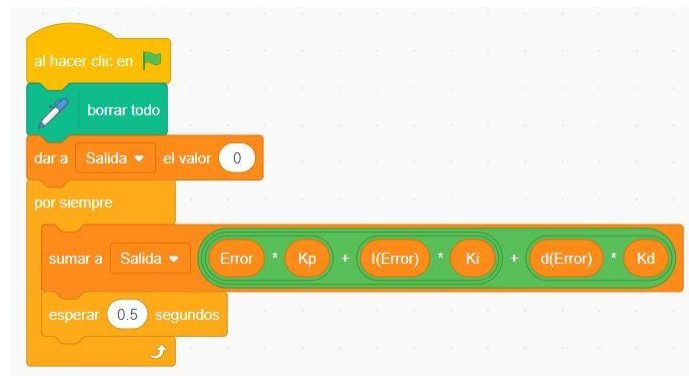


Figura 10: Ejemplo del uso de variables y operadores

- *Datos*: Para trabajar con datos es necesario guardar, leer y actualizar valores. En concreto Scratch permite trabajar con variables que almacenan datos únicos y listas que permite almacenar listados de datos

Al mismo tiempo complementan estos conceptos computacionales con unas propuestas de buenas prácticas al implementar diseños curriculares que tengan en cuenta el pensamiento computacional como son:

- Diseñar los proyectos para que sean incrementales e iterativos. Haciendo que los alumnos se acerquen a la solución paso a paso
- Introducir a los alumnos en las fases de test y debug. Es decir, trabajar en los proyectos utilizando fases de prueba, de búsqueda de fallos y de rediseño de forma cíclica
- Trabajar sobre contenidos ya creados para mejorarlos o adaptarlos. Provocando la discusión sobre la autoría, el reconocimiento y el trabajo cooperativo
- Utilizar la abstracción y la modularización para llegar a solventar problemas complejos utilizando trozos de código independientes y fáciles de entender de forma atómica

En cuanto a las perspectivas computacionales Brennan y Resnick (2012) hablan del enfoque de la práctica de la escritura del código como un modo de expresión artística,

un modo de socializar e interconectar con diferentes estudiantes y una forma de trabajar el pensamiento crítico.

Como puede observarse este concepto de pensamiento computacional, no es un concepto simple y unívoco, sino que dependiendo del autor y del intérprete existe una riqueza de matices que puede hacer derivar al autor hacia un enfoque u otro.

1.1.4. Logo, squeak, scratch y snap!: Lenguajes de programación para seres humanos

En este apartado vamos a realizar una revisión histórica de los diferentes lenguajes de programación que parten originalmente de la propuesta de Papert (1980), y analizaremos la diferentes aportaciones que cada uno de ellos añade a lo largo del tiempo.

En el libro *Mindstorms: Children, computer and powerful ideas*, Papert (1980) reflexiona sobre el dilema del ciempiés. Un poema corto originalmente atribuido a Katherine Craster. En este poema un sapo burlón hace reflexionar a un ciempiés sobre en qué orden mueve los pies, y mientras el ciempiés reflexiona sobre este tema acaba cayendo exhausto y olvidando como correr. Esta metáfora se utiliza para poner en evidencia como una cultura excesivamente racional puede hacer que pensar impida actuar. Y al mismo sirve para evidenciar la diferencia entre el aprendizaje verbalizable y racional, y el aprendizaje no verbalizable.

No obstante, la posición de Papert en este tema es mucho más flexible que esta posición dicotómica entre verbalizable y no verbalizable. Para Papert casi todo puede ser verbalizable, pero existe un límite de lo que puede ser expresado con palabras. Por esta razón, centra parte de su estudio en el desarrollo de lenguajes descriptivos para poder hablar sobre el aprendizaje. Utilizando de esta forma conceptos de lenguajes de programación como marco para aprender otro tipo de habilidades. Este nuevo lenguaje, se centra en la construcción de herramientas y técnicas que el estudiante puede utilizar construir su propio conocimiento verbalizando diferentes procesos y expresándolos utilizando un lenguaje cercano a sus propias experiencias. Estas

herramientas contribuyen a que el proceso de aprendizaje se transforme en una actividad autodirigida, activa y con un propósito personal para el alumno.

Logo

La propuesta de Papert para dar respuesta a esta necesidad de diseño de herramientas de aprendizaje es el lenguaje LOGO. En la implementación de este lenguaje se tienen en cuenta tres reglas que más tarde serán comunes para otras herramientas, estas tres normas son lo que denomina *low floor, high ceil y wide walls* (Resnick et al., 2009):

- El término *low floor* cuya traducción directa es suelo bajo, hace referencia a todas aquellas actividades que están diseñadas para que su compleción sea posible por todas las tipologías de alumnos. Es decir, bajo este criterio el objetivo principal de todas las actividades debe ser asumible mediante tareas simples para que pueda llevarse a cabo por todos los alumnos sin excepción alguna
- Al mismo tiempo el segundo término, *high ceil* (techo alto) hace referencia a las oportunidades que ofrece la herramienta para poder generar proyectos cada vez más complejos. Es decir, que los alumnos pueden completar fácilmente el objetivo primordial de la actividad, pero la propia herramienta ofrece posibilidades para explorar nuevas opciones y construir sobre la solución simple que se la ha proporcionado a la actividad propuesta
- Y por último el concepto *wide walls* (paredes anchas) hace referencia a la capacidad de la herramienta de dar cobertura tanto a diferentes estilos de aprendizaje como a diferentes proyectos e intereses. De esta forma no tan solo se permite al alumno construir nuevas propuestas que amplían la solución a la actividad propuesta, sino que la herramienta le permite explorar nuevas propuestas de forma colateral basadas en sus propios intereses



Figura 11: Versión física de la tortuga de Logo (Papert, 1980)

Squeak eToys

Con un objetivo muy similar al de Papert, Kay (2003) tiene claro que en el paradigma de la ciencia moderna los científicos no tan solo son expertos en su campo, sino que tienen un importante y profundo conocimiento sobre el proceso científico. Es decir, estos científicos tienen procedimientos muy asimilados sobre cómo evitar ser engañados, sobre cómo encontrar información con cierto nivel de confianza, y como ser críticos con los conocimientos propuestos. Estas metahabilidades son las realmente interesantes tanto por razones profesionales, como por razones ciudadanas, artísticas o de salud. El desarrollo de estas metahabilidades es lo que mueve a Kay a crear el software Squeak. Con Squeak lo que pretende Kay no es otra cosa que conseguir que los estudiantes aprendan a pensar mejor y más profundamente mediante una herramienta que sirve como un papel electrónico que proporciona nuevas formas para representar ideas.

Una de las aportaciones más relevantes de Squeak es el hecho de no diferenciar entre escritores y lectores. En Squeak no existe diferencia entre creador y usuario, sino que todo usuario puede ser editor al mismo tiempo. Es decir, cuando el usuario crea cualquier artefacto con Squeak no se genera nunca un producto final acabado, sino que lo que hace es compartir su creación y el lector que la recibe siempre puede modificarla. De hecho, el usuario puede modificar hasta el funcionamiento del propio Squeak. Cuando se programa en Squeak se pueden crear nuevos objetos usando este software

o se puede modificar el propio Squeak para que funcione de forma diferente. Esto es posible gracias a que Squeak está programado en un lenguaje reflexivo y realmente orientado a objetos como es Smalltalk. Este lenguaje, que fue también diseñado por el propio Kay en la época de los 70, posee una serie de características muy particulares que lo hacen realmente especial. Tanto que muchos de los lenguajes de programación orientados a objetos actuales toman como referencia conceptos desarrollados en la implementación de Smalltalk.

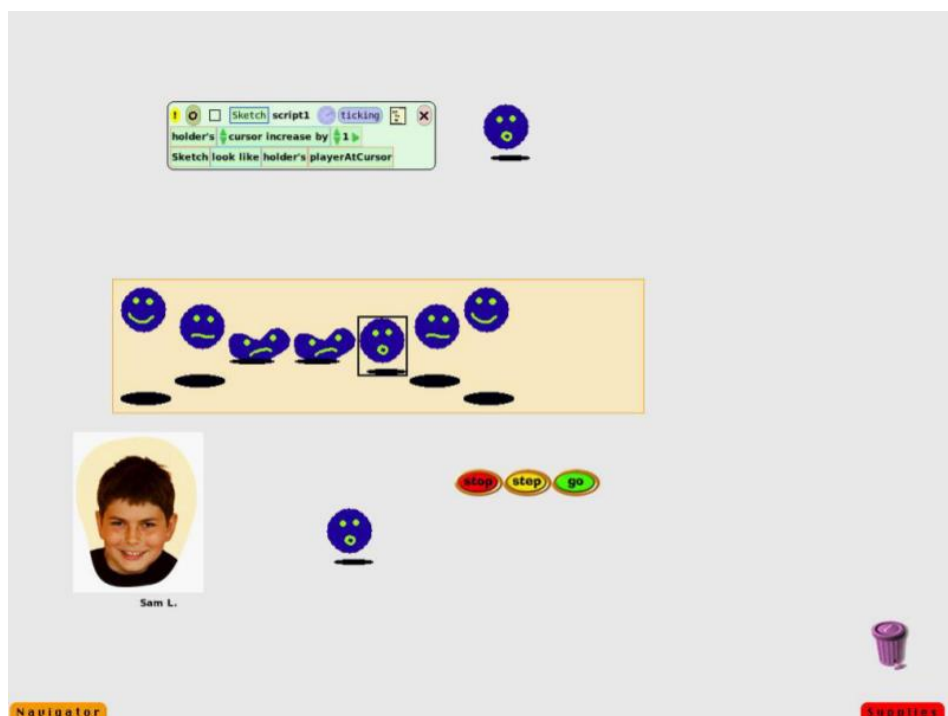


Figura 12: Squeak Etoys(Kay, 2005)

Aunque Kay (2005) se inspira en LOGO, para conseguir su objetivo de construir lo que él llama papel electrónico, cuando diseña Squeak añade funcionalidades que permiten trabajar con gráficos 2d, gráficos 3d, imágenes, vídeos, audios, texto, partituras MIDI, partículas, presentaciones, páginas web, etc. Otra diferencia respecto a LOGO es el uso del lenguaje propio de cada estudiante, Kay crea un sistema de traducción rápida para garantizar el multilinguaje. De esta forma un alumno de Francia puede programar en francés y cuando un alumno japonés lee el software que ha realizado este alumno francés puede leerlo en su propio idioma.

Dado que entre las primeras versiones de LOGO y el diseño de Squeak hay una diferencia de unos veinte años, hay conceptos que Papert no consideraba, como la

opción de compartir proyectos en tiempo real con otros usuarios geolocalizados en lugares muy distantes. Sin embargo, Kay puede plantear el uso de la red para realizar esas interacciones sociales tan necesarias en la construcción del aprendizaje de las que habla Piaget (1955) pero de forma online. En otras palabras, lo que Resnick (1996) considera construcción distribuida. Tal y como se comentó anteriormente Resnick comparte la idea de Minsky (1988) sobre la generación de conocimiento mediante la creación de espacios donde diferentes individuos comparten procesos cognitivos, y con Squeak Kay (2005) realiza una implementación de este concepto de forma distribuida a través de la red. Esta idea de generar conocimiento de forma colaborativa es algo que en la implementación de Squeak aparece como una característica añadida pero más tarde en la implementación de Scratch veremos que se consolida como una de las principales características del proyecto.

Squeak y el OLPC

Este software diseñado por el equipo de Alan Kay (Squeak etoys) será precisamente el motor creativo de una de las propuestas conceptualmente más revolucionarias del fundador y director del *MIT Media Lab* Nicholas Negroponte, el *One Laptop Per Child* (OLPC).

Durante el 1999 mientras Nicholas Negroponte y su familia fundaban una escuela en un pueblo remoto en Camboya, decidieron instalar un generador eléctrico, una conexión vía satélite y dar una serie de portátiles a los chicos del pueblo. Dichos portátiles sirvieron tanto para iluminar las casas de los estudiantes como para que los estudiantes enseñaran a sus familias como utilizar ordenadores. A partir de esta experiencia, en 2005 el MIT Media Lab funda una organización sin ánimo de lucro con la intención inicial de poder fabricar computadoras portátiles a un precio de coste de 100\$ y poderlas ofrecer a países en vías de desarrollo.

En el diseño original se planifica una máquina resistente, que trabaja con condiciones eléctricas adversas, que se puede leer bajo la luz directa del sol, sin disco duro, con un procesador modesto, que puede conectarse en red con dispositivos similares y a Internet si existe la posibilidad. Para estas máquinas se desarrolla un software basado en el sistema operativo Linux que incluye diferentes aplicaciones educativas, entre ellas el software Squeak de Alan Kay y más tarde Scratch.

Finalmente, el proyecto OLPC consiguió fabricar y distribuir entre 3 y 5 millones de portátiles en países como Brasil, Colombia, Nigeria, Pakistán, Ruanda, Tailandia, etc, implicando a empresas y organizaciones como AMD, eBay, Google, Marvell, Quanta Computer, Nortel, CitiGroup, News Corporation, American Development Bank y Naciones Unidas (Buchele y Owusu-Aning, 2007).

A pesar de que desde fuera puede verse como un proyecto sobre portátiles Negroponte siempre defiende desde el inicio que es un proyecto educativo. La mayoría de los detractores de dicha acción hacen hincapié en la falta de metodología y contenido educativo, pero la visión de Negroponte se asienta siempre en un enfoque constructor basado en las tesis de Papert. En este enfoque, la importancia reside en proporcionar las herramientas adecuadas para que suceda el *learning by doing and making* donde los niños pueden aprender explorando y descubriendo sus áreas de interés tanto dentro de clase como fuera, en vez de recibir información de forma pasiva. Esta acción responde a una crítica histórica por parte de Papert, que discrepaba de la forma como se llevó su software (LOGO) a las aulas, creando aulas de informática donde los estudiantes tenían acceso a los ordenadores tan solo durante un tiempo limitado y para la consecución de unas prácticas concretas. El resultado del paradigma propuesto por Negroponte fue que se generó un aprendizaje entre iguales donde estudiantes aprenden de otros estudiantes, y sus familias aprenden de lo que ellos están aprendiendo.

No obstante, la mayoría de las críticas documentadas respecto al proyecto OLPC apuntan siempre al modelo educativo (González, 2014). Algunas de estas críticas hacen referencia a la falta de formación, o al diseño pedagógico equivocado, aunque cabe la posibilidad que una interpretación de la propuesta pedagógica dentro de modelos didácticos tradicionales sea el germen de esta crítica. Por otro lado, en el mismo trabajo de González (2014) podemos ver documentadas diferentes críticas de carácter más técnico, como fallos en el funcionamiento del hardware o diferentes problemas de conexión. A pesar de dichas críticas, el proyecto OLPC generó toda una serie de cambios tanto en la línea del objetivo perseguido, como efectos colaterales. Por ejemplo: reducción de costes de estos netbooks, la utilización de netbooks en las aulas y situar el foco en el desarrollo del pensamiento computacional dentro de los currículos escolares como fue el caso de los proyectos 1x1 de la Generalitat de Catalunya, Conectar Igualdad en Argentina, y proyectos similares en Chile, Brasil, etc.

Scratch

Tomando como referencia directa el Squeak de equipo de Alan Kay, el LOGO de Papert, y combinando la experiencia del software Design by numbers (Maeda, 2001) y el LogoBlock (desarrollado por el equipo del MIT MediaLab para los robots LEGO Mindstorms) se diseña un nuevo entorno de programación llamado Scratch dentro del equipo Kinderlifelong (Resnick, Kafai y Maeda, 2003).

El público objetivo inicial de dicho software son los llamados Computer Clubhouses. Estos Computer Clubhouses son una iniciativa fundada por Mitchel Resnick y Natalie Rusk, que consiste en un programa extraescolar gratuito de aprendizaje tecnológico donde adultos trabajan con jóvenes de comunidades marginales en Estados Unidos. Este programa de Clubhouses sirve como base experiencial para las propuestas de diseño del software Scratch. A partir de dicha experiencia se extrajeron una serie de criterios de diseño, que indicaban cuando una herramienta de software resultaba exitosa en un entorno como este:

- La herramienta sirve para expresar intereses propios de los jóvenes
- Los jóvenes perciben el potencial de la herramienta
- El diseño del primer proyecto es rápido y sencillo
- Se pueden crear productos que se puedan mostrar a otros compañeros
- La herramienta se adapta a diferentes contextos y culturas
- Pueden aprender las características de la herramienta de forma gradual
- Pueden realizar acciones más complejas cada vez con la propia herramienta

Para dar solvencia a estos prerrequisitos el equipo de desarrollo decide diseñar una herramienta que por un lado permite programar utilizando una estructura de bloques de construcción (*ver Figura 13*). Estos bloques permiten realizar diferentes acciones con los elementos de la construcción y se encajan para formar algoritmos que describen diferentes procesos.



Figura 13: Ejemplo de programa con Scratch

Al mismo tiempo el software permite manipular diferentes medios como pueden ser imágenes, vídeos, sonidos o música. Es por lo que se incluye internamente un editor de imágenes vectoriales, un editor de imágenes tipo bitmap y un editor de audio. Otro punto importante es la capacidad de compartir contenidos y proyectos, para cumplir este objetivo, los desarrolladores diseñan un sistema donde de forma online los usuarios pueden compartir personajes, imágenes, animaciones, audios y trozo de código y reutilizarlos para sus nuevas creaciones. Paralelamente se diseña un sistema de localización⁴ muy potente que permite intercambiar proyectos, código, etc e interpretarlos correctamente en el lenguaje de destino incluso de forma dinámica sin requerir ninguna acción extra.

Estas características de diseño lo hacen un software ideal tanto para estos Clubhouses que se tomaron como objetivo inicial, tanto para la implementación en los OLPC, como para utilizarlo como vehículo para facilitar aprendizajes de diferente índole o materia dentro de una clase convencional. Es por ello de después de poco más de 11 años de vida actualmente el sitio web de Scratch contiene esa gran cantidad de proyectos y usuarios registrados.

Snap y Byob

Harvey y Mönig (2010) apuntan desde las primeras versiones de Scratch una serie de debilidades sobre su funcionamiento interno. Es por este motivo, que deciden rediseñar parte del código de Scratch para crear Snap (anteriormente conocido como BYOB). Snap consiste en una versión de Scratch donde se permite utilizar bloques para construir programas, y al mismo tiempo ofrece la posibilidad de diseñar nuevos

⁴ *Entendiendo por localización la traducción y adaptación cultural de un software.*

bloques a partir de los bloques ya existentes. De esta forma se implementa dentro de este rediseño de Scratch conceptos complejos de programación orientada a objetos, como son las funciones de orden superior, las funciones lambda, las listas de clases y la mejora del tratamiento de la recursividad. Estas aportaciones permiten tal y como afirman sus creadores “Bring no ceiling to Scratch”, haciendo referencia a la propiedad del techo alto (*high ceil*) de la que hablan Papert (1980) y Resnick (2007). Esta modificación es realmente importante ya que permite llevar a un nivel superior la metaprogramación del propio lenguaje. Algo que seguramente no es apreciable por los usuarios más jóvenes o inexpertos, pero para otros desarrolladores que utilizan este lenguaje de forma muy intensiva sí que es realmente interesante.

De hecho, esta característica de Snap es la que permite que posteriormente se implementen lenguajes derivados como es el caso de BeetleBlocks (Koschitz y Rosenbaum, 2012) o microBlocks (Maloney, Mönig y Romagosa, 2019).

BeetleBlocks y Microblocks

Tanto BeetleBlocks como microBlocks son lenguajes de programación con orientación educativa que derivan de Snap. De hecho, más que un lenguaje de programación diferente se podrían considerar versiones de Snap con ciertas características añadidas que los hacen únicos. Al mismo tiempo tanto uno como otro explotan una idea que la de aplicar las tesis de la programación creativa y el pensamiento computacional en entornos que tiene un resultado tangible fuera de la virtualidad de la pantalla (lo que anteriormente hemos definido como computación física).

Por un lado, BeetleBlocks es una modificación de Snap que se utiliza para crear objetos tridimensionales a partir de algoritmos. Es decir, mediante código se realiza un dibujo en tres dimensiones en la pantalla que después directamente puede ser materializable mediante una impresora 3d.

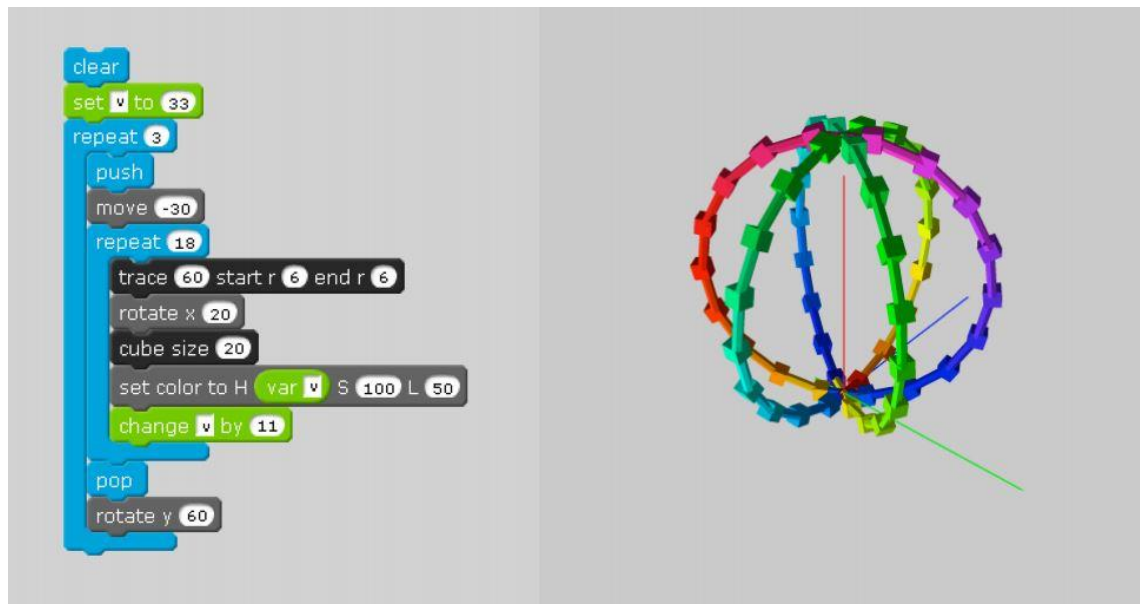


Figura 14: Esfera construida mediante bloques (Koschitz y Rosenbaum, 2012)

Según el propio Koschitz y Rosenbaum (2012) lo que hace este software es pasar de la *turtle geometry* a la *beetle geometry*. Es decir, que el puntero principal de dibujo, que en LOGO era una tortuga que se movía en dos dimensiones, pasa a poder moverse en un espacio tridimensional. Pudiendo de esta manera rotar, moverse o escalar tanto en el eje x, el eje y como en el eje z. Teniendo en cuenta que el eje de rotación está localizado en el centro del propio personaje. Al finalizar el proceso de dibujo, el alumno puede tanto explorar el modelo con el visor integrado, como generar un archivo en formato OBJ o en formato STL, que son los dos formatos más usuales de los objetos *physibles*⁵.

En cambio, microBlocks permite que la programación por bloques salga de la virtualidad del ordenador utilizando placas controladoras como microBit (Bell, 2015), Arduino, nodeMCU, Trinket, etc. Estas placas controladoras son miniordenadores del tamaño de una tarjeta de crédito con botones, leds, sensores y diferentes conexiones a las que se pueden conectar motores y otros actuadores.

⁵ Objeto en formato digital que puede ser fabricado mediante técnicas de fabricación aditiva como las que utiliza una impresora 3D.



Figura 15: Placa microBit de la BBC (Bell, 2015)

Con esta modificación de Snap los alumnos crean programas con su ordenador y los cargan dentro de estas placas para que funcionen de forma autónoma e inalámbrica. Estas placas permiten la conexión de diferentes sensores y actuadores, como motores, sensores de temperatura, sensores de tacto, altavoces, pulsadores, etc. De esta forma los alumnos consiguen que sus algoritmos interactúen de muchas formas distintas con elementos no virtuales.

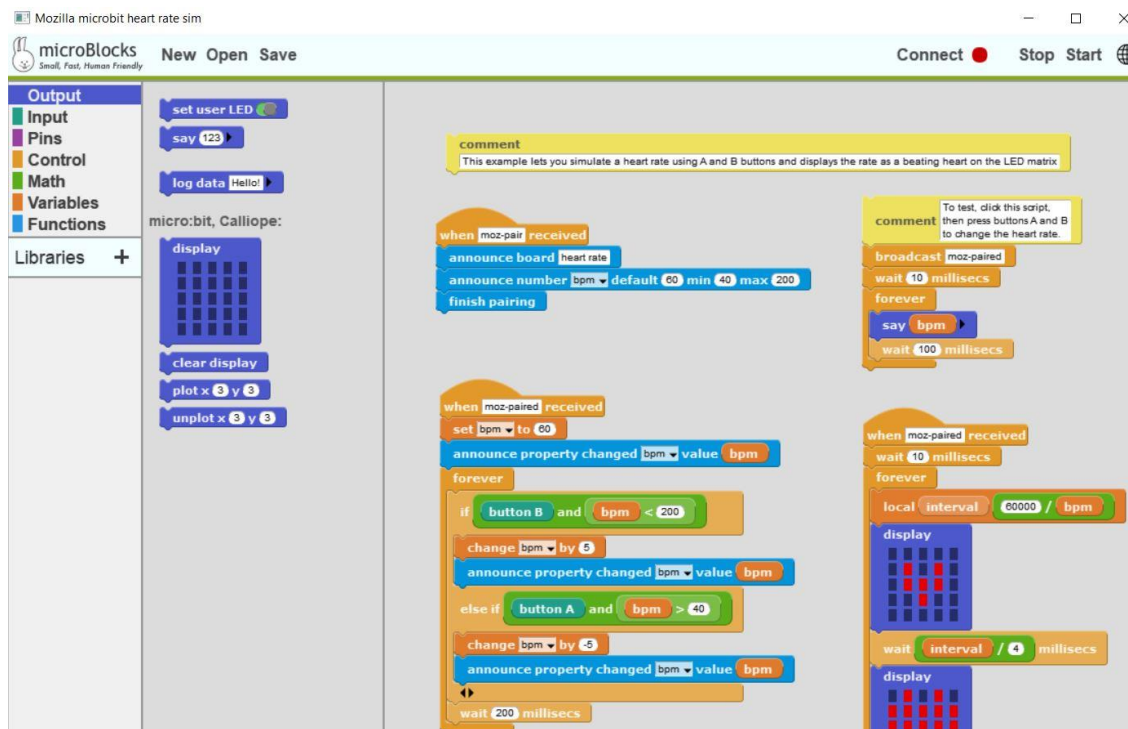


Figura 16: Captura de pantalla del programa microBlocks (Maloney et al., 2019)

Llegados este punto podemos observar cómo han evolucionado tanto las herramientas para llevar a cabo actividades de pensamiento computacional o computación creativa, y como estas herramientas tienden a desvirtualizarse. Desdibujando de esta forma, la frontera entre la virtualidad existente mientras utilizamos un ordenador para crear algoritmos y la tangibilidad de las acciones de estos algoritmos en el espacio no virtual.

1.1.5. Evitando el tecnocentrismo

Autores como Boninger, Molnar y Saldaña (2019) son realmente críticos con el exceso de dedicación en los programas escolares a comprender el funcionamiento de una u otra tecnología, o critican el rol de la máquina como profesor en detrimento de actividades donde se potencia una educación más de carácter cívico y social, o donde se desarrollan habilidades interpersonales. Al mismo tiempo evidencian que el aprendizaje muchas veces no tiene carácter secuencial y siguiendo un sistema de habilidades predefinidas podrían estar inhibiendo el logro de objetivos educativos más amplios. Desde otro punto de vista, Brennan (2015) nos recuerda como Papert fue muy crítico cuando el aprendizaje empieza y acaba con la tecnología, olvidando la complejidad del entorno donde situamos esta tecnología. Aunque Papert lo apuntaba hace más de treinta años, en muchas implementaciones actuales puede estar

sucedido nuevamente. El número de artilugios tecnológicos, herramientas de software y metodologías para el aprendizaje de la programación, que actualmente están en auge, pueden desbordar a cualquier profesor recién llegado a estas lides, y lo que es peor, puede hacer que se pierda el objetivo final del aprendizaje de dicha tecnología.

Una de las propuestas usuales para defenderse de este tecnocentrismo pasa por vetar tanto las tecnologías digitales como el acceso a la red a los alumnos, excepto en ocasiones concretas para realizar algunas actividades pautadas. Algo que choca directamente con la realidad de muchos alumnos que viven rodeados de tecnología fuera de la escuela. En el caso contrario, el enfoque tecnocentrista se da cuando el profesor dedica el tiempo al aprendizaje de la herramienta tecnológica sin concretar una finalidad más allá que el aprendizaje del uso de estas. Un proceso donde el uso de la tecnología está al servicio del aprendizaje y no al contrario, es un proceso que debe estar guiado por una teoría del aprendizaje que dote de sentido al rol de la tecnología dentro del proceso (Brennan, 2015).

Aunque el objetivo no es centrar todo el trabajo del alumno en el aprendizaje de la herramienta, para poder centrarnos en la finalidad de utilizar las herramientas como medio y no como finalidad necesitamos dedicar tiempo al aprendizaje del uso de la herramienta. Brennan (2015) opina que puede ser poco acertado adoptar la narrativa de Prensky (2001) donde por el mero hecho de haber nacido digital (*nativo digital*) un alumno tiene una habilidad innata con el uso de la tecnología. Más bien podríamos decir que esa descripción que Prensky realiza de los nativos digitales no hace referencia a lo que son los nativos digitales sino más bien a lo que deberían ser. En particular diferentes estudios (Ito, 2009) ofrecen datos sobre como la mayoría de software que utilizan los jóvenes pertenecen a la categoría de *edutainment*⁶ donde las actividades de carácter creativo utilizando tecnologías digitales son relativamente poco comunes.

Así pues, el objetivo en las aulas debería ser utilizar los ordenadores como oportunidad para explorar los procesos internos a la hora de pensar y reflexionar sobre el propio aprendizaje. Como oportunidad para compartir y participar de la cultura digital en

⁶ El *edutainment* o *entretenimiento educativo* es contenido diseñado con el objetivo de educar que apela al entretenimiento de forma colateral o accidental.

forma de interacciones online. Y como oportunidad para personalizar el proceso educativo aprovechando los diferentes estilos de aprendizaje.

1.1.6. Antecedentes

En esta sección se pone el foco en el análisis de diferentes casos relacionados con el estudio que nos ocupa, para confeccionar un estado de la cuestión donde se apuntan los diferentes matices sobre el tema que más tarde serán necesarios. Dentro de esta selección de trabajos relevantes aparecen tanto análisis de diferentes estudios realizados por el investigador como algunos estudios relacionados con la computación creativa y/o el pensamiento computacional que se consideran de especial relevancia.

1.1.6.1. Resultados del estudio del “Mooc: Robots y videojuegos en las aulas”

Durante los meses de marzo y abril de 2014 el investigador tuvo la suerte de participar en una experiencia realmente novedosa como formador. Dicha experiencia consistía en el diseño, tutoración y evaluación de un curso de tipo MOOC⁷ orientado a profesores de educación primaria y secundaria interesados en la computación creativa y la robótica educativa (Araujo, Fernandez, Garcia, Rodriguez y Rovira, 2015).

La experiencia fue innovadora en diferentes aspectos. Por un lado, fue muy enriquecedora para el investigador ya que, a pesar de tener experiencia en la formación de dichos contenidos, no tenía ninguna experiencia en el diseño de este tipo de formato (aunque la experiencia del resto de colaboradores del proyecto hizo la tarea bastante más sencilla de lo que parecía en un primer momento). Al mismo tiempo, fue novedosa dentro del ámbito de los MOOC ya que era el primer curso de estas características (al menos para la plataforma MiríadaX⁸) que requería el uso de hardware y evaluaba los resultados del trabajo de los alumnos con dicho hardware. Y por último fue atípica para el propio Departament d’Ensenyament de la Generalitat, ya que se pactó el reconocimiento del curso dentro del catálogo de actividades formales para profesores del propio departamento y esto conllevó toda una serie de hándicaps no previstos.

⁷ *Massive Online Open Course.*

⁸ *Plataforma online de cursos en formato MOOC*

Handicaps tanto para el reconocimiento de compleción, como para la comunicación de la plataforma externa con los aplicativos propios de la institución.

Paralelamente a la ejecución del curso se recogieron datos relevantes para la elaboración de un estudio paralelo que se publicó en el libro *Global e-learning* (Araujo et al., 2015).

De los resultados obtenidos podemos destacar tres aspectos relevantes. El primer aspecto para considerar es el de los resultados en numéricos del curso. El número de profesores inscritos superó los 5500, de los cuales, más de un 54% finalizó el curso. Este dato es relevante en cuanto a que denota un interés importante por parte de los docentes respecto a estos temas (aunque la inscripción en el curso no estaba limitada tan solo a docentes el 78% afirmaron serlo). De los alumnos que finalizaron el curso, el 83% se mostró satisfecho con los contenidos, y el dato más interesante que destacaron fue la disponibilidad de los vídeos para su uso a posteriori. De hecho, desde la puesta en marcha del curso, podemos deducir que seguramente algunos de estos profesores siguieron utilizando los vídeos como recursos didácticos ya que el número de visitas al material audiovisual siguió creciendo con el tiempo. Inicialmente, al finalizar el curso los vídeos más visitados tenían unos pocos miles de visitas y actualmente, como se puede apreciar en la *Figura 17* la mayoría de los vídeos tienen decenas de miles de visualizaciones.



Figura 17: Portada del canal del curso Robots y videojuegos en las aulas

El segundo aspecto relevante fue el contenido resultante generado por los propios alumnos. Los cursos de tipo MOOC tienen realmente sentido cuando son masivos. Como Araujo et al. (2015) indican, el reto realmente importante en este tipo de cursos es la dinamización online para conseguir la participación por parte de los alumnos. Y el éxito de esta dinamización pasa en primer lugar por tener una gran masa de alumnos, algo que en este caso sí que existía. Con ese volumen de alumnos y la obligatoriedad de implicarse en la revisión de tareas de otros alumnos mediante actividades de tipo *peer to peer*⁹, los resultados fueron mucho mejor de lo esperado. Uno de los ejercicios consistía en generar una unidad didáctica donde se aplicasen los conceptos trabajados y compartirla con el resto de los usuarios. De esta forma no tan solo se generó el material audiovisual por parte del docente, sino que parte del foro donde se comunicaban estas actividades, se convirtió en un repositorio de actividades realmente interesantes para el resto de los docentes.

⁹ Evaluación entre iguales



Figura 18: Captura del curso Robots y videojuegos en las aulas (Rodríguez, 2014)

El tercer aspecto a considerar fue la gran acogida que tuvo una técnica utilizada fruto de la deliberación previa en la fase de diseño. Una de las posibles amenazas que la experiencia docente en estas lides nos advertía, era la posibilidad de que los profesores (fruto de su defecto profesional) necesitaran controlar todos los posibles resultados y/o todas las posibles actividades. Contradiendo de esta forma el enfoque de la computación creativa que busca por parte del alumno la apropiación tecnológica y la exploración lúdica (*playful exploration*). Al mismo tiempo se quería mostrar la transversalidad de la computación creativa en áreas más artísticas y menos técnicas. Para conseguir este fin se consideró oportuno que parte de las actividades del curso estuviesen explicadas por diferentes alumnos, haciendo más cercano al ámbito aplicación final los diferentes contenidos (*ver Figura 18*). Y ofreciendo de esta forma, enfoques y actividades muy diversas fruto de la apropiación tecnológica de los propios alumnos.

Otro de los resultados a considerar de este estudio fue la perspectiva de género. De los participantes en el curso tan solo el 26% fueron mujeres, de las cuales en su gran mayoría procedían de países de origen latinoamericano. Más adelante volveremos a este punto, para tratar las posibles causas de este sesgo de género.

1.1.6.2. Estimulando la creatividad y el espíritu crítico a través de la robótica

En el trabajo de Muntaner-Perich (2012) se describe un proyecto enmarcado en la innovación educativa y la cooperación para el desarrollo. En este proyecto se estimula la creatividad y el espíritu crítico de los alumnos y profesores de Shanti Bhavan (una escuela rural en el sur de la India) a través de talleres sobre robótica e inteligencia artificial. De la misma forma que en el proyecto OLPC, se enfoca la acción con el objetivo de conseguir que los alumnos devengan los agentes del cambio dentro de sus propias comunidades. Consiguiendo que colaboren y aporten consciencia crítica sobre los problemas que les rodean y adquieran conocimientos que puedan ayudarles a iniciar sus propios proyectos.

Según las fuentes citadas por Muntaner-Perich el 70% de la población de la India vive en áreas rurales, donde aproximadamente más del 40% de dicha población vive con menos de 1,25\$ al día. En concreto, el área rural donde se ejecuta el proyecto forma parte de una de las zonas más desfavorecidas con alumnos de familias desestructuradas que en un gran porcentaje viven por debajo del umbral de la pobreza. Para conseguir el objetivo principal del proyecto, Muntaner-Perich no tan solo diseña los talleres prácticos que se llevan a cabo en la escuela, sino que capacita a diferentes profesores para la replicación del taller y diseña el formato de las actividades para que puedan reiterarse una vez finalizado el proyecto.

En el diseño metodológico de la propuesta educativa, dicho investigador apuesta por un aprendizaje empírico y vivencial donde los propios alumnos deben colaborar y resolver problemas tanto mediante la interacción con los compañeros como con el diseño de soluciones mediante la generalización y la obtención de conocimiento, siguiendo los patrones del pensamiento computacional de Wing (2006) y las teorías construccionistas de Papert (1980).

De los diferentes resultados y conclusiones de Muntaner-Perich posiblemente el recurso más útil para enfocar el presente estudio sea una adaptación que realizó de la conocida taxonomía de Bloom. En esta adaptación incluye algunos verbos y los relaciona con alguna de las habilidades trabajadas durante los talleres que llevó a cabo en Shanti Bhavan (*ver Figura 19*). En el siguiente esquema podemos observar los verbos

reconocidos de la taxonomía revisada de Bloom (Anderson, Krathwohl y Bloom, 2001) y los verbos subrayados que hacen referencia a los verbos propios del entorno de robótica educativa.

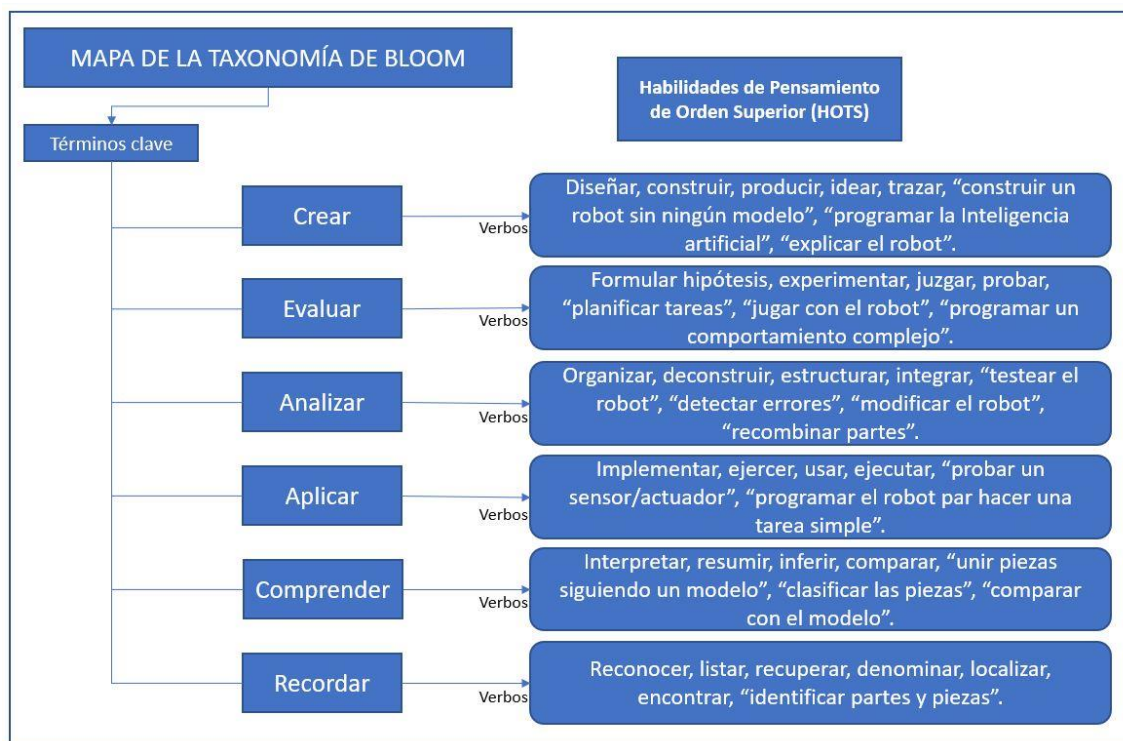


Figura 19: Taxonomía de Bloom aplicada a la robótica educativa(Muntaner-Perich, 2012)

1.1.6.3. Sistemas automáticos de análisis de proyectos

Para llevar a cabo las investigaciones de Brennan y Resnick (2012) en referencia al pensamiento computacional, utilizan un software propio para cuantificar la evolución de ciertas habilidades relacionadas con el pensamiento computacional. Dicho software al que denominan *Scrape User Analysis* realiza una contabilización de qué tipos de bloques (elementos de Scratch) utilizan los alumnos, de esta forma se puede generar un perfil del estilo de programación que realiza el alumno. Esta implementación es similar a la llevada a cabo por Moreno-León, Robles y Román-González (2015). Estos investigadores de la Universidad Rey Juan Carlos generaron una aplicación online llamada *Dr. Scratch*, donde a partir de un proyecto programado utilizando el lenguaje Scratch se realiza un análisis del estilo de programación del alumno que ha generado en el código.

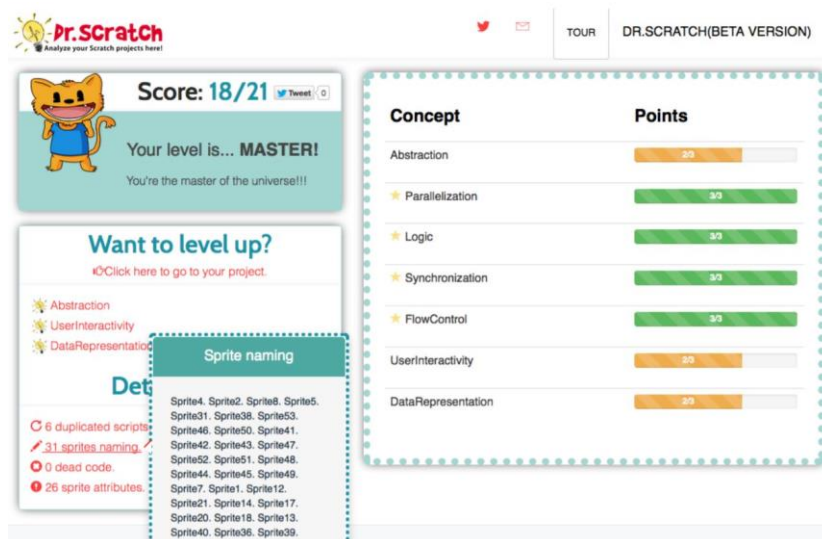


Figura 20: Captura del software Dr. Scratch (Moreno-León et al., 2015)

Estos sistemas de análisis del código de los alumnos permiten efectivamente evidenciar el estilo de programación de los alumnos y permiten saber hasta qué punto están utilizando estructuras más o menos complejas para resolver diferentes retos.

Pero tal y como explica Zapata-Ros (2015, p. 6) “Lo importante no es el software que escriben sino lo que piensan. Y sobre todo en qué piensan”. Es cierto que si se utiliza como referencia la definición de pensamiento computacional que hace la *Computer Science Teachers Association (CTSA)* o la *International Society for Technology in Education (ISTE)* y la pauta de implementación curricular propuesta por ambas, este tipo de software y de análisis de estilo de programación encaja a la perfección. No obstante tanto en el artículo original de Wing (2006) como en la apreciación posterior de Zapata-Ros podemos desgranar toda una taxonomía de competencias que derivan del pensamiento computacional que abarcan las habilidades propias de la creación de código pero se expanden con toda una serie de competencias que van mucho más allá de la praxis de la creación de código.

1.1.6.4. Impacto del pensamiento creativo con Scratch

Bustillo-Bayón, Vizcarra-Morales y Aristizabal-Llorente (2014) en su análisis del uso de scratch por parte de reclusos del centro penitenciario de Nanclares, realizan observaciones sobre el impacto que tienen este tipo de actividades sobre el desarrollo del pensamiento creativo. Este artículo se ha seleccionado por dos motivos. En primer lugar, para medir el y posttest que guarda ciertas similitudes con el presente estudio. Y

por otro lado el software utilizado para trabajar el pensamiento creativo en los talleres es Scratch, que es el mismo software que se utiliza en el presente estudio.

Para analizar el impacto que tiene el uso de Scratch en los talleres propuestos el estudio utiliza diferentes indicadores. Por un lado, utiliza instrumentos como diarios, entrevistas, encuestas y cuestionarios, para elaborar un análisis cualitativo tanto del grado de satisfacción de los asistentes al taller, como de la mejora en las aptitudes y la relación con los funcionarios encargados del centro, como de las dificultades encontradas en el desarrollo de dichos talleres. Pero la metodología de análisis de testeo dinámico es la que resulta más interesante y más cercana al desarrollo del presente estudio.

Para analizar el impacto del pensamiento creativo Bustillo-Bayón, Vizcarra-Morales y Aristizabal-Llorente (2014) utilizan el test CREA que es un instrumento reconocido para la medida de la creatividad. Y para estudiar la mejora de esta capacidad utilizan un análisis dinámico que consiste en un pretest anterior al desarrollo de la actividad y un posttest posterior al desarrollo de la misma. Una vez obtenidos los datos, dado que la muestra en su caso entendemos que sigue una distribución normal, aplican el método t-student para contrastar las medidas del pretest y el posttest obteniendo un indicador fiable que indica que la ejecución de la acción ha tenido una influencia positiva.

Este proceso metodológico es interesante pero no replicable de forma idéntica en el presente estudio ya que en nuestro caso la distribución de parte de la población no sigue el patrón de una distribución normal, así que a pesar de que la metodología puede ser similar no se puede utilizar la misma prueba para realizar el análisis de resultados. Una posible crítica al estudio de Bustillo-Bayón, Vizcarra-Morales y Aristizabal-Llorente es que la muestra que se propone es bastante pequeña y por tanto poco representativa. Al mismo tiempo al no disponer de un grupo de control, es complicado afirmar que la evolución del propio test no sea la evolución natural al realizar un proceso de retest, o que la mejora en el posttest no se ha debido a otros factores que escapen al control de los investigadores.

1.1.7. La perspectiva de género dentro en las asignaturas tecnológicas

Dentro de este capítulo el investigador considera importante destinar al menos un apartado a explicitar ciertos antecedentes y consideraciones previas respecto a la perspectiva de género dentro del contexto en el que se enmarca el estudio. Este contexto no es otro que el de los contenidos propios de las áreas de tecnología y en concreto los referentes a la computación.

Actualmente las mujeres representan un porcentaje minoritario en las profesiones vinculadas con la ciencia y la tecnología. En el estudio Científicas en Cifras 2015 (Puy, 2016), se destaca que la proporción de mujeres en el conjunto del personal investigador en España es del 39% y del 33% en la Unión Europea, cifras que se mantienen estables desde el primer estudio realizado en 2009. Otro dato relativo al desarrollo de la carrera investigadora y académica es que las mujeres tan solo representan el 21% del profesorado catedrático de universidad en las universidades públicas españolas. Datos de OCDE (2015) muestran que la brecha de género en las universidades ha dado un giro muy relevante en las últimas décadas; las mujeres representaron el 58% de los graduados universitarios en 2013. Sin embargo, de los graduados universitarios, el 64% de los graduados en educación, humanidades y ciencias sociales eran mujeres, y el 31% en grados de ciencias e ingeniería.

Numerosos estudios apuntan varios motivos por los cuales las chicas escogen minoritariamente las carreras STEM (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas). Los estereotipos sociales son uno de los motivos que se apuntan, entre los cuales se vinculan los mensajes de rol de género difundidos por los medios de comunicación, la escasa visualización de modelos femeninos referentes, o los estereotipos de género e inteligencia (Bian, Leslie y Cimpian, 2017). En el trabajo de Bian, Leslie y Cimpian donde tomaron como objetivo un grupo de chicos y chicas de entre 5 y 7 años, observaron como la consideración del propio género y la capacidad intelectual variaba considerablemente entre los alumnos de 5 años y los de 6 y 7. Para los alumnos de 5 años su propio género es el más brillante intelectualmente, pero a partir de los 6 años esa percepción cambia. A partir de los 6 y 7 años el porcentaje de chicas que consideran más brillante intelectualmente el género masculino se incrementa y en el caso de los chicos permanece en los mismos parámetros. Todo ello a pesar de que los resultados escolares son mejores para las chicas que para los chicos.

Otros estudios arrojan la hipótesis de la existencia de una pertenencia social, donde los jóvenes se asocian con asignaturas vinculadas socialmente a su género o a la creencia de autoeficacia en estas asignaturas. Entendiendo por autoeficacia la percepción de la capacidad de tener éxito en un área o tarea concreta.

En el estudio de Tellhed, Bäckström y Björklund (2017) se recogen datos de más de 1300 estudiantes de secundaria suecos sobre la percepción de autoeficacia y la pertenencia social diferenciando carreras de categorías STEM (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas) y carreras de categorías HEED (enfermería, educación infantil, educación primaria). Analizando los resultados los investigadores llegan a la conclusión que las chicas en mayor grado que los chicos se decantan por carreras de tipo HEED sobre todo por su percepción estereotipada de baja autoeficacia en las habilidades relacionadas con las carreras STEM. Por otro lado, el estudio hace hincapié en que por defecto, los adultos tienden a interactuar con la gente del mismo género y junto con la necesidad de pertenencia social a un grupo u otro hacen que se acaben generando percepciones de carreras de chicos y carreras de chicas. Por tanto, el mismo estudio alienta a promover la autoeficacia en las competencias STEM dentro del alumnado femenino y a generar vínculos para romper los estereotipos sociales que impiden que chicos se sientan inclinados hacia carreras HEED y chicas hacia las carreras STEM.

El estudio de Vázquez y Manassero (2009) orientado en una línea de trabajo similar a los dos anteriores, analiza las vocaciones científicas y tecnológicas de 740 alumnos de secundaria de Baleares. En dicho estudio identifican factores diferenciales entre chicos y chicas de secundaria en relación con las vocaciones tecnológicas y científicas, destacando la preferencia de las chicas por los trabajos de carácter social o de ayuda altruista (motivación intrínseca), en contraste con la preferencia de los chicos por los trabajos que aportan un reconocimiento social, éxito profesional o un mayor estatus (motivación extrínseca). Así pues, la preferencia de las chicas por las ciencias sociales y las ciencias de salud podría significar la búsqueda de sentido a su profesión (motivación intrínseca).

Si aglutinamos las diferentes conclusiones de los estudios analizados en referencia a la brecha de género dentro de los contenidos de carácter tecnológico, podemos concluir

que se identifican tres factores principales que motiva dicha brecha de género (Rodríguez y Bernadó, 2018):

- Falta de referentes que puedan romper estereotipos y potencien el sentido de pertenencia social a un grupo concreto
- Falta de percepción de la autoeficacia respecto a contenido de carácter STEM
- Alineación de las diferentes carreras STEM con motivaciones no puramente extrínsecas

Más adelante recuperaremos estos factores cuando realicemos el análisis de los resultados de nuestra investigación.

1.2. Las funciones ejecutivas como variables de estudio

Llegados a este punto, hemos contextualizado el entorno de la acción que se plantea y hemos revisado bibliografía sobre computación creativa y pensamiento computacional. Al mismo tiempo hemos comprobado como la intencionalidad de los diferentes autores no es únicamente la de trabajar la algorítmica de una u otra forma, sino dotar a los alumnos de ciertas habilidades y capacidades mediante el desarrollo de este tipo de actividades. Muchas de las habilidades enumeradas tanto por Wing (2006), como por Zapata-Ros (2015), como por Brennan y Resnick (2012) como son: la organización lógica de la información, la resolución de problemas, el reconocimiento de patrones, la abstracción de soluciones, la automatización de soluciones mediante algoritmos, la metacognición, o el pensamiento abstracto, veremos en este capítulo como tienen una relación directa con las diferentes funciones ejecutivas desarrolladas por el lóbulo frontal del cerebro.

Para ello, en primer lugar, vamos a contextualizar históricamente qué son las funciones ejecutivas y de qué estamos hablando cuando nos referimos a ellas.

1.2.1. Inteligencia general, inteligencia fluida e inteligencia cristalizada

Originariamente Spearman (1904) dedica parte de su investigación a obtener algún índice lo más objetivo posible para medir lo que él denomina *inteligencia general*. En sus estudios, Spearman utiliza un elemento llamado *factor g* como unidad de medida de dicha inteligencia. Esta primera definición de inteligencia consideraba que las diferentes habilidades cognitivas estaban intrínsecamente relacionadas entre sí, con lo

que midiendo tan solo algunas habilidades se obtenía un índice g que era válido para el resto de las habilidades. Más tarde, Cattell (1963) diferenció entre la inteligencia fluida y la inteligencia cristalizada. Dividiendo la medida de las diferentes actividades cognitivas en dos factores independientes. En concreto, el factor que mide la *inteligencia fluida* hace referencia a las habilidades para resolver nuevos problemas, el razonamiento lógico, la identificación, la extrapolación y la resolución. Es por esta razón que alguna de las pruebas que se utilizaban para medir el denominado *factor g* pueden perfectamente utilizarse para medir ciertas habilidades cognitivas que se consideran parte de la *inteligencia fluida*.

Más recientemente Duncan et al. (2000) recuperan el concepto de inteligencia fluida y el índice g de Spearman y mediante diferentes pruebas empíricas correlacionan directamente este índice con la actividad del lóbulo frontal y por tanto con las denominadas funciones ejecutivas. Determinando que las funciones ejecutivas tienen un papel crucial en el *factor g*.

1.2.2. Desarrollo histórico de las funciones ejecutivas

Históricamente las funciones ejecutivas derivan de los estudios clínicos sobre pacientes que presentan lesiones en el córtex prefrontal. Durante finales del siglo XIX y principios del XX las investigaciones se centran en la conocida patología del lóbulo frontal. En concreto en 1923 Feuchtwanger denomina dicha patología como síndrome de lóbulo frontal y la relaciona directamente con cambios en la personalidad, la motivación y la conducta. Más adelante, durante los años 60 se relaciona esta actividad del lóbulo frontal con la regulación de la conducta, la capacidad de abstracción, la resolución de problemas y la consciencia (García, 2012).

Más tarde Lezak (1982) nos ofrece una de las primeras definiciones de funciones ejecutivas, estableciendo dicho concepto como las capacidades mentales esenciales para llevar a cabo una conducta eficaz, creativa y socialmente aceptada. Estableciendo como componentes básicos de estas capacidades la habilidad para formular metas y la estrategia para planificar y lograr objetivos. Más adelante Baddeley (1986) agrupa dichas funciones ejecutivas en diferentes dominios cognitivos que incluyen la planificación, la organización de conductas, inhibición, flexibilidad cognitiva, fluidez verbal e iniciación.

Durante los 80 y los 90 los avances en neuroimagen revelan que existe una implicación de diferentes estructuras neuronales como pueden ser el sistema límbico y el tálamo en las funciones ejecutivas. Este avance es considerablemente importante ya que diferencia las funciones ejecutivas como un conjunto de habilidades, y el síndrome prefrontal como síntomas derivados de una lesión del lóbulo frontal. A partir de este momento los estudios se centran en analizar la existencia de diferentes subcomponentes de estas funciones ejecutivas, categorizarlos, estudiarlos y clasificarlos.

1.2.3. Las funciones ejecutivas

Llegados a este punto histórico podemos definir las funciones ejecutivas o habilidades cognitivas de control como una serie de procesos mentales que toman parte cuando uno intenta concentrarse, prestar atención, o planificar la ejecución de una acción en la que el modo automático, instintivo o intuitivo no es insuficiente. A pesar de que existen diferentes enfoques en cuanto al funcionamiento interno de dichas funciones, podemos encontrar una coherencia en los diferentes autores en cuanto a la localización de estas funciones (lóbulo frontal) y en cuanto a la importancia del estrés, la falta de sueño, la soledad y la falta de ejercicio físico para el buen funcionamiento de éstas.

Según Miyake et al. (2000) existen tres funciones ejecutivas principales: el control de la inhibición que también hace referencia a la atención selectiva y la inhibición del comportamiento; la memoria de trabajo; y la flexibilidad cognitiva, flexibilidad mental o el cambio de contexto mental (esta última muy relacionada con la creatividad).

Control inhibitorio

El control inhibitorio es el conjunto de habilidades que se utilizan para controlar la atención propia, el comportamiento, los pensamientos y las emociones sobreponiendo la voluntad a las diferentes predisposiciones internas o atracciones externas. Sin este control inhibitorio estaríamos a merced de los impulsos, las respuestas condicionadas o los estímulos del entorno (Diamond, 2013).

Dentro de lo que se considera control inhibitorio, el control de la atención hace referencia a la capacidad de seleccionar el foco de atención a voluntad y suprimir el resto de los estímulos. O, al contrario, mediante esta habilidad podemos elegir ignorar un estímulo concreto y atender al resto, teniendo en cuenta un objetivo o una intencionalidad.

Otra de las funciones de este control inhibitorio es el control de interferencias. Esta función hace referencia a la habilidad para suprimir pensamientos o memorias no deseadas y resistir interferencias de informaciones recientes. Este control cognitivo o control de interferencias está muy relacionado con la memoria de trabajo.

Por último, otro aspecto de este control inhibitorio es el autocontrol, o control del comportamiento. Esa habilidad se utiliza para controlar el comportamiento propio sobre las emociones. Como por ejemplo, cuando se controlan actos impulsivos teniendo en cuenta diferentes normas de interacción social, o cuando controlamos la impulsividad de cambiar de tarea cuando aún no hemos finalizado la tarea actual. Sin esta disciplina que retrasa la gratificación sería imposible completar tareas a largo plazo. Diamond (2013) pone como ejemplo las situaciones donde un niño tarda en dar una respuesta, en ese caso el niño está apartando un estímulo de respuesta automática y está dando paso a la activación de la respuesta correcta. En el famoso ejemplo del test de conservación de volumen de líquido de Piaget (1941) sucede algo similar. El experimento consiste en que los niños vean cómo se vuelca la misma cantidad de líquido en recipientes de estructura diferente y observen cómo en unos casos el líquido llega más arriba o más abajo (debido a la forma del recipiente). En esta acción los niños de 4 a 5 años se dejan llevar por los estímulos visuales y dan una respuesta automática indicando que el tamaño de líquido es diferente. Al contrario, los niños de 6 a 11 años tardan en dar una respuesta, pero el control de inhibición en la mayoría de los casos funciona correctamente.

Memoria de trabajo

La memoria de trabajo es la memoria que retiene temporalmente la información necesaria para llevar a cabo una actividad concreta. Este tipo de memoria es necesaria cuando reordenamos elementos, cuando traducimos instrucciones en acciones, consideramos alternativas, escribimos una oración, retenemos en memoria un evento anterior para saber qué pasará después, etc. Al mismo tiempo esta memoria de trabajo

no tan solo retiene información como una memoria a corto plazo, sino que permite manipular dicha información.

Un aspecto a tener en cuenta es la relación de esta memoria de trabajo con el control de inhibición. Ambas habilidades funcionan de forma coordinada ya que el control de inhibición es el que permite que la memoria de trabajo retenga tan solo la información necesaria para completar la tarea actual y elimine pensamientos o estímulos recientes de dicha memoria.

Flexibilidad cognitiva

Uno de los aspectos interesantes de la flexibilidad cognitiva es la habilidad para cambiar de perspectiva espacial o interpersonal. Para realizar este cambio de contexto, es necesario inhibir o desactivar la perspectiva previa y “cargar” en la memoria de trabajo la perspectiva requerida. Como se puede observar esta función de flexibilidad cognitiva tiene una directa relación tanto con la memoria de trabajo como con el control de inhibición. Según Diamond (2013) esta función está muy relacionada con el concepto *think outside the box*, que hace referencia a cambiar el enfoque en la resolución de un problema cuando el enfoque adoptado previamente no llevó al éxito.

Al mismo tiempo esta flexibilidad alberga la habilidad para ajustar los cambios o prioridades surgidos durante el desarrollo de una planificación. Como por ejemplo el reconocimiento de una planificación errónea, o la capacidad de aprovechar posibles ventajas no esperadas durante la ejecución. Según Diamond (2013) estas funciones ejecutivas están relacionadas con problemas como las adicciones, el déficit de atención, los desórdenes de conducta, la depresión y los trastornos obsesivos compulsivos.

En el siguiente esquema (*ver Figura 21*) sintetizado por el investigador a partir de la publicación de Diamond (2015), podemos ver la relación entre ciertas actividades y las diferentes funciones ejecutivas localizadas en el lóbulo frontal del cerebro. Al mismo tiempo nos permite establecer una relación entre algunas de las funciones ejecutivas y el concepto de inteligencia fluida de Cattell (1963). Dicha relación se recuperará más adelante cuando se intenten establecer métricas concretas respecto al objeto de estudio.

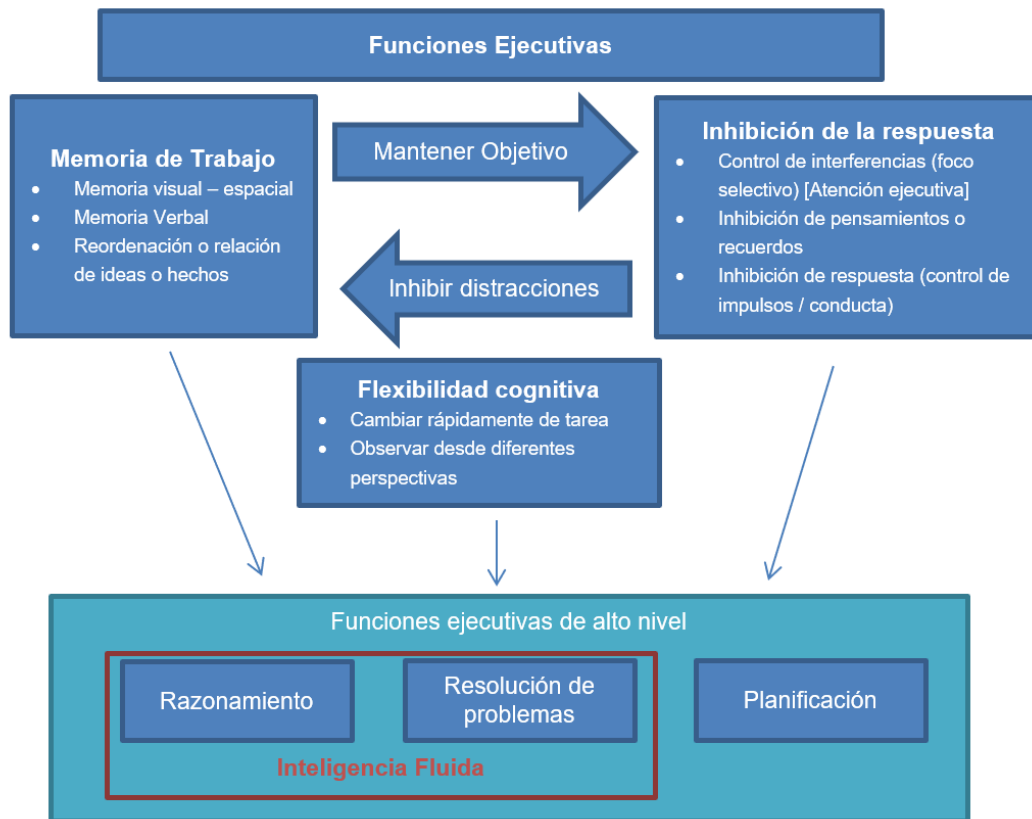


Figura 21: Actividades y funciones ejecutivas

Actualmente los avances son tales, que podemos encontrar gran variedad de pruebas para medir dichas habilidades como los trabajos de Clair-Thompson y Garthercole (2006), la anteriormente citada Diamond (2013) o el estudio sobre el desarrollo neuronal de Albusac (2017). Al revisar esta literatura más actual nos encontramos con técnicas muy avanzadas de EEG¹⁰ y IRM¹¹ que permiten medir tanto la actividad cerebral como analizar diferentes estructuras neuronales. No obstante, para el presente estudio este tipo de pruebas no se consideran viables por diferentes motivos logísticos, organizativos y de presupuesto.

Funciones ejecutivas complejas

Dentro del paraguas de las funciones ejecutivas hay autores como Miyake et al. (2000) que diferencian entre funciones ejecutivas (flexibilidad cognitiva, inhibición, memoria

¹⁰ Electroencefalograma

¹¹ Imagen por Resonancia Magnética

de trabajo) y funciones ejecutivas complejas donde podemos encontrar las relativas a la planificación y organización (*ver Figura 21*).

1.2.4 Desarrollo de las funciones ejecutivas durante la infancia y la adolescencia.

Según Diamond (2013) el córtex prefrontal es una de las estructuras del cerebro que más rápidamente se desarrollan. Estando este desarrollo estrechamente ligado con la mielinización, la conexión interhemisférica, la sinaptogénesis de las estructuras frontales y la actividad metabólica y eléctrica.

En los estudios de Diamond (2002) se afirma que la adquisición de las funciones ejecutivas empieza alrededor de los 12 meses, apareciendo signos previos durante los 8 y 9 meses cuando el bebé empieza la búsqueda de objetos deseados. A los 3 años el niño es capaz de anticipar y prever dificultades que pueden aparecer en la realización de una tarea. Pero es a los 4 años donde aparecen las primeras evidencias de la memoria de trabajo y la inhibición, cuando el niño es capaz de mantener información en un estado activo e inhibir algunas respuestas impulsivas.

Según la misma autora, a los 6 años ya son capaces de planificar tareas simples y desarrollar estrategias. A partir de este momento el pensamiento empieza a guiarse por la lógica y no por la percepción. Y de la misma forma el desarrollo de la inhibición de la conducta permite iniciar un desarrollo social. En los años siguientes de 7 a 9 años se empieza a desarrollar la capacidad de resolución de problemas y aparece la metacognición. Esto es debido a un incremento considerable de la mielinización y la producción de neurotransmisores (García, 2012). Es en el periodo de los 11 y 13 años donde se entra en un periodo de afianzamiento y madurez del control ejecutivo llegando a un nivel similar al del adulto.

1.2.5. Funciones ejecutivas frías y cálidas

Algunos autores categorizan estas funciones ejecutivas diferenciando entre funciones ejecutivas frías y funciones ejecutivas cálidas. Según Poon (2018) se consideran funciones frías todas aquellas relacionadas con el análisis crítico y lógico. Es decir, todas aquellas en las que intervienen el control consciente de pensamientos y acciones

sin componentes afectivos. Por ejemplo, problemas de ordenación, clasificación, problemas lógicos, etc.

Al contrario, las funciones calientes hacen referencia a todo aquello que implica un proceso situado en un contexto que genera emociones, motivaciones, y tensiones respecto a las recompensas a largo plazo. Como por ejemplo las acciones dirigidas a objetivos concretos, o procesos cognitivos orientados a un futuro.

Esta diferenciación no es significativa, ya que se ha comprobado que durante la infancia existe una única dimensión de las funciones ejecutivas y es durante la maduración de estas funciones que se genera esta diferenciación. Los diferentes estudios indican que el desarrollo es más gradual para las funciones calientes que para las frías.

De hecho, un factor realmente importante para la maduración de unas u otras forma parte del entorno formativo de dicha etapa. Por ejemplo, queda documentado en los estudios de Bialystok et al. (2005) como un entorno de aprendizaje bilingüe, donde existe un importante entrenamiento de la selección de lenguaje y la gestión de las dos lenguas tiene un impacto importante tanto sobre las funciones frías como las calientes. A pesar de existir diferentes estudios que aportan evidencias sobre la relación del desarrollo de las funciones ejecutivas y el rendimiento académico, la mayoría de estos aportan indicadores de tan solo las funciones frías.

1.2.6. Evaluación de las funciones ejecutivas

Cuando realizamos una revisión de la bibliografía existente respecto a la evaluación de las funciones ejecutivas, nos encontramos con dos tipologías de instrumentos metodológicos diferentes.

Por un lado, encontramos estudios que utilizan dispositivos de tipo EEG¹² para medir los cambios en la actividad eléctrica del cerebro a tiempo real. Estas mediciones se realizan en el contexto de la medición de potenciales relacionados con eventos (ERP) que básicamente analizan estas respuestas electrofisiológicas a ciertos estímulos cognitivos o sensoriales. Por ejemplo en el estudio de Hillman et al. (2014) podemos observar cómo se analiza la repercusión que tiene el ejercicio aeróbico sobre las

¹² *Electroencefalogramas*

actividades relacionadas con las funciones ejecutivas. Para realizar dicho análisis combinan tareas cognitivas relacionadas con la inhibición y la flexibilidad cognitiva usando diferentes tests como el *modified flanker task* o el *color shape switch-task* (p. e1065) con el análisis de ERP obtenido mediante un EEG que recoge la actividad cerebral con 64 electrodos en diferentes zonas. No obstante, el uso de este tipo de dispositivos acarrea, como es de suponer, un coste económico considerable y al mismo tipo una gestión logística compleja cuando el número de individuos de la muestra es grande. Por otro lado, es importante tener en cuenta que el propio contexto del experimento puede afectar a los resultados, ya que el entorno difiere de la actividad normal en un aula.

Otra opción metodológica es el uso de diferentes test psicológicos como pueden ser el *forward digit span* para analizar la memoria a corto plazo, o el *counting Span Task* y el *Spatial Span Task* para analizar diferentes funciones ejecutivas al mismo tiempo (Diamond, 2015). Estos tests son adaptados y modificados por los investigadores dentro del ámbito de la psicología y la neurocognición para medir aspectos concretos o para adaptarlos a una tipología concreta de individuos, como es el caso del test *Hearts and Flowers* de Wright y Diamond (2014) donde se mide el efecto de la carga inhibitoria en chicos de 6 a 10 años mientras la carga de memoria de trabajo se mantiene constante. Este tipo de tests usualmente consisten en la retención y trabajo mental de diferentes imágenes que aparecen, mientras al mismo tiempo se deben inhibir elementos que se pueden considerar interferencias o ruido respecto a la tarea que se tiene que desarrollar.

Como veremos en el siguiente apartado, para el presente estudio se utiliza como instrumento un test no verbal similar a los expuestos anteriormente, el test de matrices progresivas de Raven (1981). Dado el intensivo uso de dicho test dentro del ámbito de la educación y la gran cantidad de referencias, se considera un instrumento suficientemente probado en el cual no es necesario contrastar con otros indicadores como las medidas provenientes de los análisis de EEG. Dicho test se ha utilizado históricamente como una medida eficiente de la inteligencia fluida, que tal y como hemos visto anteriormente está intrínsecamente relacionada con las funciones ejecutivas como el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva.

Capítulo 2: Metodología y objetivos

A partir del marco teórico expuesto anteriormente y una vez situado el paradigma educativo en el que se enmarca el proyecto, en el presente capítulo se expone el formato y el contenido del estudio llevado a cabo con el objetivo de estudiar la correlación existente entre las actividades de computación creativa y el desarrollo de las funciones ejecutivas.

2.1. Objetivos

Este estudio se concibe con un claro objetivo principal que no es otro que el de comprobar la existencia de una relación entre el desarrollo de las funciones ejecutivas y las actividades de computación creativa (O1).

Al mismo tiempo, a partir de este objetivo principal podemos inferir una pregunta de investigación paralela como es la de averiguar si existe una brecha de género en las actividades formativas relacionadas con la computación creativa (P1).

2.2. Metodología e instrumentos

La metodología utilizada en el presente estudio se enmarca dentro del paradigma positivista, proponiendo un enfoque experimental sistemático que pueda ser fácilmente escalable y replicable. En concreto se opta por una opción metodológica cuasiexperimental donde el investigador modifica una variable dependiente pero no puede ejercer el control característico de los estudios experimentales sobre el resto de variables (Latorre, Rincón y Arnal, 2003).

En este tipo de investigaciones diferentes variables quedan sin controlar. Usualmente se lleva a cabo en situaciones reales donde una o más variables independientes pueden ser manipuladas por el investigador en unas condiciones controladas sólo hasta donde permita la situación. Esta opción metodológica “es usual en contextos educativos donde no es viable alterar la estructura o configuración de grupos ya formados con lo que es difícil poder aleatorizar los sujetos e incluso los tratamientos” (Latorre et al., 2003, p. 154). Más concretamente, en nuestro caso no podemos controlar las variables que dependen de la configuración de los grupos y del tamaño de la muestra. No

obstante, como veremos más adelante la configuración de nuestro estudio experimental contrarresta las posibles repercusiones que esta casuística pudiera tener. En nuestro caso, la variable independiente consiste en una acción formativa que reciben los alumnos. Esta variable es controlada por el investigador y no se ve afectada por las diferentes consideraciones que hemos comentado anteriormente. No obstante, para este estudio establecemos como variable dependiente la evolución de las funciones ejecutivas en los alumnos que reciben la formación. Esta variable dependiente es la que podría verse afectada por las diferentes casuísticas propias del centro y/o la configuración de grupos.

Para evitar que las variaciones observadas en la variable dependiente no sean debidas a ese conjunto de condiciones no controladas se llevará a cabo el experimento utilizando un grupo de control y un grupo experimental. Este diseño de *grupos no equivalentes* es un diseño bastante utilizado dentro del ámbito educativo cuando el investigador se ve obligado a partir de unos grupos ya formados de una forma natural, como son las clases de los colegios. En nuestro caso al utilizar dos grupos, esto nos permite comparar la medida de la variable dependiente del grupo donde se realiza la intervención respecto al grupo de control.

Tabla 1: Diseño de grupos pretest-posttest (Latorre et al., 2003)

Grupos	Sujetos	Asignación	Pretest	Tratamiento	Postest
1	n_1	No azar	\bar{X}_1	a1	\bar{X}_3
2 (control)	n_2	No azar	\bar{X}_2	a2	\bar{X}_4

Por otro lado, tal y como indica Alvira (1985, p. 131) “el problema está en cómo estudiar y analizar sistemas complejos e interrelacionados” y lo que tenemos precisamente en educación es exactamente eso, un sistema complejo e interrelacionado. Por tanto, según el modelo expuesto por Alvira (1985), después de la planificación del programa se ejecutarán dos tipos de evaluaciones. Una evaluación formativa, que intenta conceptualizar en qué consiste el programa que se plantea, tanto como funciona sobre papel como en la realidad. Y una evaluación sumativa con el objetivo de analizar el impacto o consecuencias del programa.

Esta primera evaluación formativa sirve tanto para determinar si es posible la evaluación del programa como en qué sentido es posible dicha evaluación. Con este motivo se plantea tanto realizar una descripción detallada del programa, como delimitar los fines que persigue, y determinar el mecanismo que une el conjunto de actividades del programa con los fines o metas que se quieren conseguir. Esto implica contrastar el modelo teórico con el modelo en funcionamiento, dicho modelo no tan solo debe deducirse sino se debe discutir con los responsables operativos del funcionamiento. Tanto el proceso de concreción y disolución de los modelos teóricos en acciones prácticas, como el formato de discusión con los responsables operativos lo encontramos en el siguiente capítulo.

Por otro lado, el formato que se elige para realizar la anteriormente mencionada evaluación sumativa es el del uso de un instrumento psicométrico altamente contrastado que nos permite medir la evolución de las funciones ejecutivas durante la ejecución del programa previsto. Es precisamente este dato psicométrico y el análisis estadístico y cuantitativo posterior lo que nos puede ofrecer algunos datos congruentes sobre la efectividad de la acción que se ejecuta.

2.2.1. Rigor y ética

En primer lugar, para garantizar el anonimato de los sujetos de estudio, se establece un sistema de codificación durante el desarrollo para permitir identificarlos. Para este efecto se le asigna un número identificador a cada retorno por parte del sujeto que lo identifica garantizando el anonimato. Este número se utiliza tanto para identificar los dos tests como para identificar el volcado de las actividades realizadas a través del campus virtual. De esta forma, el investigador trabaja en todo momento con los datos, pero no tiene acceso a datos de carácter personal no relevantes, como puede ser nombre, apellidos, etc.

Dado que se proyecta el presente estudio bajo un diseño cuasiexperimental **fácilmente replicable**, se asigna un gran énfasis en la objetividad de los datos y en la metodología del estudio. La razón no es otra que la de poder ofrecer la posibilidad de replicar el mismo formato de estudio en diferentes entornos de forma sencilla y ágil. Por tanto, quedarán documentados y automatizados tanto los procedimientos de obtención de datos como los procedimientos de análisis.

Teniendo en cuenta las implicaciones éticas que se derivan del presente estudio, el investigador decide diseñar un documento con el objetivo de:

- Presentar el proyecto donde constarán los derechos de los participantes respecto a la privacidad, confidencialidad y autoría de las creaciones propias
- Solicitar un consentimiento firmado con el objetivo de cumplir con la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal (España, 1999), y preservar la identidad personal de los participantes
- Exponer el compromiso de no utilizar los datos personales obtenidos para otros estudios

2.2.2. Muestra

La muestra la componen 78 alumnos de 14-15 años del Instituto Miquel Biada de Mataró (Barcelona). Desde una primera propuesta inicial, se cuenta con la confirmación del equipo de profesores de tecnología y la dirección del Institut Miquel Biada para la realización de esta investigación contando con los alumnos de las cuatro líneas de tercero de ESO. La predisposición tanto del centro como del equipo para trabajar en un proyecto como éste hace que sea mucho más sencillo llevar a cabo la implementación.

El Instituto Miquel Biada, es un instituto politécnico de titularidad municipal. Casi la totalidad de los estudiantes de secundaria procede del barrio donde está ubicado el centro, el barrio de Cerdanyola en la ciudad de Mataró (Barcelona). Dentro de la población de Mataró, este barrio alberga 30.945 habitantes (24.4% de la población total de la ciudad) de los cuales un 23.2% son inmigrantes de fuera de España y un 23.4% de fuera de Catalunya (Ayuntamiento de Mataró, 2018). Según el índice IBVU Estudios¹³ estudio de 2011 sobre barrios vulnerables (Ministerio de Fomento, 2001) este barrio supera el valor de referencia de vulnerabilidad en referencia a la población sin estudios.

¹³ IBVU Estudios: Porcentaje de población analfabeta y sin estudios de 16 años o más.

Abierto en el 1866 como escuela de artes y oficios, reconvertido más tarde en un instituto donde se albergan tanto diversos ciclos de grado medio y superior como la oferta de enseñanza secundaria obligatoria y bachillerato. Dentro de la oferta de educación secundaria obligatoria el centro está capacitado para ofertar cuatro líneas con un total aproximadamente de 400 alumnos de educación secundaria. A pesar, de no estar catalogado por el Departament d'Ensenyament como centro de muy alta complejidad, debido a diversos factores muchos alumnos viven en contextos socioeconómicos vulnerables.

El curso de tercero de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) se divide en tres grupos-clase. Cada una de estas agrupaciones se divide en dos subgrupos en una de las horas lectivas de la asignatura de tecnología, este desdoblamiento se aprovecha normalmente para trabajar en grupos más reducidos actividades prácticas relacionadas con la asignatura de tecnología. De esta forma el grupo pasa a ser de 12-15 alumnos. El investigador aprovecha esta división para obtener tres grupos de sujetos donde se puede realizar dicha formación y tres grupos de control del mismo tamaño donde no se realiza. Esta subdivisión permite ejecutar el presente estudio sin modificar en exceso la organización y la logística del centro. Así pues, se trabaja con tres de los subgrupos aplicando la formación específica y los otros tres subgrupos continúan con la formación estándar durante esas horas de desdoblamiento.

A pesar de que el diseño metodológico considera utilizar el mismo profesor en todos los grupos para controlar las variables relativas a los procesos formativos que recibirá cada grupo (control y experimental), dada la estructura organizativa del centro no es posible utilizar un solo profesor en todos los grupos. Para compensar las diferencias que puedan surgir en los procesos de enseñanza, se diseña una pauta formativa totalmente sistematizada que se sigue en los dos grupos de forma controlada y exacta.

2.2.3. Instrumentos de recogida de datos

Como el objetivo del estudio es analizar el grado de influencia de las actividades de computación creativa en el desarrollo de las funciones ejecutivas de los estudiantes, para intentar darle la máxima objetividad posible y para tener unos resultados cuantificables, se establecerán dos procedimientos para acotar posibles errores en el

análisis de los resultados. Siguiendo las pautas del diseño de grupos de control de Solomon (1949) estableceremos un análisis pre-post y un grupo de control para validar los resultados de la evolución de las características analizadas.

- Pretest y Posttest: Se utilizará el test de matrices progresivas de Raven como instrumento de medida tanto de forma previa a la acción formativa como de forma posterior. Teniendo así, no una cuantificación característica sino una cuantificación del progreso durante el tiempo de la formación. Este test que cuantifica la evolución de los alumnos en referencia a las funciones ejecutivas se realizará tanto al grupo experimental como al grupo de control.
- Diario de campo: Se genera un registro descriptivo que relata los sucesos que se llevan a cabo siguiendo la planificación establecida del experimento. En este documento se anota información sobre las reuniones con los diferentes participantes en el experimento como de las diferentes acciones llevadas a cabo (Espinoza y Ríos, 2017). Desde un punto de vista analítico las observaciones sobre el seguimiento aportan sobre todo información útil de cara a la replicación del experimento y a la concepción de una visión global de los diferentes hándicaps superados.
- Datos de acceso a la plataforma virtual de aprendizaje: Dado que los alumnos trabajaran parte de la actividad a través de una plataforma online de tipo LMS¹⁴. Se utiliza la información de acceso y actividad por parte de los alumnos para obtener datos respecto al trabajo realizado por los alumnos.

2.2.3.1 Test Raven de matrices progresivas

El trabajo del investigador Raven (1981) estuvo centrado en gran parte en el desarrollo de instrumentos para medir los orígenes genéticos y ambientales de la capacidad cognitiva. Dado que consideraba que las pruebas existentes hasta el momento eran difíciles de administrar y ofrecían resultados difíciles de interpretar decidió desarrollar un test para medir los componentes principales del factor “g” definidos por Spearman

¹⁴ *Learning Management System o Entorno Virtual de Aprendizaje, es un software instalado en un servidor web que permite administrar actividades de formación no presencial.*

(1904). Cabe recordar que dichos componentes principales como hemos visto en el apartado anterior están intrínsecamente relacionados las funciones ejecutivas.

El test de Raven incide en la capacidad de razonar por analogías dentro de un contexto de problemas del tipo lógico-matemático. Ha sido utilizado en más de 2000 estudios publicados aplicándose los resultados tanto en la práctica clínica, como la ocupacional y de educación.

Podemos encontrar diferentes estudios que certifican la validez de dicho test comparando los resultados con las puntuaciones del test Terman-Merrill .77 y el test Goodenough .58 (Garaigordobil y Torres, 1996). Por otro lado, a partir de los resultados de la aplicación del mismo en diferentes escenarios dentro de la geografía española se confecciona un baremo para la interpretación comparativa de los resultados que podemos encontrar en el propio manual de aplicación del test. Este baremo confeccionado a partir de los trabajos de González (1965), Gil (1967) y Rodao (1982) proporciona una puntuación centil para los diferentes resultados obtenidos en la prueba.

Tabla 2: Baremos españoles para el test de Raven (Raven, 1981)

Pc	PRIMARIA			ESO				Pc
	4º	5º	6º	1º	2º	3º	4º	
95	50	52	54	56	58	59	57	95
90	47	50	52	53	55	56	54	90
75	41	44	46	49	51	52	50	75
50	34	38	40	43	46	48	46	50
25	27	31	33	38	42	44	41	25
10	20	25	27	34	38	40	37	10
5	17	22	24	31	36	38	35	5

En la tabla anterior podemos ver como para cada curso se establecen unos valores promedio de resultados del test y su puntuación centil asignada. Siendo una puntuación centil el porcentaje de la población que obtiene dicho valor. Por ejemplo, si un alumno

de tercero de ESO obtiene un 48 en el test, podemos decir que tenemos una puntuación superior o igual al 50% de la población. Para el presente estudio estos datos no son excesivamente relevantes, ya que el objetivo no es comparar las puntuaciones con los valores promedios, sino analizar la progresión de la medida de dichos valores en dos momentos distintos. No obstante, puede servir de forma orientativamente para situar el progreso del alumnado.

En la construcción de las diferentes escalas del test de Raven los investigadores tuvieron en cuenta que sus puntuaciones no dependieran del nivel educativo, intentando aislar y controlar la varianza debida a los factores genéticos y ambientales. En este punto es importante recordar que el trabajo de Raven gira entorno a la definición de inteligencia general que realiza Spearman (1904) donde diferencia entre la capacidad eductiva¹⁵ que tiene en cuenta la habilidad para pensar con claridad en situaciones complejas y la capacidad reproductiva que se basa en almacenar y reproducir información. Siendo la llamada capacidad eductiva el centro de atención de dicho test.

Es interesante en este punto observar cómo tanto Raven como Miller, Kohn y Schooler (1985) evidencian una relación entre dicha capacidad eductiva y las actividades que requieren autodirección donde aparecen problemas inesperados cuya solución requiere que el alumno se responsabilice de sus propias decisiones estratégicas para resolver dicho problema. Este tipo de actividades contrastan con otras actividades formales dentro del ámbito educativo donde se potencia mayoritariamente la capacidad reproductiva.

Según la documentación analizada, el test de matrices progresivas de Raven es una herramienta idónea para medir la capacidad eductiva de un modo mínimamente contaminado por variaciones en el nivel de conocimientos de los sujetos, a excepción de un grupo muy reducido de casos pertenecientes a sociedades “pre-culturales” que no están acostumbradas a estímulos como líneas, triángulos, círculos, cuadrados, etc.

Funcionamiento del test

El test no verbal Raven de matrices progresivas consiste en sesenta preguntas visuales donde el alumno a partir ocho piezas gráficas debe deducir cuál es la imagen que falta

¹⁵ *Capacidad para inferir datos partiendo de un entorno desconocido.*

(ver Figura 22) de las ocho posibilidades diferentes que ofrece el test. Estas sesenta preguntas están divididas en cinco categorías (A, B, C, D y E) de doce preguntas cada una, con una dificultad que va aumentando progresivamente en cada una de las categorías.

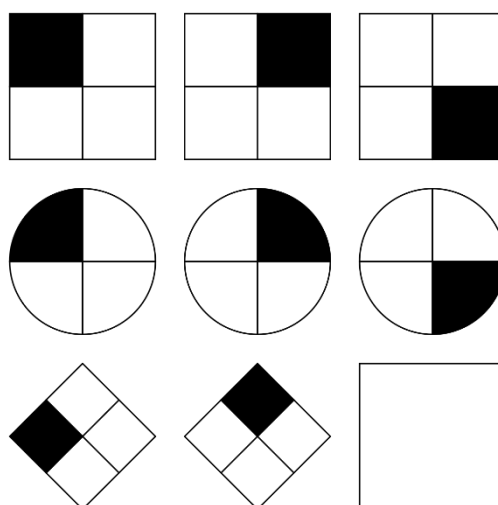


Figura 22: Elemento de test al estilo del test de Matrices Progresivas (Riley, 2019)

En cualquier aplicación de un test psicológico se deben seguir unas normas concretas que ayudan por un lado a unificar la presentación del instrumento y por otro lado aseguran que los datos obtenidos permiten ser interpretables y comparables con los baremos establecidos a partir de estudios anteriores.

Según la normativa de aplicación, cualquier individuo de más de seis años debe comprender los problemas que se plantean en este test. No obstante, siguiendo la metodología pautada se debe explicar al inicio de la sesión el funcionamiento tanto de los problemas como de la hoja de resultados que debe rellenar cada estudiante. Al mismo tiempo se deben garantizar unas condiciones similares de predisposición y atención en el caso de aplicar el test en dos momentos temporales diferentes. Es decir, mantener una franja horaria similar, utilizar el mismo espacio, etc.

Otra de las recomendaciones en las normas de aplicación es la de mantener una ratio de 8 o 9 alumnos durante la aplicación del test. En el caso concreto que nos ocupa dado que la composición de los grupos es de 12 a 15 alumnos, se organizaron estas sesiones con dos docentes por aula para garantizar dicha ratio. El papel de estos docentes fue el de realizar las explicaciones previas, indicar las horas de inicio y finalización y recopilar los datos. Para este cometido se solicitó ayuda a diferentes

profesores que de forma voluntaria recibieron previamente las indicaciones y la forma de recopilar los datos y recoger las hojas de respuesta.

A pesar de que originalmente se plantea la posibilidad de automatizar este proceso de test construyendo una aplicación o herramienta de software, el investigador finalmente decidió no automatizarlo. La razón de este hecho no es otra que la de hacer consciente al alumno de la trascendencia de dicha acción y al mismo tiempo de demostrar de forma implícita como el trabajo dentro de la virtualidad de las computadoras tiene una repercusión directa sobre las acciones que realizamos fuera de un entorno computacional. Esta postura tiene un paralelismo a la de Sennet (2014, p. 55) cuando compara el uso de las herramientas de Diseño Asistido por Computador (CAD) con los dibujos manuales en el caso de los arquitectos, abogando que la comprensión de los edificios y los terrenos es mucho mayor cuando en la tarea del dibujo ha implicado la coordinación de la mente y la mano. Una razón también similar a la que ofrecen Bell y Vahrenhold (2018) cuando justifican con datos cómo el trabajo previo de las actividades de pensamiento computacional desenchufado (*computational thinking unplugged*) mejora los resultados de alumnos en referencia a las actividades de pensamiento computacional utilizando ordenadores. En este caso Bell y Vahrenhold (2018) cuando hacen referencia al pensamiento computacional desenchufado se refieren a toda una serie de actividades manuales (sin ordenador) que sirven para trabajar las diferentes competencias del pensamiento computacional.

Normas de corrección y puntuación

Una vez recogidas las hojas de respuestas se deben contabilizar todas las respuestas correctas y sumarlas. Dado que el test está compuesto de cinco apartados (A, B, C, D y E) con doce preguntas cada uno, el resultado será una puntuación de 0 a 60.

Según el valor de la suma de esta puntuación el manual de aplicación propone una tabla donde para cada valor de la suma final propone un valor orientativo para cada apartado. Es decir, si el individuo obtiene una puntuación total de 36, dicha tabla propone un 11 para el apartado A, un 9 para el apartado B, un 7 para el apartado C y D, y un 2 para el apartado E. Esto es debido al incremento progresivo de la complejidad de cada uno de los apartados.

Estos valores promedio sirven para calcular la discrepancia del resultado de la aplicación con estos valores óptimos. De esta forma se puede decidir si el resultado de la aplicación del test es consistente. Es decir, si la dificultad aumenta de forma progresiva no tiene sentido que el resultado de la aplicación tengo mejor puntuación en los apartados D y E del test que en los apartados A, B y C.

Una vez calculadas estas discrepancias, según las normas de aplicación si existe una discrepancia de más de un 2 no se debe aceptar dicha puntuación como una estimación consistente.

2.2.3.2. Volcado de los informes de actividad del campus virtual

El centro escolar donde se realiza el estudio, al igual que muchos de los institutos de secundaria catalanes, utiliza un sistema de tipo LMS¹⁶ para gestionar las tareas que realizan los alumnos tanto dentro de clase como desde casa. Estas aplicaciones permiten obtener información respecto a qué tareas realizan los alumnos, cuándo las realizan y qué evaluación reciben por parte del docente. Estos datos permiten obtener un perfil de cada uno de los alumnos participantes tanto desde el punto de vista de la cuantificación de la participación de los mismos, como de los resultados obtenidos. Estos datos se utilizan para valorar si existe una correlación entre la participación activa de los alumnos y los resultados obtenidos en el test.

¹⁶ *Un Learning Management System o Entorno Virtual de Aprendizaje es una aplicación instalada en un servidor web que se utiliza para gestionar las actividades de aprendizaje de forma no presencial.*

Hora	Nombre completo del usuario	Usuario afectado	Contexto del evento	Componente	Nombre evento	Descripción	Origen	Dirección IP
20 de marzo de 2018, 09:06	Ignasi Bernat	-	Tarea: Ex2: Com presentar un treball amb LibreOffice	Tarea	Se ha visualizado el estado de la entrega.	The user with id '512' has viewed the submission status page for the assignment with course module id '10694'.	web	193.143.136.78
20 de marzo de 2018, 09:06	Ignasi Bernat	-	Tarea: Ex2: Com presentar un treball amb LibreOffice	Tarea	Se ha enviado una entrega.	The user with id '512' has submitted the submission with id '4886' for the assignment with course module id '10694'.	web	193.143.136.78
20 de marzo de 2018, 09:06	Ignasi Bernat	Ignasi Bernat	Tarea: Ex2: Com presentar un treball amb LibreOffice	Sistema	Finalización de actividad de curso actualizada	The user with id '512' updated the completion state for the course module with id '10694' for the user with id '512'.	web	193.143.136.78
20 de marzo de 2018, 09:06	Ignasi Bernat	Ignasi Bernat	Tarea: Ex2: Com presentar un treball amb LibreOffice	Archivos enviados	Entrega creada.	The user with id '512' created a file submission and uploaded '1' file/s in the assignment with course module id '10694'.	web	193.143.136.78
20 de marzo de 2018, 09:06	Ignasi Bernat	-	Tarea: Ex2: Com presentar un treball amb LibreOffice	Archivos enviados	Un fichero ha sido subido.	The user with id '512' has uploaded a file to the submission with id '4886' in the assignment activity with course module id '10694'.	web	193.143.136.78

Figura 23: Captura de pantalla del LMS

En la captura de datos que proceden de estos informes (*ver Figura 23*) podemos obtener datos sobre la hora en la que el alumno realiza la conexión, el lugar, y qué tipo de tarea realiza. De esta forma podemos deducir si el alumno realiza las actividades dentro del horario de la asignatura o fuera, si realiza la conexión desde una dirección IP que pertenece al centro o no. Por otro lado, utilizando el mismo sistema podemos consultar la valoración de estas actividades por parte del profesorado.

Capítulo 3: Diseño de materiales formativos

El diseño de los materiales formativos utilizados en la acción del presente estudio se fundamenta dentro del marco del diseño del pensamiento computacional, de la propuesta construccionista de Brennan y Resnick (2012) y de la teoría de diseño instruccional de Merrill (2002).

En su propuesta, Merrill (2002) localiza una serie de principios comunes en las diferentes teorías de diseño instruccional y los sintetiza en cinco principios básicos. Aunque nuestro marco fundamental de trabajo es la teoría construccionista de Papert (1980), dichos principios son totalmente compatibles y aplicables. De los cinco principios el más importante consiste en centrar la instrucción en problemas reales. El resto de los componentes de la instrucción son mucho más efectivos siempre que se hallen enmarcados dentro del desarrollo de la solución a un problema real.

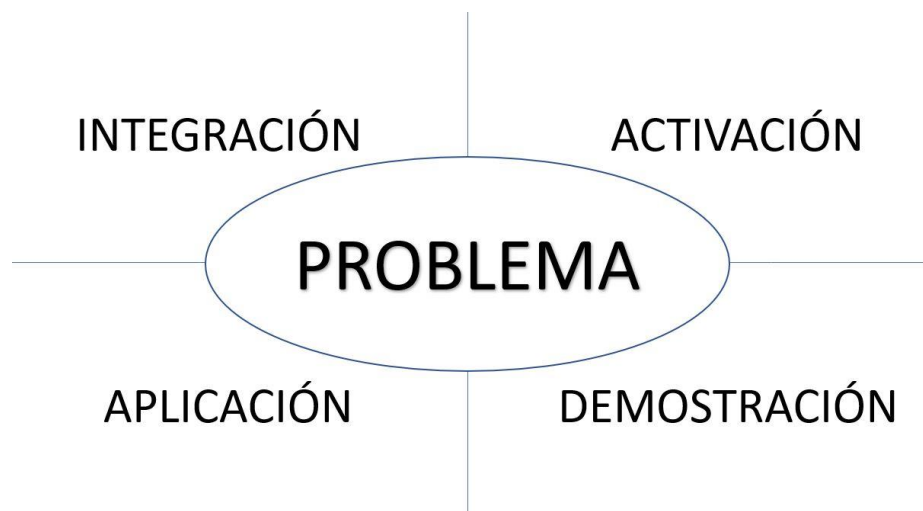


Figura 24: Principios del diseño instruccional (Merril, 2002)

El principio de activación hace referencia a una mayor eficacia del aprendizaje cuando el alumno debe recuperar estructuras cognitivas construidas anteriormente. Esta activación se puede llevar a cabo mediante la descripción, la recuperación, la demostración o la aplicación de una experiencia previa o un conocimiento asimilado anteriormente. El principio de demostración indica que se facilita el aprendizaje de nuevos conocimientos si estos se demuestran contextualizados en un entorno conocido. El principio de aplicación hace referencia a la posibilidad de poder poner en práctica dichos conocimientos sobre un caso real. Y por último el principio de

integración hace referencia a los aprendizajes se hacen efectivos cuando el alumno integra estos conocimientos dentro de tareas de su vida cotidiana.

3.1. Descripción de los materiales

En la acción formativa, se implementan tanto los contenidos de computación física y computación creativa, como las metodologías de trabajo exploratorias abiertas propias de las líneas marcadas por los referentes estudiados en el capítulo 1. El material formativo utilizado por los profesores que imparten la asignatura durante la duración del estudio será el material formativo elaborado por el propio investigador en base a investigaciones anteriores. Estos materiales diseñados para la consecución de esta acción formativa están compuestos de:

- Guías didácticas organizadas por sesiones
 - 10 sesiones
- Prácticas guiadas para el uso directo en clase
 - 9 prácticas
 - 17 simuladores
- Recursos en formato audiovisual
 - 13 explicaciones de conceptos
 - 17 ejemplos prácticos

Estos materiales están publicados en diferentes espacios de Internet, pero al mismo tiempo se vuelcan en el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA o LMS) del centro y esto permite tanto recoger interacción de los alumnos, como analizar y evaluar resultados de los diferentes ejercicios. El listado de estos materiales y los enlaces pueden consultarse en el apéndice 1.

3.2. Estructura de las sesiones

Tal y como hemos visto uno de los objetivos de la teoría constructorista de Papert (1980) es conseguir que los alumnos reflexionen sobre sus propios procesos de aprendizaje. Es por esta razón que siempre que sea posible es interesante considerar lo que se denomina “exploración lúdica” (*playfull exploration*) como vehículo para

conseguir esa construcción de las propias estructuras mentales. No obstante, previo a este entorno de experimentación de tipo sandbox¹⁷ es necesario adquirir ciertas habilidades instrumentales con el software. Para este objetivo se considera interesante realizar una primera aproximación al uso de la herramienta con carácter instruccional, pero huyendo en todo momento de los modelos de enseñanza poco prácticos tal y como hacen Brennan, Chung y Hawson (2011). Para ello se dividen las sesiones en tres fases bien diferenciadas:

Fase de aprendizaje dirigido

En las primeras sesiones el objetivo principal es que el alumno tenga una aproximación al uso de la herramienta donde adquiera las habilidades básicas. Para este efecto, se diseñan unos materiales que proporcionan un aprendizaje bastante dirigido, pero donde se añade un componente de intercambio de conocimiento entre iguales. Esta primera fase de aproximación instruccional a la herramienta mediante ejemplos cortos y muy dirigidos se lleva a cabo durante las dos primeras sesiones. Para estas primeras sesiones se utiliza como material de soporte las Scratch Cards, que son tarjetas de tamaño A5 de doble cara. En el anverso aparece de forma gráfica qué se pretende conseguir y en el reverso se muestra cómo programar o construir ese efecto o recurso (*ver Figura 25*). Durante la ejecución de la actividad se pide a los alumnos que en grupos de dos o tres utilicen dichas tarjetas para entender alguna de las instrucciones o utilidades de la herramienta y acto seguido compartan con otros grupos esa información. De esta forma se dinamiza el proceso con la intención de que se genere un intercambio de conocimiento entre iguales.

¹⁷ sandbox: tecnicismo que se utiliza para denominar a un entorno de pruebas abierto y no lineal.



Figura 25: Ejemplo de Scratch Card en español

Fase de debugado

La segunda fase de la implementación se estructura mediante actividades que obligan a los alumnos a depurar código, es decir lo que conocemos como *debugar* (encontrar errores en el código). A este tipo de actividades se les puso el nombre de simuladores y consisten en 17 ejemplos diferentes inacabados que el alumno debe arreglar para conseguir que funcionen correctamente (ver Figura 26 y Figura 27). Estos simuladores se diseñan a partir de los conceptos desarrollados por Brennan, Chung y Hawson (2011) buscando la comprensión de las diferentes habilidades necesarias para poder utilizar la herramienta con cierta soltura. Esta relación de habilidades se puede encontrar en el capítulo *Anexo 1: Materiales didácticos desarrollados* de este mismo documento.

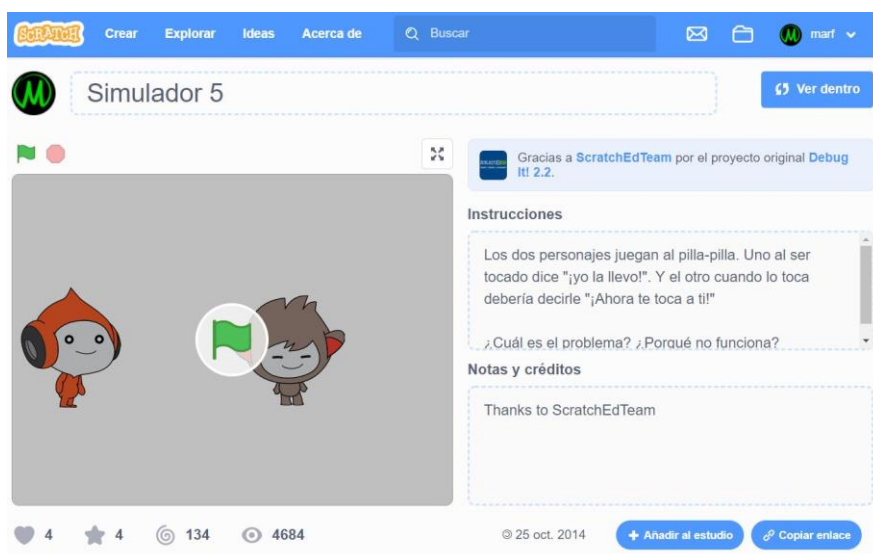


Figura 26: Ejemplo de simulador

En el proceso de *debugar* el alumno debe comprender un enunciado, entender el código, comprender por qué no funciona y realizar una propuesta de solución. El proceso de depuración (o *debugado*) de un código es realmente importante entre profesionales de la programación, se suele decir que un programador dedica el 90% del tiempo a *debugar* y el otro 10% a escribir *bugs* (escribir errores). Con esta forma de proceder se consigue que el alumno reflexione sobre el funcionamiento de un algoritmo e intente simular mentalmente qué hace el algoritmo con el objetivo de descubrir el error. De hecho, este proceso de simulación interna y de trabajo deductivo es un buen ejercicio para trabajar lo que Minsky denomina críticos reflexivos y críticos autoreflexivos (Minsky, 1988, p. 230). Al mismo tiempo este proceso es una de las claves del pensamiento computacional y es esencial entender el error como parte del proceso del aprendizaje. Al mismo tiempo puede ser muy interesante analizar la gestión emocional del alumno sobre ese proceso mental, y poder corroborar o refutar las diferentes teorías (Minsky, 1988; Diamond, 2013) sobre la relación entre estos procesos propios de las funciones ejecutivas y la gestión emocional que se efectúa de forma paralela. No obstante, el estudio de esta relación queda fuera del alcance del presente proyecto.

A esta fase de debug se le dedican cuatro sesiones presenciales y se deja a disposición del alumno el resto de las actividades de debugado para el aprendizaje autónomo. De forma que se le exige que realice de forma obligatoria tan solo 6 de las 17 actividades (simuladores), pero se dejan a su disposición todos los simuladores. La razón de esto es doble: en primer lugar, se hace para evitar la frustración por si el alumno no es capaz de completar alguna de las actividades y la segunda razón no es otra que la de potenciar

el nivel de autosatisfacción (o motivación intrínseca) conseguido con este tipo de actividades. De hecho, la idea de dejar en abierto el resto de contenidos que no se utilizan, parte de los propios alumnos que de forma voluntaria demandaban más actividades de este tipo.

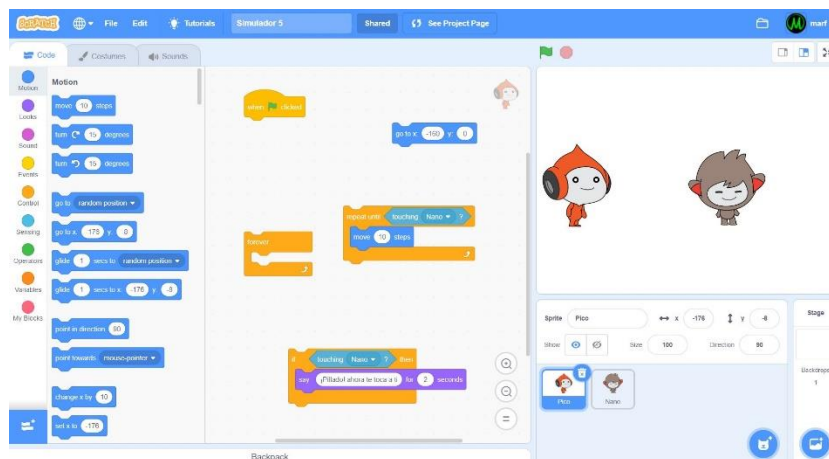


Figura 27: Ejemplo de simulador 2

Fase de experimentación

En una tercera fase de la implementación se plantean diferentes retos donde el alumno debe implementar juegos, simulaciones o presentaciones interactivas. Algunos de estos retos se pueden ejecutar de forma individual y en otros es indispensable realizarlos en equipo definiendo diferentes roles.

Estos retos se generan diferenciados en tres categorías: retos simples, retos medios y retos complejos. Pasando de unas propuestas iniciales con una gran concreción en cuanto a cómo se debe resolver el problema planteado, para llegar a unas propuestas finales donde el alumno debe utilizar todas las habilidades adquiridas hasta el momento y no tiene ninguna referencia concreta sobre cómo solventar el reto propuesto.

Todas las actividades parten de una explicación por parte del profesor con un soporte audiovisual que ayuda a resolver la parte inicial del reto (a modo de andamiaje), de esta forma garantizamos que todos los alumnos consigan resolver el reto al menos parcialmente. Este soporte audiovisual nos ayuda también a homogeneizar los objetivos de las actividades entre los diferentes grupos de alumnos, ya que por motivos logísticos no todos los grupos tienen al mismo docente.

De forma similar a la propuesta de Brennan, Chung y Hawson (2011) se genera una ficha para cada una de las actividades donde se refleja tanto los objetivos como la descripción metodológica de las actividades, así como la localización de los recursos audiovisuales necesarios (ver *Anexo 1: Materiales didácticos desarrollados*).

Para complementar los recursos generados tanto para las actividades de tipo debug, como para las actividades en formato de reto, se generaron una serie de recursos audiovisuales complementarios a la explicación teórica y funcional de cada uno de los conceptos computacionales necesarios. Este material se diseña tanto como referencia para los propios alumnos, como elemento de consulta y aclaración para los propios docentes.

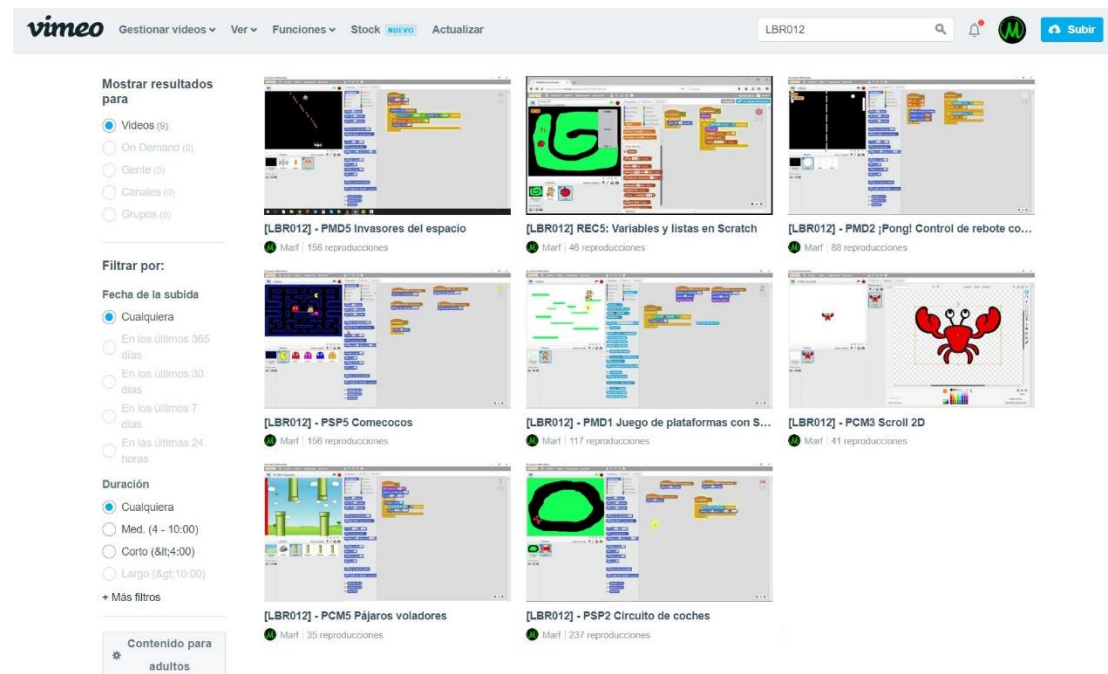


Figura 28: Canal de Vimeo con recursos audiovisuales

Capítulo 4: Análisis e interpretación de resultados

El diseño cuasiexperimental para el estudio cuantitativo con grupo de control tal y como indican Campbell y Stanley (2012) es uno de los más difundidos en investigación educativa. Para ello es necesaria la recopilación de datos previa a la acción formativa y posterior a la misma. En este diseño no se parte de equivalencia muestral ya que el investigador parte de grupos ya formados de manera natural como clases en un centro escolar. Por otro lado, la utilización de un grupo de control reduce la ambigüedad que podría generar el uso tan solo de un diseño de pretest y postest.

Una vez recopilados los datos, debemos filtrarlos según las indicaciones del propio instrumento. Más tarde para analizar los resultados en primer lugar necesitaremos concretar si la distribución de estos datos se corresponde con una distribución normal o no, ya que esto hará variar el tipo de prueba que utilizaremos para comprobar la eficiencia de la aplicación de la acción formativa para muestras independientes. Cuando la distribución de los datos no corresponde a una distribución normal podemos aplicar una prueba como Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar dos grupos de pruebas, y cuando la distribución sí que corresponde con una distribución normal podemos aplicar t-student tal y como realiza Bustillo-Bayón et al. (2014) en el caso que hemos analizado anteriormente. Mediante esta prueba podremos concretar si la mejora de los resultados de los alumnos está relacionada con la acción formativa ejecutada o por el contrario dicha mejora es debida a causas externas a dicha acción.

Una vez documentado y analizado todo el proceso, el estudio se complementa con un proceso de automatización del mismo para en futuras ocasiones permitir la aplicación fácilmente escalable del procedimiento.

4.1. Características de la muestra

La muestra seleccionada está compuesta por los estudiantes de tercero de educación secundaria obligatoria del centro Institut Miquel Biada de Mataró. El número total de estudiantes pertenecientes a este curso es de 98, pero debido a faltas de asistencia por diversos motivos el número total de estudiantes participantes es de 74, 42 estudiantes de sexo masculino y 32 de sexo femenino. El curso de tercero se divide en 4 grupos clase: 3A, 3B, 3C y 3D con 25, 25, 23 y 25 alumnos cada una de estas clases. Únicamente durante las clases prácticas de tecnología, que es donde se decide poner

en práctica tanto el estudio experimental como llevar a cabo la acción formativa, cada uno de los grupos se desdobra por la mitad. Teniendo entonces un total de 8 grupos, 4 de los cuales pertenecerán al grupo experimental y los otros 4 al grupo de control. Del total de alumnos pertenecientes al grupo experimental un 44% son hombres y un 56% son mujeres, y dentro del grupo de control un 52% son hombres y un 48% mujeres. Las edades de los alumnos de tercero de la ESO son 14 o 15 años, aunque en este caso nos encontramos con un alumno repetidor con una edad de 16 años.

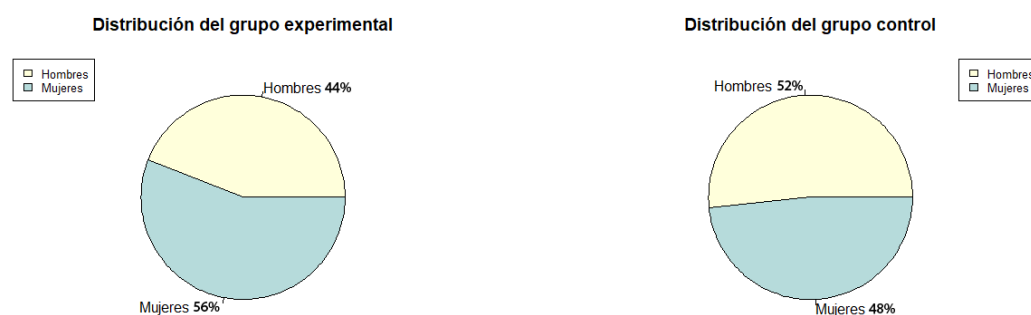


Figura 29: Distribución por género de los grupos

4.2. Filtrado de datos y resultados.

Se parte del total de los estudiantes de tercer curso de secundaria del centro. En primer lugar, se filtran los alumnos que por un motivo u otro no participaron en ambas pruebas quedando un total de 74 participantes. Más tarde se aplica el filtro de autorregulación del que dispone el propio instrumento. Este filtro descrito en el apartado de normas de corrección y puntuación tiene en cuenta los valores de discrepancia para considerar una respuesta al test no válida (este procedimiento se ha descrito anteriormente en el apartado de diseño del instrumento). En caso de encontrar estos valores de discrepancia por encima del lindar establecido se anula la participación de dicho alumno, obteniendo de esta forma tan solo los datos de los participantes que se consideran válidos. Es por esta razón que el número final de participantes válidos para el estudio es de 56.

Tanto la corrección de los tests como el cálculo de la discrepancia se realizan de forma manual (no automatizada) y se plasman en el archivo de datos. Después, tanto el filtrado en función de la discrepancia como el filtrado de la participación en ambas

pruebas se realiza de forma automatizada mediante un script escrito en el lenguaje R (ver Anexo2). Esta automatización permite la reutilización y facilita la escalabilidad del proceso de análisis.

Tabla 3: Parámetros estadísticos de los resultados

	Grupo control		Grupo experimental	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest
Media Aritmética (\bar{X})	46,74	48,00	45,12	47,16
Desviación estándar (σ)	5,086	4,789	5,960	5,550
Mediana	48,00	49,00	45,00	46,00
Mínimo	33,00	36,00	33,00	39,00
Máximo	53,00	54,00	55,00	58,00

En la tabla que resume los resultados de los tests realizados a los dos grupos (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) podemos observar cómo, en el primer test el grupo control obtiene unos resultados a priori algo superiores al grupo experimental. Aunque la media aritmética de grupo experimental es inferior a la del grupo control, el valor de la desviación indica una mayor dispersión de los resultados obtenidos en este grupo. Si tenemos en cuenta el siguiente gráfico (ver Figura 30) podemos observar cómo tanto el cuartil inferior como el superior del grupo de control se sitúa por encima de su homólogo del grupo experimental y al mismo tiempo tanto la media como la mediana presentan una diferencia similar. No obstante, este análisis comparativo no es para nada relevante en nuestro estudio, ya que lo que analizaremos es la relevancia de la diferencia entre las dos medidas en cada uno de los grupos.

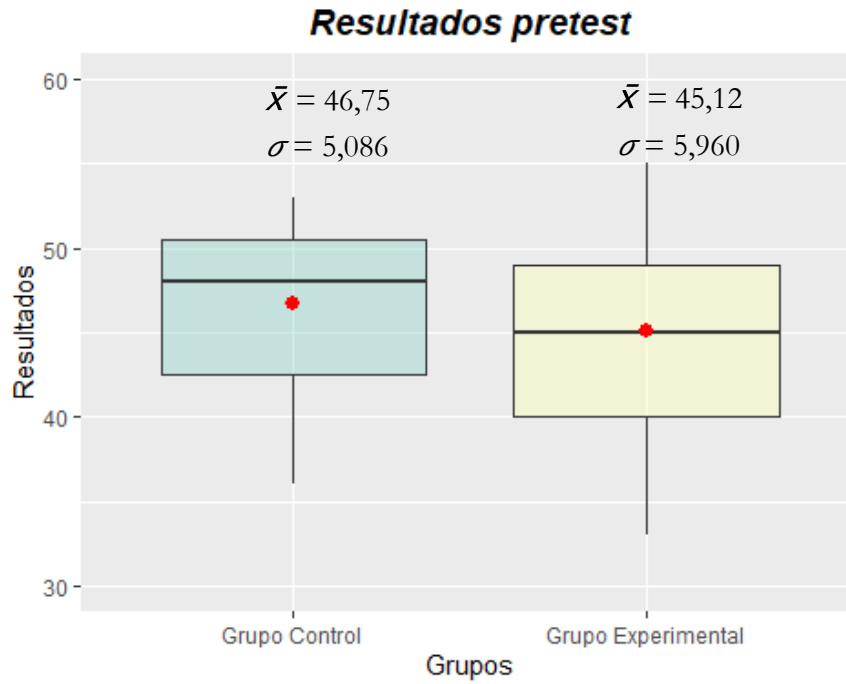


Figura 30: Gráfico comparativo del resultado del pretest

Si analizamos gráficamente los resultados del postest (ver Figura 31) vemos como el cuartil superior del grupo experimental supera al cuartil superior del grupo de control y al mismo tiempo se han acortado distancias entre las medias. Por otro lado, debido a que la segunda prueba es un retest, las medias y las medianas de ambos grupos se incrementan y las desviaciones se reducen. Esta mejora en los resultados del retest tanto en un grupo como en otro puede venir dada tanto por la evolución cognitiva usual, como por el hecho de que los resultados son siempre igual o superiores en un proceso de retest.

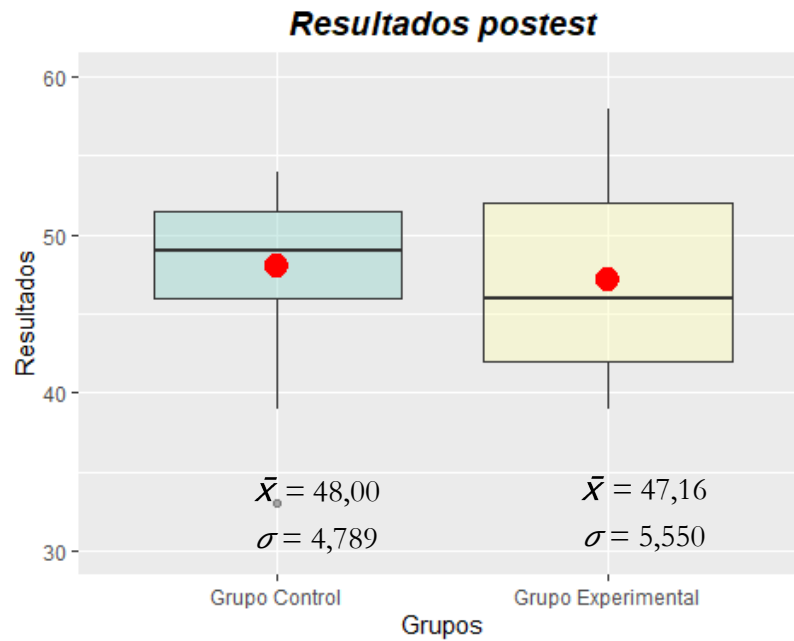


Figura 31: Gráfico comparativo del resultado del postest

Dada esta sensible disparidad entre los dos grupos es importante realizar una comparativa dentro del mismo grupo sobre la evolución de los valores psicométricos entre la prueba inicial y la prueba posterior. En esta revisión comparativa de ambos grupos por separado podemos observar cómo tanto las medias y medianas mejoran y cómo la desviación estándar se concentra. En concreto la media aritmética mejora un 2.69% para el grupo de control y un 4.52% para el grupo experimental. Es decir, existe casi un 2% de diferencia en la mejora entre un grupo y el grupo experimental. Siendo este dos por ciento un resultado realmente significativo, ya que multiplica por 1.68 la mejora en el retest respecto al grupo de control.

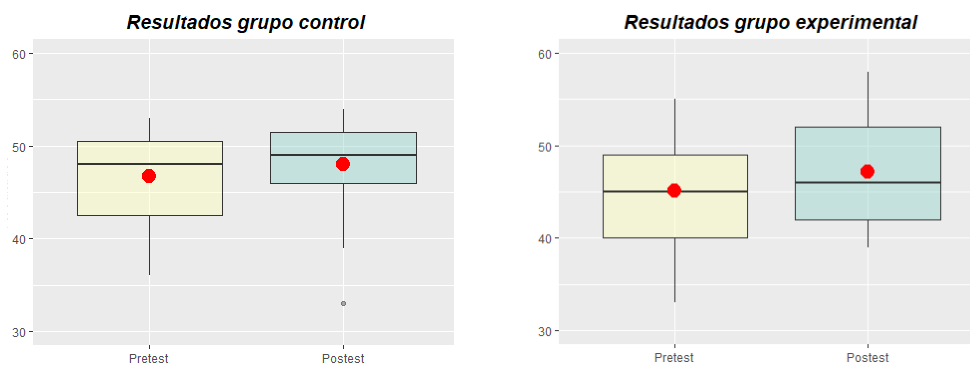


Figura 32: Gráficos comparativos entre pretest y postest

En ambos grupos la desviación estándar disminuye. Por un lado, disminuye un 5.84% para el grupo control y por otro un 6.88% para el grupo experimental. El dato realmente que nos da el análisis de la dispersión de los resultados es el análisis de los valores mínimos y máximos. En ambos grupos el cuartil inferior disminuye y por tanto los valores mínimos se acercan más a la mediana, siendo esto fruto del hecho que constituye realizar un restest. Pero en cambio los valores por encima de la mediana crecen mucho más en el grupo experimental, es decir tenemos un grupo considerable de alumnos que en la prueba inicial estaban por debajo del valor medio y que en esta segunda prueba o está muy cerca de ese valor medio.

Con estos datos podemos inferir que el grupo experimental no tan solo ha mejorado en los resultados de la prueba de forma significativa respecto al grupo de control, sino que se ha conseguido que los alumnos con unos resultados más bajos mejoren sus habilidades obteniendo unos resultados más cercanos al valor medio de la clase. Al mismo tiempo, el hecho de que los valores máximos hayan crecido tanto en el grupo experimental indica que hay un grupo reducido de alumnos que han mejorado sus habilidades cognitivas de una forma considerable. Siendo este hecho significativo, ya que es un indicador de que las acciones llevadas a cabo durante el estudio son un factor multiplicador del desarrollo de estas habilidades cognitivas tanto para todo el grupo en general, como para algunos alumnos especialmente receptivos a este tipo de acciones formativas.

El enfoque posiblemente más interesante del presente estudio es que en una metodología como la utilizada (pretest → acción formativa → postest) se requieren resultados que puedan ser utilizados en el contexto en el que se aplican y en el momento preciso que se necesitan (Alvira, 2002) porque de otra forma, pierden el sentido y la utilidad.

Esto implica que los resultados no tan solo deben ser significativos a nivel estadístico sino también a nivel práctico (Bickman y Rog, 1998). Por esta razón el procedimiento de recogida de datos y el análisis de resultados se debe adecuar totalmente al tiempo y los recursos disponibles, haciendo de está una investigación situada y auténtica con unas necesidades de resultados reales. Siendo estos resultados no tan solo fiables bajo un proceso de investigación riguroso, sino que deben ser válidos y creíbles para los destinatarios finales de la aplicación de dicha investigación.

Aunque este primer análisis de los parámetros estadísticos obtenidos a partir del volcado de datos indica la existencia de una mejora superior en el grupo experimental respecto a la evolución del grupo de control, se considera necesario someter los datos a algún tipo de prueba de análisis discriminante para corroborar la eficiencia de la acción llevada a cabo y con qué nivel de significancia.

4.3. Resultados de la prueba comparativa

En un formato de estudio con puntuaciones de pretest y postest (test dinámico) donde se analiza la efectividad del aprendizaje a partir de una intervención concreta existen toda una serie de problemas de carácter estadístico que debemos tratar. En este tipo de situación la puntuación refleja la adquisición de cierta habilidad por parte del estudiante al realizar tareas concretas. El resultado post incluye tres componentes:

- La habilidad inicial del estudiante
- El efecto debido a la repetición del propio test
- Efectos que puede tener la intervención realizada

Por tanto, la mejora en el resultado del postest respecto al resultado del pretest se puede tomar como una evidencia de mejora de las habilidades, pero dicha interpretación teniendo en cuenta valores psicométricos no es tan directa o simple (Zaaiman, Van Der Flier y Thijs, 2001).

Por tanto, una de las posibilidades es que la diferencia entre la puntuación entre el pretest y el postest dependa de la puntuación inicial. Es decir, un alumno que puntúa muy alto en el pretest es posible que no mejore tanto la puntuación como un alumno que puntúa muy bajo en el primer test debido a los efectos de la regresión estadística o al efecto techo del propio test. Por tanto, un cambio de puntuación entre un pretest y un postest no tiene por qué ser una medida de la cantidad de aprendizaje durante la acción. En un contexto como el que nos atañe, la validez predictiva de los instrumentos que se utilizan en el proceso de test dinámico es importante.

En términos psicométricos entendemos por validez la proporción de la varianza que es relevante para los fines de la prueba. Es decir, que es atribuible a la variable o características que mide la prueba. Por tanto, la validez predictiva hace referencia a la capacidad de dichas pruebas para predecir conductas futuras. Usualmente se utilizan los resultados para ayudar en la toma de decisiones prácticas donde cuanto mayor sea

la exactitud de la predicción, más útil será la prueba. Precisamente este es uno de los motivos importantes por los que se utiliza un test dinámico utilizando un pretest y un posttest, este tipo de pruebas son mucho menos sensibles a los factores ambientales (Zaaiman et al., 2001).

Desde un punto de vista estadístico los datos de los que se disponen son dos bloques de datos de pares relacionados. Es decir, el bloque de pares resultante del grupo control y el bloque de pares resultante de los dos tests del grupo experimental. Para este caso, dado que lo que se pretende es contrastar la hipótesis de si existe una relación entre la formación aplicada y la mejora en los resultados del test dinámico de matrices progresivas aplicado, el vehículo ideal es utilizar una prueba estadística de hipótesis como puede ser la prueba *t de Student*. No obstante, dicha prueba tan solo puede aplicarse cuando la población estudiada sigue una distribución normal y el tamaño de la muestra es pequeño, en caso contrario deberá aplicarse una prueba que no requiera una distribución normal en la muestra empleada como es el caso de la prueba no paramétrica *U de Mann-Whitney-Wilcoxon*. En nuestro caso, dado que la muestra es pequeña y uno de los grupos, como veremos a continuación, no presenta una distribución normal hemos aplicado una prueba distinta para cada grupo.

Test de normalidad

Para comprobar si la distribución de los mismos corresponde con una distribución normal utilizamos un test de normalidad como puede ser el test de Shapiro-Wilk o el de Kolmogorov-Smirnov. En nuestro caso dado que las muestras son inferiores a cincuenta datos utilizamos la prueba Shapiro-Wilk (resultados en ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.***).

Tabla 4: Resultados de la prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk (valor de p)
Grupo Control (pretest)	0.008967
Grupo Control (posttest)	0.006609
Grupo Experimental (pretest)	0.754267
Grupo Experimental (posttest)	0.128413

Una vez realizada la prueba de normalidad sobre los diferentes grupos de datos podemos comprobar como en el caso del grupo de control la hipótesis nula queda rechazada al obtener un valor de p inferior al 0.05 y por tanto podemos afirmar que el grupo de control no sigue una distribución normal. En cambio, el grupo experimental obtiene en los dos grupos de datos un resultado de p superior al 0.05, por tanto, sí que confirma la hipótesis nula y se puede afirmar que esos datos sí que siguen el patrón de una distribución normal.

Prueba comparativa

Tanto la prueba comparativa *t-student* como la *Mann-Whitney* se utilizan para verificar o refutar la hipótesis nula. En este caso la hipótesis nula afirma que **existe una relación entre la formación llevada a cabo y la mejora en los resultados de la prueba de matrices progresivas**. Este tipo de prueba usualmente se realiza estableciendo un nivel de confianza del 95%. En función del estudio puede establecerse un valor del 90% o del 99%, pero como convención se aplica un 95%. Para verificar la hipótesis nula planteada se debe obtener un resultado del valor p por debajo del nivel de significancia. Y se establece el nivel de significancia en un 0.05 para el nivel de confianza del 95%.

En el caso del grupo control al no seguir una distribución normal se utiliza el test no paramétrico de *Mann-Whitney* para pares dependientes obteniendo un resultado de p de 0.01018. Al ser superior al nivel de significancia del 0.05 establecido, la hipótesis nula queda refutada y por tanto no se puede afirmar que la formación estándar llevada a cabo por estos alumnos tenga relación alguna con la mejora en el posttest.

En cambio, para el grupo experimental se utiliza la prueba *t-student* con el mismo nivel de confianza y significancia y se obtiene un valor de p de 0.04268. Al ser inferior al nivel de significancia del 0.05 se corrobora la hipótesis nula. Por tanto, teniendo en cuenta los niveles de confianza del 95% se puede considerar que para el grupo experimental sí que existe una relación directa entre la acción formativa llevada a cabo y la mejora en los resultados de la prueba de matrices progresivas.

Con estos datos **podemos concluir que existe una relación directa entre la formación llevada a cabo y la incidencia sobre la mejora de las capacidades medidas por el instrumento diseñado**, por tanto, sobre las habilidades relacionadas con

las funciones ejecutivas. En cambio, en el grupo de control a pesar de percibirse una mejora entre el pretest y el posttest, esta no es lo suficientemente significativa como para atribuir una relación directa con la formación recibida.

4.4. Seguimiento y logs de trabajo

A partir de los datos de registro almacenados en el sistema de gestión de aprendizaje del centro (LMS) obtenemos información sobre el número de conexiones de los alumnos a dicha plataforma, la hora a la que realizan dicha conexión, si se conectan desde algún dispositivo del centro e incluso podemos saber qué acción realizan en dicho LMS. Desde el mismo entorno se dispone también de las calificaciones por parte del profesor de las diferentes actividades realizadas.

En un primer lugar se analiza el número de conexiones y de acciones que realizan los alumnos con la plataforma online y se intenta contrastar con la mejora en las pruebas del test. De forma similar se contrastan estos datos con las calificaciones obtenidas en las diferentes actividades. Pero no se obtiene ningún dato relevante, que pueda indicar una correlación entre dichas variables.

Al mismo tiempo, dado que la planificación de las tareas del grupo experimental como del grupo de control no obliga a los alumnos a realizar actividades fuera del horario escolar, podemos interpretar las conexiones a la plataforma fuera de la hora de clase como conexiones voluntarias y/o con intención de mejorar las habilidades trabajadas en clase. Observando estos datos sí que obtenemos algún resultado relevante.

El número de alumnos que realiza conexiones fuera del horario escolar, tanto en el grupo de control como en el grupo experimental son muy similares. Del grupo experimental durante los días que se realiza el estudio se conectan 10 alumnos fuera del horario de clase, y por parte del grupo de control lo hacen 12 alumnos (*ver **Error! No se encuentra el origen de la referencia.***). Dado que no se tienen datos de referencia anteriores sobre el seguimiento del trabajo online de dichos alumnos, es complicado contrastar cuántos de estos alumnos realizan dichas conexiones porque ya tienen un hábito consolidado de trabajar desde casa o cuántos lo hacen porque existe un elemento de motivación intrínseca.

Tabla 5: Conexiones al LMS fuera del horario escolar

	N. Alumnos	\bar{x}
Grupo Exp.	10	5
Grupo Control	12	2,83

Donde sí encontramos un valor interesante es cuando calculamos el valor promedio de la evolución en el pretest y posttest de estos alumnos. De los 10 alumnos del grupo experimental que realizan actividades fuera del horario escolar, en promedio mejoran su puntuación en el test en 5 puntos. En cambio, de los 12 alumnos del grupo de control que realizan actividades fuera del horario escolar, en promedio mejoran la puntuación del test en 2,83 puntos. Son datos interesantes, que refuerzan en parte los datos obtenidos a nivel global. No obstante, en todo caso estamos analizando un grupo muy reducido de alumnos donde unos pocos casos singulares pueden desviar fácilmente los resultados obtenidos.

4.5. Perspectiva de género

Si recuperamos los datos del estudio de Tellhed, Bäckström y Björklund (2017) sobre la percepción de autoeficacia entre las jóvenes de secundaria, donde concluyen que la percepción estereotipada de los alumnos los inclina hacia unas carreras u otras, y los contrastamos con los resultados de nuestro test vemos una contradicción entre la percepción de las estudiantes y los resultados de nuestro particular estudio.

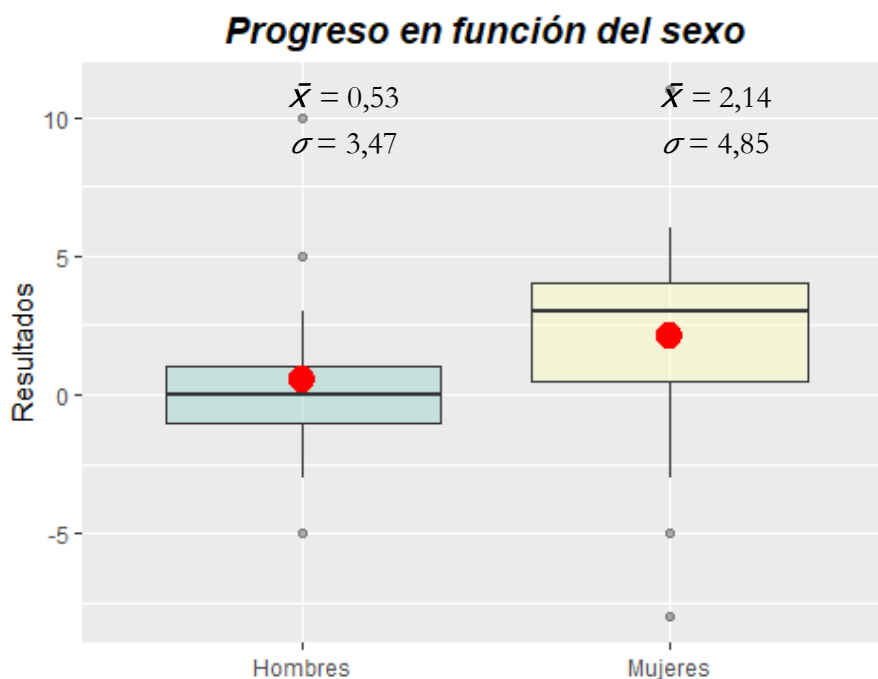


Figura 33: Mejora de los resultados en función del sexo

Si tenemos en cuenta tan solo el grupo experimental y analizamos la mejora entre el pretest y el posttest separando por sexo (*ver Figura 33*) podemos ver como en nuestro caso la mejora por parte de las chicas es más alta que la de los chicos. La diferencia promedio de los chicos es de un 0.53 y en cambio la mejora de las chicas es de un 2.14. Estos datos no son excesivamente concluyentes, ya que partimos de una muestra considerablemente pequeña. Pero sí se pueden considerar una evidencia a tener en cuenta cuando se contrastan con la selección profesional que realizan los mismos alumnos un curso después en la elección de asignaturas de carácter científico y tecnológico, tal y como realizan Tellhed, Bäckström y Björklund (2017).

De estos mismos alumnos, donde la efectividad de la formación en computación creativa tuvo un índice bastante más alto en las chicas que en los chicos, observamos como en la preselección de asignaturas optativas del curso siguiente esa efectividad no se corresponde con los intereses. En este centro antes de empezar el cuarto curso de ESO, los alumnos eligen qué asignaturas optativas quieren cursar cada trimestre. Deben seleccionar una asignatura para cada trimestre de un catálogo de siete asignaturas (filosofía, física y química, visual y plástica, informática, biología, música y latín). En esta elección que realizan, en casi todas las asignaturas el reparto entre chicas

y chicos es del 50%-50% o del 60%-40%, excepto en la asignatura de informática donde el reparto es del 72%-28%. Es decir, a pesar de tener probado que este tipo de actividades han tenido más repercusión (al menos en este caso) sobre las chicas, sus preferencias siguen siendo asignaturas de carácter no tecnológico (*ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*).

Tabla 6: Resultados de la selección de asignaturas optativas

	<i>Filosofía y psicología</i>	<i>Física y química</i>	<i>Visual y plástica</i>	<i>Informática</i>	<i>Biología y geología</i>	<i>Música</i>	<i>Latín</i>
<i>Chicos</i>	52%	56%	60%	72%	42%	52%	38%
<i>Chicas</i>	48%	44%	40%	28%	58%	48%	62%

Capítulo 5: Conclusiones

En el siguiente capítulo se presentan las diferentes conclusiones obtenidas a partir de los resultados más relevantes de la investigación. Dichas conclusiones están sometidas a discusión e interpretación de acuerdo al marco teórico que fundamenta el presente estudio, e intentan dar respuesta al objetivo general planteado de si existe una relación entre el desarrollo de las funciones ejecutivas y las actividades de computación creativa. Al mismo tiempo, como síntesis de las diferentes discusiones, el investigador aporta algunas sugerencias a modo de recomendación tanto para futuras investigaciones como para implementaciones de actividades de computación creativa.

5.1. Aportaciones

Objetivo de las actividades

El investigador inicia el presente estudio preocupado por la posible existencia de una analogía entre la tendencia actual de implantación de la programación de computadores y una conocida reflexión de Papert (1993). Esta reflexión hace referencia a cómo los centros educativos adoptaron el uso de LOGO dentro de sus currículums los años 80 y 90.

Según Papert, durante la implantación del uso de LOGO en las escuelas, para la mayoría de los administradores de centros escolares lo más lógico era reunir todos los equipos informáticos en un aula bajo el control de un profesor especializado. Dentro de esa lógica, el siguiente paso fue introducir esas actividades como una nueva asignatura, y poco a poco los rasgos subversivos del ordenador se fueron desvaneciendo y en lugar de atajar y desafiar la idea de las fronteras entre materias, se acabó convirtiendo en una nueva materia. Y lo que había empezado siendo un instrumento de cambio, quedó neutralizado por el sistema y convertido en un instrumento de consolidación del mismo. De esta forma perdía la intencionalidad original de la propuesta constructorista.

Tanto los resultados de la presente investigación como la bibliografía revisada (*ver apartados 1.1.5. y 1.1.1.*) indican que este tipo de actividades favorecen el desarrollo de ciertas habilidades cognitivas. Por tanto, podemos extraer que puede ser muy interesante **incluir este tipo de actividades dentro de los diferentes currículums siempre y cuando se tenga en cuenta que el foco se debe poner en la**

potenciación del desarrollo cognitivo y no en el aprendizaje de la creación de código (programación).

Sobreexpectación

Dentro del marco del desarrollo tecnológico, la ley de Amara (Isenberg, 2001) nos dice que normalmente tendemos a sobrevalorar el efecto de una tecnología a corto plazo y subestimar los efectos a largo plazo. De la misma forma el gráfico del ciclo de sobreexpectación de Gartner (Linden y Fenn, 2003), nos ofrece una idea de cómo es una tecnología percibida por los usuarios desde su lanzamiento a su adopción definitiva.

Si aplicamos este concepto al ámbito docente en el que se enmarca el presente estudio, es posible que estemos en la fase de consolidación (*slope of enlightenment*), o también cabe la posibilidad de que estemos nuevamente en el inicio de la curva (*peak of inflated expectations*) de dicho gráfico (*ver Figura 34*). Depende de si consideramos las propuestas de Papert en los años 80 o 90 como el lanzamiento, o si situamos esta fase en la actualidad.

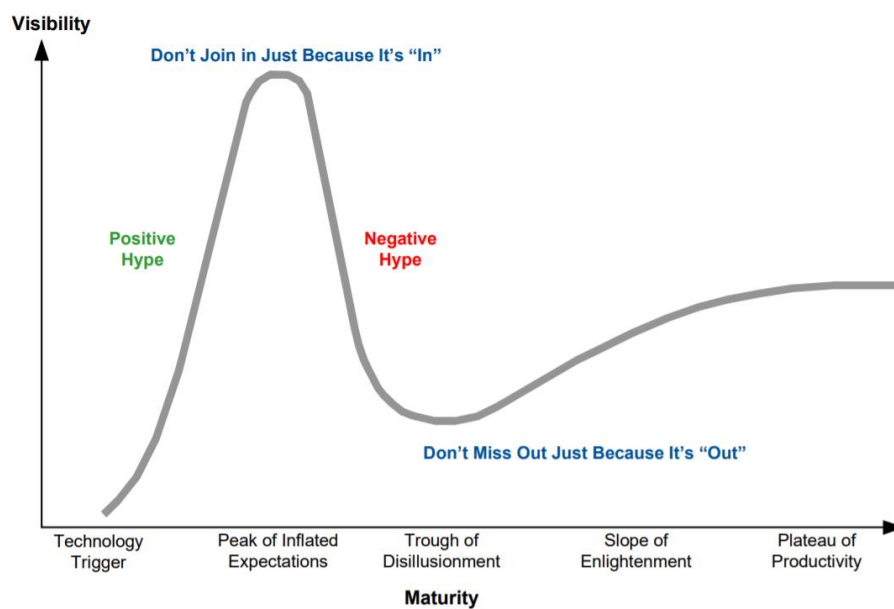


Figura 34: Ciclo de sobreexpectación (Linden y Fenn, 2003)

No obstante, una vez analizado el estado de la cuestión actual del desarrollo de actividades de computación creativa y revisada la trayectoria histórica (*ver apartado*

1.1.4), todo indica que estamos nuevamente en un ciclo de sobreexpectación. En consecuencia, la evidencia indica que sería adecuado apostar por **establecer un prisma crítico a la hora de decidir qué tipología de actividades se adoptan. Por tanto puede ser muy recomendable priorizar aquellas actividades lo más imperecederas** posibles para amortizar el aprendizaje por parte de la comunidad educativa, y **lo más multidisciplinares posibles para generar el deseado cambio metodológico y transversal dentro de los currículums. Siendo este cambio metodológico el objeto que persiguen tanto las teorías de Papert (1980) como Wing (2006).**

Instrumentos e indicadores

El diseño metodológico del presente estudio realizado bajo un prisma cuasiexperimental nos permite sintetizar el proceso del estudio y obtener unos datos cuantificables, replicables y escalables. Al mismo tiempo, tanto en el diseño del estudio como en la ejecución del mismo se tuvieron en cuenta las diferentes casuísticas de organización de los centros. El objetivo de esto no era otro que el de hacer la **aplicación de los instrumentos metodológicos lo más transparente posible y afectando mínimamente al funcionamiento ordinario del centro.** Construyendo de esta forma un indicador del progreso cognitivo fácilmente replicable que permite cuantificar dentro de un mismo grupo la afectación que las acciones formativas llevan a cabo. Es por esta razón (la escalabilidad y la replicabilidad) por la que se decide automatizar tanto el proceso de filtrado, como el de análisis de los datos mediante diferentes herramientas de software.

El segundo instrumento que se diseña consiste en un filtrado y análisis de los datos que provienen de la plataforma virtual de aprendizaje (*LMS*) para obtener información sobre el contexto de trabajo de los alumnos (*ver apartado 2.2.3.2*). En este caso, ese filtrado es bastante manual y los datos que se necesitaban obtener eran simples. Pero durante la construcción de este instrumento, se valoró la potencialidad de estos datos y se realizó una prospectiva de las posibilidades de las diferentes herramientas de *Machine Learning*¹⁸ integradas en este tipo de plataformas. Por otro lado muchos de los

¹⁸ *El Machine Learning es una rama de la inteligencia artificial que estudia el desarrollo de técnicas para que los ordenadores puedan aprender de forma autónoma y reconocer patrones analizando datos.*

centros educativos de Cataluña utilizan plataformas de tipo *LMS* para la gestión del aprendizaje fuera y dentro del centro escolar (PuntTic, 2016) pero muy pocos de ellos construyen indicadores a partir de los datos que se generan. Actualmente de forma sencilla se pueden **generar indicadores utilizando las plataformas *LMS* que permiten mejorar los procesos de aprendizaje.**

Diseño de materiales

Como producto colateral del estudio se planificaron diez sesiones de trabajo, se crearon 27 vídeos online accesibles de forma abierta desde un canal de *Youtube* y 17 proyectos listos para *debugar* disponibles en el repositorio de *scratch.mit.edu*. De los 27 vídeos, 12 se destinan a la exposición práctica de diferentes conceptos y 15 son ejercicios prácticos guiados en formato de tutorial (*ver Anexo 1: Materiales didácticos desarrollados*). Estos materiales se desarrollan siguiendo algunos de los preceptos del diseño instruccional de Merrill (2002) y de las experiencias previas de Brennan y Resnick (2012) como se describe en el *capítulo 3*. **De forma intrínseca estas pautas de diseño consiguen una mayor adaptación a la diversidad** ya que, tal y como se evidencia con los resultados (*ver apartado 4.2 y 4.3*) la mejora de los resultados en el grupo experimental no tan solo es alta en los alumnos con un perfil de resultados altos en la prueba inicial, sino que los alumnos con resultados más bajos también consiguen mejorar sus resultados en un porcentaje mayor al del grupo de control.

Perspectiva de género

Desde el punto de vista de la perspectiva de género, tanto los resultados de la formación como los del test indican una mejora mayor en porcentaje por parte de las chicas. No obstante, esta potencial mejora de la autoeficacia sigue sin traducirse en un incremento de la motivación hacia asignaturas de carácter tecnológico. En la selección de asignaturas optativas que realizan los mismos estudiantes para el siguiente curso tan sólo el 29% de las chicas eligen asignaturas de carácter tecnológico (*ver apartado 4.5*). Estos datos responden al objetivo secundario (P1) de la presente investigación. Efectivamente existe una brecha de género en asignaturas de carácter tecnológico y esta brecha viene dada seguramente por un sentido de pertenencia social, ya que de forma contradictoria los resultados indican una mayor habilidad con este tipo de contenidos por parte de las chicas.

Es muy posible que a pesar de que la experiencia pueda haber afectado a la percepción de autoeficacia de las chicas aun sea necesario trabajar los otros dos aspectos analizados (*ver apartado 1.1.7*). Es decir, tanto las investigaciones previas como los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren la necesidad de **incluir una visión de género en este tipo de actividades**. Esta perspectiva de género debería incidir sobre tres focos principales:

- **La mejora de la percepción de autoeficacia, con el objetivo de incidir sobre el sentido de la pertenencia social**
- **La exposición de referentes femeninos del área tecnológica (tanto históricos, como actuales y/o cercanos)**
- **Alineación de las actividades con motivaciones extrínsecas más cercanas a los intereses de las chicas**

5.2. Limitaciones metodológicas del estudio

Desde el punto de vista del estudio experimental existen dos limitaciones que pueden superarse en investigaciones posteriores. El primer aspecto hace referencia a la replicación del estudio para comparar la respuesta obtenida en diferentes contextos. Dado que la muestra está contextualizada dentro de un centro y un curso concreto, el investigador considera de interés replicar el mismo formato de estudio en centros con contextos diferentes y en otros cursos para obtener información de mayor espectro sobre la relación entre las actividades de computación creativa y las funciones ejecutivas.

Por otro lado, otro de los aspectos a explorar es la complementación de la medida psicométrica utilizada con otros instrumentos como pueden ser los resultados de electroencefalogramas (EEG) o electromiogramas (EMG). Pudiendo de esta forma contrastar y/o enriquecer los resultados obtenidos con un análisis más específico de las diferentes funciones y estructuras activadas con las acciones formativas. Esta ampliación del estudio pasa seguramente por un replanteamiento logístico de las pruebas originado por la complejidad técnica añadida de los EMG y los EEG. Al mismo tiempo, el coste de llevar a cabo dicha ampliación del estudio tan solo tiene sentido dentro de un proyecto de mayor alcance, envergadura y presupuesto.

5.3 Prospectiva de la investigación

Chicas y tecnología

En el apartado 1.1.7. *La perspectiva de género dentro en las asignaturas tecnológicas*, a partir de la consulta documental de referentes, se localizan tres focos concretos como causa de la desafección de las jóvenes por las carreras de carácter tecnológico. Actualmente el investigador está trabajando este frente desde el proyecto *TecnoGirl*¹⁹ liderado por la Diputación de Barcelona y la Universidad Tecnocampus-UPF. Dentro del marco de este proyecto se pretende atacar con diferentes acciones los orígenes de dicha brecha de género y se recogen resultados a medio y largo plazo sobre la eficiencia de dichas acciones. En este caso, de una forma mucho más cualitativa, se recogen datos de las participantes en las diferentes actuaciones para más tarde llevar a cabo un análisis de resultados y seguimiento de estos en un plazo no menor de dos años.

Funciones ejecutivas y TDAH

Durante la revisión de la bibliografía que hace referencia a las funciones ejecutivas, el investigador encuentra interesante cómo en algunas de las publicaciones de Diamond (2013) se pone de manifiesto la relación existente entre algunas funciones ejecutivas y diferentes trastornos como el de déficit de atención e hiperactividad (TDAH). Este tipo de trastorno está intrínsecamente vinculado al control de inhibición. Esta relación conduce hacia la ampliación del presente estudio, situando el foco en la evolución de esta función ejecutiva durante la ejecución de acciones formativas relacionadas con la computación creativa. Esto implicaría rediseñar los instrumentos y la metodología para adaptarlos a la nueva casuística. Y de esta forma se abre la posibilidad a la definición de acciones para mejorar el tratamiento de dicho trastorno o incluso a delimitar que pautas de diseño de actividades pueden ser más recomendables.

¹⁹ <http://tecnogirl.tecnocampus.cat>

Referencias bibliográficas

- Abdalla, L., Ahmad, Y., Balch, C., Bentley, Z., Bosic, R., Bowman, C., ... Wu, K. (2019). Scratch. Recuperado de Scratch website: <https://scratch.mit.edu/>
- Abe, K. (2003). WorldStethoscope. Recuperado de <https://swikis.ddo.jp/WorldStethoscope/1.version?id=79>
- Albo-Canals, J., Feerst, D., de Cordoba, D., y Rogers, C. (2015). A Cloud Robotic System based on Robot Companions for Children with Autism Spectrum Disorders to Perform Evaluations during LEGO Engineering Workshops. *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts - HRI'15 Extended Abstracts*, 173-174. <https://doi.org/10.1145/2701973.2702057>
- Albusac, M. (2017). *Music and Default Mode Network: Functional and structural changes*. Universidad de Granada.
- Alvira, F. (1985). La investigación evaluativa: Una perspectiva experimentalista. En *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, (29), 129. <https://doi.org/10.2307/40183087>
- Alvira, F. (1983). Perspectiva cuantitativa en la metodología sociológica. En *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, (22) (pp. 53-76).
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., y Bloom, B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Recuperado de <http://books.google.com/books?id=JPkXAQAAMAAJ&pgis=1>
- Araujo, A., Fernandez, A., Garcia, C., Rodriguez, M., y Rovira, C. (2015). Ambición MOOC, entre líneas. En *Global e-learning* (pp. 105-119). Madrid: UDIMA.
- Ayuntamiento de Mataró. (2018). Estudio de la población 2018. Recuperado 8 de noviembre de 2019, de <https://www.mataro.cat/ca/actualitat/publicacions/estudi-de-la-poblacio-de-mataro/estudi-de-la-poblacio-mataro-des-del-2001-al-2018/estudi-de-la-poblacio-mataro-1-de-gener-de-2018>
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Bell, L. (2015). BBC teams with ARM, Microsoft and Samsung to launch Micro:bit and get kids coding. Recuperado 28 de enero de 2020, de <https://www.theinquirer.net/inquirer/news/2416670/bbc-teams-with-arm-microsoft-and-samsung-to-launch-micro-bit-and-get-kids-coding>

- Bell, T., y Vahrenhold, J. (2018). CS Unplugged. En H. Böckenhauer, D. Komm, & W. Unger (Eds.), *Adventures Between Lower Bounds and Higher Altitudes* (pp. 497-521). Springer.
- Bialystok, E., Craik, F. I. M., Grady, C., Chau, W., Ishii, R., Gunji, A., y Pantev, C. (2005). Effect of bilingualism on cognitive control in the Simon task: Evidence from MEG. *NeuroImage*, *24*(1), 40-49.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.09.044>
- Bian, L., Leslie, S. J., y Cimpian, A. (2017). Gender stereotypes about intellectual ability emerge early and influence children's interests. *Science (New York, N.Y.)*, *355*(6323), 389-391. <https://doi.org/10.1126/science.aah6524>
- Bickman, L., y Rog, D. J. (1998). *The Sage Handbook of Applied Social Research Methods*. Thousand Oaks: Sage IX-XIX.
- Boninger, F., Molnar, A., y Saldaña, C. M. (2019). *Personalized learning and the digital Privatization of CurriCulum and teaChing National Education Policy Center*. 0249(802). Recuperado de <http://nepc.colorado.edu/publication/personalized-learning>.
- Brennan, K. (2015). Beyond Technocentrism. Supporting Constructionism in the Classroom. *Constructivist Foundations*, *10*(3), 289-296.
- Brennan, K., Chung, M., y Hawson, J. (2011). Creative computing: A design-based introduction to computational thinking. Recuperado 8 de noviembre de 2019, de <http://scratched.gse.harvard.edu/sites/default/files/curriculumguide-v20110923.pdf>
- Brennan, Karen, y Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *American Educational Research Association*. Recuperado de http://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA2012_C T.pdf
- Buchele, S. F., y Owusu-Aning, R. (2007). The One Laptop Per Child (OLPC) Project and Its application to Ghana. *Proceedings of the 2007 international conference on adaptive science and technology*, 113-118.
- Bustillo-Bayón, J., Vizcarra-Morales, M., y Aristizabal-Llorente, P. (2014). Análisis del proceso formativo de un grupo de reclusos en un taller de Scratch. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, *13*(1), 37-49.
- Campbell, D., y Stanley, J. (2012). *Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.

- Cattell, R. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of educational psychology*, 54(1).
- Clair-Thompson, H., y Gathercole, S. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition and working memory. *The quarterly journal of experimental psychology*, 59(4), 745-759.
- Dewey, J. (1933). *The Later Works of Jhon Dewey (vol. 8)*. Illinois: Southern Illinois University Pres.
- Diamond, A. (2002). Normal Development of Prefrontal Cortex from Birth to Young Adulthood: Cognitive Functions, Anatomy, and Biochemistry. En R. Kingith & D. Stuss (Eds.), *Principles of Frontal Lobe Function* (pp. 466-503). <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0029>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135.
- Diamond, A. (2015). Why improving and assessing executive functions early in life is critical. En *Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research*. <https://doi.org/10.1037/14797-002>
- Dilmen, N. (2014). Physical computing. Recuperado 8 de noviembre de 2019, de https://en.wikipedia.org/wiki/Physical_computing#/media/File:Physical_computing.svg
- Duncan, J., Seitz, R., Kolodny, J., Bor, D., Herzog, H., Ahmed, A., y Emslie, H. (2000). A neural basis for intelligence. *Science*, 289(5478), 457-460.
- España. (1999). Ley Orgánica 15/1999, de 13 de septiembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. *Boletín Oficial del Estado*, (298, 13 de septiembre). Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1999-23750>
- España. (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado*, 295(1), 27548-27562.
- Espinoza, R., y Rios, S. (2017). El diario de campo como instrumento para lograr una práctica reflexiva. *XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa*, 1-11. Recuperado de <http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/doc/1795.pdf>
- Furber, S. (2012). *Shut Down or Restart? The Way Forward for Computing in UK Schools*. London: The Royal Society.
- Garaigordobil, M., y Torres, E. (1996). Evaluación de la creatividad en sus correlatos con inteligencia y rendimiento académico. *Revista de Psicología Universitas Tarraconensis*, XVIII(1), 87-98.

- García, M. (2012). *Las funciones ejecutivas cálidas y el rendimiento académico*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=95146>
- Gil, C. (1967). Influencia del medio en los tests psicológicos. *Actas y Trabajos, II Congreso Nacional de Psicología*, 293-299.
- González, C. (1965). Estudio del Raven sobre una población de 80.000 hombres. *Revista de Psicología General y Aplicada. Actas X Reunión de la SEP*, 78(5).
- González, C. (2014). Videojuegos para la transformación social. Aportaciones conceptuales y metodológicas. Recuperado de <https://www.scribd.com/doc/228084574/Videojuegos-para-la-Transformacion-Social-Videojuego-Serio-y-Gamificacion-Tesis-Doctoral%5Cnhttp://dkh.deusto.es/comunidad/thesis/recurso/videojuegos-para-la-transformacion-social-aportaci/908a88d7-4b79-4d3a-bad4-7a537>
- Harvey, B., y Mönig, J. (2010). Bringing «no ceiling» to scratch: Can one language serve kids and computer scientists. *Constructionism*, 1-10. Recuperado de <https://delos.uoa.gr/opendelos/player?rid=71e8a713>
- Hillman, C., Pontifex, M., Castelli, D., Khan, N., Rain, L., Scudder, M., ... Wu, C.-T. (2014). Effects of the FITTKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *Pediatrics*, 134(4), e1063-e1071.
- Isenberg, D. (2001). Amara's Law. Recuperado 8 de abril de 2020, de <http://isen.com/archives/011126.html>
- Ito, M. (2009). *Engineering play: A cultural history of children's software*. Cambridge: MIT Press.
- Kay, A. (2003). Background on How Children Learn. *Vienpoints Research Institute*. Recuperado de http://vpri.org/pdf/m2003002_how.pdf
- Kay, A. (2005). Squeak Etoys Authoring & Media. *Vienpoints Research Institute*, 1-7. Recuperado de http://vpri.org/pdf/rn2005002_authoring.pdf
- Koschitz, D., y Rosenbaum, E. (2012). Exploring algorithmic geometry with 'Beetle Blocks': A graphical programming language for generating 3D forms. *Proceedings of the 15 th International Conference on Geometry and Graphics*, 380-389.
- Larson, L., y Northen, T. (2011). 21st Century Skills: Prepare Students for the Future. *Kappa Delta Pi Record*, 47(3), 121-123.
- Latorre, A., Rincón, D., y Arnal, J. (2003). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Experiencia, 2003.
- Lezak, M. D. (1982). THE PROBLEM OF ASSESSING EXECUTIVE

- FUNCTIONS. *International Journal of Psychology*, 17(1-4), 281-297.
<https://doi.org/10.1080/00207598208247445>
- Linden, A., y Fenn, J. (2003). *Understanding Gartner's hype cycles. Strategic Analysis Report R-20-1971*. Standford.
- López, J. (2012). Identificación y regulación de emociones con Scratch. En J. Hernández, M. Pennesi, D. Sobrino, & A. Vázquez (Eds.), *Tendencias emergentes en Educación con TIC* (pp. 67-83). Barcelona: Asociación Espiral, Educación y Tecnología.
- Maeda, J. (2001). *Design by numbers*. Massachusetts: MIT Press.
- Maloney, J., Mönig, J., y Romagosa, B. (2019). Microblocks. Recuperado 8 de noviembre de 2019, de <http://microblocks.fun/>
- Merril, M. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology. Research and Development*, 50(3), 43-59.
- Miller, K., Khon, M., y Schooler, C. (1985). Educational self-direction and the cognitive functioning of students. *Social Forces*, 63, 923-944.
- Ministerio de Fomento. (2001). Catalogo de Barrios Vulnerables. Recuperado 8 de noviembre de 2019, de <https://apps.fomento.gob.es/BarriosVulnerables/>
- Minsky, M. (1988). *The society of mind*. New York: Simon and Schuster.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., y Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex «Frontal Lobe» Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moreno-León, J., Robles, G., y Román-González, M. (2015). Dr. Scratch: Análisis Automático de Proyectos Scratch para Evaluar y Fomentar el Pensamiento Computacional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (46).
<https://doi.org/10.6018/red/46/10>
- Muntaner-Perich, E. (2012). Estimulant la creativitat i l'esperit crític dins de l'escola a través de la robòtica i la intel·ligència artificial: un cas d'estudi al sud de l'Índia. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 5(1), 78-97.
- O'Sullivan, D., y Igoe, T. (2004). *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers*. Boston: MA: Course Technology Press.
- OECD. (2015). Education at a Glance 2015: OECD Indicators. En *OECD Publishing*. Recuperado de <http://proxy.libraries.smu.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.as>

- px?direct=true&db=eric&AN=ED563493&site=ehost-live&scope=site%0Ahttp://dx.doi.org/10.1787/eag-2015-en
- Ollero, A. (2001). *Robótica, manipuladores y robots móviles*. Barcelona: Marcombo.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms Children, Computers, and Powerful Ideas* (Second edition). En *BasicBooks* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1037/023990>
- Papert, S. (1993). The children's machine: Rethinking school in the age of the computer. En *Technology Review-Manchester NH*. New York: Basic Books.
- Piaget, J. (1941). Child's Conception of Number. En *Child's Conception of Number*. <https://doi.org/10.4324/9781315006222>
- Piaget, J. (1955). *Child's Construction of Reality* (1.^a ed.). Routledge & Kegan Paul PLC.
- Poon, K. (2018). Hot and cool executive functions in adolescence: Development and contributions to important developmental outcomes. *Frontiers in Psychology*, 8(JAN). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02311>
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On the Horizon*, Vol. 9, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>
- Puntíic. (2016). <http://punttic.gencat.cat/es/article/ensenyament-potencia-lus-de-moodle-les-escoles>. Recuperado de Generalitat de Catalunya website: <http://punttic.gencat.cat/es/article/ensenyament-potencia-lus-de-moodle-les-escoles>
- Puy, A. (2016). *Científicas en cifras 2015*. Recuperado de http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/Informe_Cientificas_en_Cifras_2015_con_Anexo.pdf
- Raven, J. (1981). *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales*. London: HK Lewis.
- Redecker, C., Leis, M., Leenderste, M., Punie, Y., Gijsbers, G., Kirschner, P., y Hoogveld, B. (2010). *The future of learning: New ways to learn new skills for future jobs*. Seville: Technical Note JRC60869.
- Resnick, M. (1996). Distributed Constructionism. *The 1996 International Conference of the Learning Sciences*, 280-284.
- Resnick, M. (2007). All i really need to know (about creative thinking) i learned (by studying how children learn) in kindergarten. *Creativity and Cognition 2007, CC2007 - Seeding Creativity: Tools, Media, and Environments*, 1-6. <https://doi.org/10.1145/1254960.1254961>

- Resnick, M., Kafai, Y., y Maeda, J. (2003). *Networked, Media-Rich Programming Environment to Enhance Technological Fluency at After-School Centers*. Washington: National Science Foundation.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernandez, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... Kafai, Y. (2009). Scratch: Programing for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67.
- Richard, G. T. (2007). Employing Physical Computing in Education: How Teachers and Students Utilized Physical Computing to Develop Embodied and Tangible Learning Objects. *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*, 4(3), 93-102.
- Riley, L. (2019). Raven Matrices. Recuperado 8 de noviembre de 2019, de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ec/Raven_Matrix.svg/2000px-Raven_Matrix.svg.png
- Rodao, F. (1982). *El test de Matrices Progesivas de Raven. Manual de aplicación y baremación española en preescolar y E.G.B.* Madrid: CEPE.
- Rodríguez, M. A. (2014). Invitado: Música, ritmos y melodias. Recuperado 28 de enero de 2020, de https://www.youtube.com/watch?v=ivNj8Rg0JlM&list=PLqEro_vpDCG6FM Rc4Qx2qs5tLSQhA9Mvc&index=17
- Rodríguez, M. A., y Bernadó, E. (2018). Tecnogirl: Inspirar, entrenar y co-crear. *Congrés Dones, Ciència i Tecnologia*, 161-168. Terrassa: Omnia Science.
- RStudio Inc. (2019). *RStudio (v1.2.1335) [Software]*. Recuperado de <https://rstudio.com/>
- Sennet, R. (2014). El artesano. En *Igarss 2014*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Solomon, C. J., y Papert, S. (1976). A case study of a young child doing turtle graphics in LOGO. *AFIPS Conference Proceedings - 1976 National Computer Conference AFIPS 1976*, 1049-1056. <https://doi.org/10.1145/1499799.1499945>
- Solomon, R. L. (1949). An extension of control group design. *Psychological Bulletin*, 46(2), 137-150. <https://doi.org/10.1037/h0062958>
- Spearman, C. (1904). «General Intelligence,» Objectively Determined and Measured. *The American Journal of Psychology*, 15(2), 201. <https://doi.org/10.2307/1412107>
- Tellhed, U., Bäckström, M., y Björklund, F. (2017). Will I Fit in and Do Well? The Importance of Social Belongingness and Self-Efficacy for Explaining Gender

- Differences in Interest in STEM and HEED Majors. *Sex Roles*, 77(1-2), 86-96.
<https://doi.org/10.1007/s11199-016-0694-y>
- Trilling, B., y Fadel, C. (2010). 21st Century Skills: Learning for Life in Our Times.
En *Choice Reviews Online* (Vol. 47). <https://doi.org/10.5860/choice.47-5788>
- Vázquez, Á., y Manassero, M. (2009). Patrones actitudinales de la vocación científica y tecnológica en chicas y chicos de secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 50(4), 1.
- Vygotsky, L. S. (1978). Interaction between Learning and Development. En *Mind in Society*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
<https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wright, A., y Diamond, A. (2014). An effect of inhibitory load in children while keeping working memory load constant. *Frontiers in psychology*, 5, 213.
- Zaaiman, H., Van Der Flier, H., y Thijs, G. D. (2001). Dynamic Testing in Selection for an Educational Programme: Assessing South African Performance on the Raven Progressive Matrices. *International Journal of Selection and Assessment*, 9(3), 258-269. <https://doi.org/10.1111/1468-2389.00178>
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una alfabetización digital. *Revista de Educación a DistanciaZ*, 46(4). Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/46>

Anexos

Anexo 1: Materiales didácticos desarrollados

En este anexo se describen los diferentes materiales didácticos diseñados para la ejecución de las acciones formativas dentro del aula. Tanto la programación de las diferentes sesiones como los distintos materiales audiovisuales están disponibles en la plataforma de vídeo por streaming *Youtube*.

Programación de sesiones

Siguiendo las pautas especificadas en el capítulo 3 se diseñan diez sesiones de trabajo en clase para que los diferentes profesores que implementan las acciones formativas sigan las mismas pautas de trabajo. Las primeras sesiones (sesión 1 y sesión 2) consisten en actividades colaborativas y lúdicas donde los alumnos aprenden el uso de la herramienta mediante la creación, diseño y personalización de diferentes ejemplos y revisan su trabajo a partir del feedback que proporcionan sus compañeros.

En el segundo grupo de sesiones, los alumnos mejoran sus habilidades con el código conectando los conceptos aprendidos anteriormente con la resolución de los diferentes problemas planteados. Poco a poco estas actividades incrementan su complejidad y cada vez es más necesario planificar las acciones a realizar para conseguir resolver los diferentes retos propuestos.

En las últimas cuatro sesiones se diseñan actividades a partir de una propuesta inicial con un reto asequible casi para cualquier nivel. Se les proponen diferentes opciones y posibilidades para que puedan explorar diferentes soluciones y propuestas, diseñando y creando sus propias versiones de los ejercicios.

Sesión 1

Scratch Cards

Descripción

En esta sesión los alumnos empiezan a trabajar con Scratch directamente de forma práctica, probando una serie de proyectos sencillos que exploran las diferentes posibilidades de la herramienta. Para ello se les proporcionan diferentes tarjetas impresas donde en el anverso aparece el objetivo que se quiere conseguir y en el reverso se especifica el código necesario para conseguir ese objetivo.

Objetivos

- Comprender el contexto de funcionamiento de Scratch
- Explorar las posibilidades del entorno
- Tener un primer contacto con la programación

Actividades

Se pide a los alumnos que abran el software de Scratch y lo exploren durante unos minutos. Se reparten unas tarjetas donde en una cara aparece una imagen de lo que se quiere conseguir y en el reverso aparece cómo realizar ese programa o animación. Una vez que el alumno ha completado el contenido de la tarjeta, la intercambia con un compañero mostrando el resultado de lo que ha conseguido a otros alumnos. Unos 15 minutos antes de finalizar la sesión se hace una pausa y los alumnos ponen en común lo aprendido con el resto de la clase.

Recursos

- Scratch Cards (Español): <http://scratched.gse.harvard.edu/resources/cartas-de-scratch-en-espa%C3%B1ol-corregidas>
- Más Scratch Cards: <https://scratch.mit.edu/ideas>

Sesión 2

Explicar historias

Descripción

En esta sesión los alumnos en grupos de dos o tres deben construir una historia donde intervienen al menos tres personajes. Los personajes aparecen, se mueven por el escenario y establecen un diálogo entre ellos.

Objetivos

- Utilizar Scratch como vehículo para explicar historias
- Trabajar el concepto de paralelismo de los diferentes objetos del programa
- Comprender la secuencialidad y la temporización

- Entender el concepto de evento dentro de Scratch

Actividades

Los alumnos deberán pensar una historia, definir qué personajes participan en ella y describir cómo se comunican. Se recomienda diseñar una historia sencilla sin excesiva complejidad, pero con la intervención de al menos tres personajes que interactúan entre ellos. De forma opcional se deberá exponer el funcionamiento de los bloques de comunicación entre *sprites*²⁰ para que los alumnos puedan experimentar tanto con la comunicación síncrona, como asíncrona. A media sesión se incentiva a los alumnos a compartir sus historias y recibir retroacción de sus compañeros para mejorarla de forma colaborativa.

Sesión 3

Debugar 1

Descripción

En esta primera sesión de debugado los alumnos deben recuperar diferentes programas incompletos o defectuosos y después de localizar los errores deberán arreglarlos. En esta primera sesión de debugado se propone el trabajo con diferentes ejemplos que hacen hincapié en la comprensión del movimiento, utilizando tanto coordenadas cartesianas como coordenadas polares.

Objetivos

- Comprender y poner en práctica el proceso de testeo y debug
- Desarrollar estrategias para abordar el testeo y debug
- Comprender el funcionamiento de las coordenadas polares y cartesianas

²⁰ Dentro del contexto de los videojuegos un *sprite* es un elemento animado que forma parte del juego como puede ser un personaje o un objeto.

Actividades

Se propone a los alumnos la resolución de diferentes programas con errores o defectos. Para resolverlos deberán poner en práctica tanto los conceptos trabajados en anteriores sesiones como las habilidades de debugado, y la relación entre movimientos cartesianos y polares.

Recursos

- Simuladores del 1 al 4

Sesión 4

Debugar 2

Descripción

Nuevamente los alumnos deben recuperar diferentes programas incompletos o defectuosos para localizar los errores y arreglarlos. En concreto estos nuevos ejercicios inciden sobre el trabajo con estructuras iterativas y condicionales. Por tanto, revisan nuevamente los conceptos de secuencialidad y paralelismo que son vitales para entender la temporización en la que se ejecutan las diferentes instrucciones.

Objetivos

- Comprender y poner en práctica el proceso de testeo y debug
- Desarrollar estrategias para abordar el testeo y debug
- Comprender el funcionamiento de los bucles y condicionales
- Asentar los conceptos referentes a la secuencialidad y el paralelismo de las acciones realizadas

Actividades

Se propone a los alumnos la resolución de diferentes programas con errores o defectos. Para resolverlos deberán poner en práctica tanto los conceptos trabajados en anteriores sesiones como las habilidades de debugado, y el funcionamiento de las diferentes estructuras de control de flujo del código. Es posible que necesiten revisar conceptos

utilizando los vídeos de recursos que hablan sobre los condicionales, los bucles, las variables y los sensores.

Recursos

- Simuladores del 5 al 9

Sesión 5

Debugar 3

Descripción

Esta sesión vuelve a consistir en una serie de programas incompletos o defectuosos que los alumnos deben arreglar. En este caso los diferentes ejemplos propuestos vuelven a incidir sobre el uso de la secuencialidad y el paralelismo de las diferentes acciones. Al mismo tiempo, se trabajan diferentes formas de interacción tanto usando el teclado como el ratón, algo que será muy útil para cuando deban aplicarlo en los proyectos más complejos de las sesiones posteriores.

Objetivos

- Comprender y poner en práctica el proceso de testeo y debug
- Desarrollar estrategias para abordar el testeo y debug
- Comprender el funcionamiento de los diferentes operadores matemáticos y lógicos
- Explorar diferentes opciones de interacción con teclado y ratón

Actividades

Se propone a los alumnos la resolución de diferentes programas con errores o defectos. Para resolverlos deberán poner en práctica tanto los conceptos trabajados en anteriores sesiones como las habilidades de debugado, y el funcionamiento de los operadores tanto para acumular valores como indicadores de condición mediante operadores lógicos. Es posible que se necesite revisar algún recurso anterior como tarjetas de

Scratch o alguno de los vídeos para comprender mejor el funcionamiento de los eventos de entrada asignados a teclado y ratón.

Recursos

- Simuladores del 10 al 14

Sesión 6

Debugar 4

Descripción

Esta última sesión de debugado vuelve a consistir en una serie de programas incompletos o defectuosos que los alumnos deben arreglar. En esta ocasión se hace especial hincapié en el trabajo con variables y listas, y cómo estos elementos sirven para recordar valores, realizar contadores o comunicar diferentes elementos.

Objetivos

- Comprender y poner en práctica el proceso de testeo y debug
- Desarrollar estrategias para abordar el testeo y debug
- Comprender el funcionamiento de los diferentes operadores matemáticos y lógicos complejos
- Asimilar el concepto de variable
- Explorar diferentes usos de las variables

Actividades

Se propone a los alumnos la resolución de diferentes programas con errores o defectos. Para resolverlos deberán poner en práctica tanto los conceptos trabajados en anteriores sesiones como las habilidades de debugado, y el funcionamiento de los operadores tanto para acumular valores como indicadores de condición mediante operadores lógicos. Es posible que el profesor necesite revisar los recursos audiovisuales que hacen referencia al uso de variables y listas para almacenar y recuperar valores.

Recursos

- Simuladores del 15 al 17

Sesión 7

Juego de carreras

Descripción

En esta primera propuesta de juego completo el alumno deberá poner en práctica las habilidades adquiridas con las sesiones anteriores. Siguiendo el diseño *lowfloor-highceiling-widewalls* se plantea una práctica asequible para todos los niveles, pero con opciones de mejora y retos que permiten que el alumno pueda expresar su habilidad en función de sus inquietudes. En este caso la práctica consiste en diseñar un juego de carreras de automóviles sobre un circuito que dibujan ellos mismo. A partir de las explicaciones del vídeo el alumno debe construir el circuito, diseñar los diferentes automóviles, escribir el código que hace funcionar el juego. Es importante que no partan de ningún ejemplo prediseñado por el profesor para que exista una apropiación por parte del alumno.

Objetivos

- Recuperar el funcionamiento de las coordenadas polares
- Generar una sensación de autoeficacia al diseñar un juego por completo y probarlo con sus compañeros
- Trabajar con variables de tipo contador y utilizar diferentes sensores para generar las interacciones

Actividades

En este caso los alumnos deberán construir un juego de carreras con vista cenital. El jugador controla un automóvil que circula por una pista y puede recoger diferentes elementos para sumar puntos. Si el automóvil sale de la pista vuelve a empezar. Utilizaremos el soporte audiovisual para construir una primera versión simple del juego paso a paso. Al finalizar de esta primera versión se proponen diferentes contenidos

opcionales: crear un segundo jugador, diferenciar tipos de elementos que se recogen, ampliar circuitos, cambiar tipos de coche, etc. Existen diferentes hándicaps que los alumnos encontrarán en el transcurso de la programación, como pueden ser el punto de anclaje del automóvil al realizar la rotación, el funcionamiento de la marcha atrás, o la sobre-puntuación de objetos que no desaparecen.

Recursos

- Vídeo explicativo: <https://youtu.be/ijpPjV8sBEA>

Sesión 8

Parquímetro

Descripción

En esta práctica el alumno debe realizar la simulación de una máquina real. Para ello será necesario que entienda el modelo matemático existente detrás de un parquímetro. Nuevamente se plantea la práctica con un nivel asequible para todos y una serie de retos opcionales. Al ser un ejercicio bastante cerrado es de los pocos que no permiten que el alumno pueda expresarse creativamente y/o artísticamente, pero es un ejercicio necesario para trabajar el uso de los operadores y variables.

Objetivos

- Aprender a simular objetos reales mediante modelos matemáticos
- Utilizar variables y operadores matemáticos de forma fluida
- Revisar el uso de los condicionales y los sensores

Actividades

En esta simulación el alumno recibe una interfaz ya prediseñada de un parquímetro. Aquí el jugador puede establecer cuánto tiempo permanecerá su vehículo en el parking e introducirá monedas. En una primera fase se pide al alumno que indique qué cambio devolverá la máquina al introducir los datos. Esto implica realizar ciertos cálculos matemáticos a partir de los importes introducidos e interactuar con los diferentes

elementos de la interfaz ya prediseñada. Como contenido opcional se pide al alumno que implemente diferentes tarifas o que indique el cambio con el mínimo número de monedas posible.

Recursos

- Vídeo explicativo: <https://youtu.be/dmZU40M7VGU>
- Ejemplo: <https://scratch.mit.edu/projects/17093093/>

Sesión 9

Juego de plataformas

Descripción

Este ejercicio está pensado para que los alumnos simulen las diferentes leyes físicas y funcionalidades de un juego de plataformas. Igual que en los anteriores casos existe un soporte audiovisual que ayuda a completar el ejercicio básico y unas propuestas de mejora y ampliación. En este caso, el juego es bastante complejo y el alumno deberá revisar muchos de los contenidos aprendidos anteriormente para poder resolverlo totalmente.

Objetivos

- Aprender cómo simular la gravedad y los saltos
- Utilizar sensores complejos para simular comportamientos
- Utilizar el envío de mensajes para comunicar objetos
- Realizar un uso extensivo de las variables con diferente intencionalidad

Actividades

Durante el inicio de la sesión los alumnos comprenden cómo simular la gravedad en un juego de plataformas y cómo gestionar las colisiones con las plataformas. Esta es la parte más compleja necesaria para realizar un juego funcional. A partir de ahí se les pide que diseñen su propia versión y que implementen las colisiones con los diferentes elementos en pantalla (recolectables, puerta de salida, más niveles, etc). De forma

opcional se proponen diferentes aplicaciones: cambio de pantalla, diseño de más niveles, implementación de enemigos, gestión de las vidas del personaje, etc.

Recursos

- Vídeo explicativo: <https://youtu.be/FNKCPWVJ1FE>

Sesión 10

Pájaros voladores

Descripción

En este caso los alumnos deben implementar otro juego que utiliza unas leyes físicas algo diferentes al anterior ejercicio, pero en esta ocasión con menos ayuda. Se trabaja una versión de un videojuego que se hizo famoso hace algunos años donde un pájaro debe esquivar diferentes tuberías que van apareciendo en el escenario. De la misma forma que en los casos anteriores, se propone una versión simple que soluciona los retos principales que hacen que el juego sea funcional y se propone a los alumnos una serie de modificaciones y ampliaciones para complementar el juego.

Objetivos

- Simular un *scroll*²¹ lateral moviendo las coordenadas de todos los objetivos
- Implementar comportamientos de movimiento distintos
- Aprender a utilizar la aleatoriedad a la hora de generar objetos
- Comprender el concepto de *offset* utilizando variables

Actividades

Se debe empezar la actividad construyendo el sistema que gestiona el *scroll* horizontal y hace aparecer de forma aleatoria los objetos. Será importante seguir las instrucciones del vídeo tanto para generar este sistema de *scroll* como para hacer aparecer de forma

²¹ Un *scroll* dentro del ámbito de los videojuegos hace referencia a la simulación de un movimiento horizontal y/o vertical moviendo la imagen que representa el fondo de la pantalla.

aleatoria los obstáculos. Más tarde, el alumno puede implementar el comportamiento del personaje y la simulación de la gravedad aprovechando los conceptos aprendidos en ejercicios anteriores.

Recursos

- Vídeo explicativo: <https://youtu.be/9CqrdzADG2U>

Material audiovisual

Recursos teóricos

Este listado de recursos audiovisuales se construye a modo de manual de referencia o consulta. Se diseñan con la intención de generar elementos de consulta en caso de no recordar el funcionamiento de un concepto o técnica. Son útiles tanto para los alumnos como para los docentes.

Nombre	Descripción	Enlace
REC1: Construcción de escenarios y diseño de personajes	Cómo crear escenarios y personajes en Scratch. De qué forma se organizan los objetos en Scratch.	https://youtu.be/u2YjQcdVkl8
REC2: Editor gráfico	Diferencias y posibilidades entre el entorno de dibujo de tipo mapa de píxeles y el entorno vectorial.	https://youtu.be/xHHDDeYFs9ks
REC3: Movimientos básicos	Movimiento de objetos tanto desde la perspectiva cartesiana como desde la perspectiva del movimiento con coordenadas polares.	https://youtu.be/iCPLs2yFtuY
REC4: Interacción entre elementos	Análisis de los diferentes sensores que permiten la interacción entre objetos.	https://youtu.be/zkyZgcsiRFo
REC5: Variables y listas	Cómo se almacenan valores y cómo se pueden recuperar.	https://youtu.be/FF5fQ1FaA4k https://youtu.be/vLxnZd97HL0
REC6: Funciones de clon	Las funciones de tipo clon permiten instanciar objetos en tiempo de ejecución. Es un	https://youtu.be/Bib1uFdqTE0

	elemento ideal para crear enemigos u objetos de tipo proyectil.	
REC7: Funciones y parámetros	Estructurar nuestro código en funciones nos permite reutilizar código de forma eficiente y rápida.	https://youtu.be/IYttTjwRIis
REC8: Scroll Horizontal	El scroll es una técnica muy usual en videojuegos y animaciones para generar la sensación de movimiento.	https://youtu.be/uvnKtW7wM2A
REC9: Simulando la gravedad	La simulación de la gravedad es un concepto muy necesario cuando creamos juegos de tipo plataformas.	https://youtu.be/fWVF-Stsmao
REC10: Melodías en MIDI	Scratch permite reproducir audio de dos formas: mediante archivos de onda grabados previamente y mediante composiciones musicales utilizando MiDi.	https://youtu.be/ARerafK45RQ https://youtu.be/0dIONGNsy0c
REC11: Dibujando con el lápiz	Utilizando el lápiz oculto en los personajes se pueden crear formas geométricas de forma algorítmica.	https://youtu.be/wZVVHPGzqOo
REC12: Preguntas y respuestas	Las preguntas son la forma que tiene Scratch para captar datos del usuario.	https://youtu.be/A90fJyrRsEU https://youtu.be/42QZM2spW1I
REC13: Editor de audio	El editor de audio permite crear y editar ondas de audio de forma personalizada.	https://youtu.be/Tr2mca1A4M8

Propuestas de ejercicios prácticos

Las propuestas prácticas en formato audiovisual están clasificadas en tres niveles. Algunas de estas propuestas se han utilizado en la planificación por sesiones anterior, y otras quedan como recursos opcionales. Las actividades que tienen un nombre que empieza por PSP son prácticas de nivel más sencillo, muy dirigidas y en las que tan sólo hay que seguir los pasos a modo de tutorial. En las prácticas con un nombre que empieza por PMD el alumno debe recordar ciertos conceptos y la implementación implica un nivel de abstracción mayor en muchos casos. Por último, las que empiezan por PCM consisten en un vídeo que anota los hándicaps más característicos de la implementación de la propuesta, pero deja que el alumno recuerde conceptos anteriores. De esta forma se consolidan ciertas estructuras de código trabajadas anteriormente.

Nombre	Descripción	Enlace
PSP1: Juego de topos	<p>Construcción de un juego tipo <i>mole-mash</i> o <i>wack-a-mole</i>.</p> <p>El objetivo de esta práctica es trabajar la interacción más simple y la concatenación de eventos.</p>	<p>https://youtu.be/sK_Ao4uNHB8</p> <p>https://youtu.be/M0o7oGvG7hs</p>
PSP2 Circuito de coches	<p>Utiliza las coordenadas polares para construir un juego de carreras con vista cenital.</p> <p>Este ejercicio utiliza coordenadas polares y cartesianas al mismo tiempo. También es interesante para trabajar el concepto de lista.</p>	<p>https://youtu.be/iJpPjV8sBEA</p> <p>https://youtu.be/JjESHYS8Dak</p>
PSP3 Historia Interactiva	<p>Cómo sincronizar personajes para explicar historias.</p> <p>Esta práctica se puede utilizar para trabajar tanto la comunicación síncrona</p>	<p>https://youtu.be/fbfmEEy_4uk</p>

	como asíncrona de acciones entre personajes.	
PSP4 Canción animada	Interacción de diferentes personajes con sonidos. Ejercicio simple para trabajar la sincronización entre acciones y personajes y la secuencialidad del código.	https://youtu.be/7Uex4SXZcD0
PSP5 Comecocos	Cómo implementar una versión simple del conocido <i>pacman</i> . Ejercicio pensado para trabajar el concepto de dirección, velocidad y colisión.	https://youtu.be/Iq1OytNEhYs
PMD1 Juego de plataformas	Construcción de un juego de plataformas. Se puede utilizar para comprender el funcionamiento de la fuerza de la gravedad, las colisiones y el cambio de escenarios mediante mensajes entre objetos.	https://youtu.be/FNKCPWVJ1FE
PMD2 ¡Pong!	Implementación de una versión simplificada del conocido juego Pong de <i>Atari</i> . Ideal para comprender conceptos de dirección velocidad y colisión.	https://youtu.be/ChtqcGLqHDU
PMD3 Dibujar con el lápiz	Cómo utilizar Scratch para crear dibujos algorítmicos (tal y como lo hacía <i>Logo</i>). Práctica abierta pero necesaria para establecer las bases del dibujo utilizando algoritmos.	https://youtu.be/wZVVHPGzqOo
PMD4 Newton y sus manzanas	Juego simple donde el jugador debe recoger objetos que caen del cielo. Práctica muy sencilla, pero al mismo tiempo muy fácil de ampliar o de rediseñar para crear	https://youtu.be/szkjRluDiSI

	juegos de contextos diferentes.	
PMD5 Invasores del espacio	<p>Versión simplificada del conocido juego <i>Space Invaders</i>.</p> <p>Este es un juego bastante complejo. Requiere tener claro el concepto de clon, y el uso complejo de las variables para modelar de forma abstracta características como la vida de los personajes, o el número de proyectiles.</p>	https://youtu.be/g-GPWGsv6qc
PMD6 Parquímetro	<p>Simulación de un parquímetro.</p> <p>Es una abstracción matemática del funcionamiento real de una máquina concreta. El alumno debe modelar matemáticamente los cálculos que realiza una máquina de uso común.</p>	https://youtu.be/dmZU40M7VGU
PMD7 Mazemania	<p>Juego donde el jugador debe salir de un laberinto sin chocar con las paredes.</p> <p>Para poder solucionar este ejercicio el alumno debe utilizar variables para recuperar estados posteriores.</p>	https://youtu.be/cuxC-LqTfMk
PCM1 RompeBloques	<p>Juego donde a partir de los rebotes de una pelota el jugador debe ir rompiendo bloques.</p> <p>Para implementar este juego el alumno deberá recordar diferentes conceptos tratados anteriormente y configurar condicionales y operaciones lógico matemáticas complejas.</p>	https://youtu.be/cM5GhFL54Z0
PCM2 Scroll Simple	Un scroll es algo muy necesario a la hora de	https://youtu.be/xg7Cxj9H-nk

	<p>implementar diferentes tipos de juegos.</p> <p>Para poder implementar un scroll sencillo el alumno deberá entender el concepto del offset o desplazamiento.</p>	
PCM3 Scroll 2D	<p>Un scroll 2D es el tipo de scroll que utilizan los juegos con vista cenital.</p> <p>Su implementación no es para nada simple y se necesita tener claros los conceptos de coordenadas polares.</p>	<p>https://youtu.be/aLq4d7j3Fu0</p>
PCM5 Pájaros voladores	<p>Este juego es una versión de un juego amateur que se hizo muy famoso hace unos años.</p> <p>El funcionamiento parece simple, pero el alumno deberá tener claro el funcionamiento de la fuerza de la gravedad y de los valores aleatorios.</p>	<p>https://youtu.be/9CqrdzADG2U</p>
PCM7 Programando drones con Scratch	<p>Este último vídeo de la lista muestra cómo utilizar Scratch para programar trayectorias en drones reales.</p> <p>La intencionalidad de este último vídeo es mostrar el uso del mismo software para programar objetos no virtuales.</p>	<p>https://youtu.be/z8I02sEXUgQ</p>

Simuladores para debugar

Los simuladores son una colección de programas que no funcionan correctamente. El alumno deberá *debugarlos* corrigiendo los diferentes errores que aparecen en el código. Cada simulador está pensado para trabajar diferentes conceptos de uso del lenguaje Scratch. En el apartado de descripción se enumeran los conceptos en los que el simulador hace mayor hincapié. Dentro del enlace del simulador se encuentra la

descripción de cómo se debe comportar el ejemplo y qué debe hacer el alumno. Esta descripción explica los problemas que el alumno debe resolver escenificando los retos de los personajes que participan en el juego, realizando de esta forma una prosopopeya que permite al alumno sentirse más identificado con su papel de solucionador de problemas.

Nombre	Descripción	Enlace
Simulador1	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de los eventos 	https://scratch.mit.edu/projects/31328720 /
Simulador2	<ul style="list-style-type: none"> • Secuencialidad • Movimiento cartesiano 	https://scratch.mit.edu/projects/31329376 /
Simulador3	<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento polar 	https://scratch.mit.edu/projects/31329880 /
Simulador4	<ul style="list-style-type: none"> • Concurrencia / Paralelismo 	https://scratch.mit.edu/projects/31330268 /
Simulador5	<ul style="list-style-type: none"> • Temporización • Secuenciación 	https://scratch.mit.edu/projects/31331532 /
Simulador6	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de las herramientas de dibujo 	https://scratch.mit.edu/projects/31331866 /
Simulador7	<ul style="list-style-type: none"> • Bucles 	https://scratch.mit.edu/projects/31332150 /
Simulador8	<ul style="list-style-type: none"> • Condicionales • Variables 	https://scratch.mit.edu/projects/31332420 /

Simulador9	<ul style="list-style-type: none"> • Bucles • Introducción de datos 	https://scratch.mit.edu/projects/32517520 /
Simulador10	<ul style="list-style-type: none"> • Paso de mensajes • Temporización 	https://scratch.mit.edu/projects/32517584 /
Simulador11	<ul style="list-style-type: none"> • Paso de mensajes 	https://scratch.mit.edu/projects/32535652 /
Simulador12	<ul style="list-style-type: none"> • Condicionales 	https://scratch.mit.edu/projects/32555116 /
Simulador13	<ul style="list-style-type: none"> • Condicionales • Listas 	https://scratch.mit.edu/projects/33469542 /
Simulador14	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores • Movimiento polar 	https://scratch.mit.edu/projects/33470124 /
Simulador15	<ul style="list-style-type: none"> • Variables • Condicionales • Bucles 	https://scratch.mit.edu/projects/33470702 /
Simulador16	<ul style="list-style-type: none"> • Números aleatorios • Variables • Condicionales 	https://scratch.mit.edu/projects/33471548 /
Simulador17	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores • Condicionales 	https://scratch.mit.edu/projects/33471996 /

	<ul style="list-style-type: none">• Mensajes	
--	--	--

Anexo 2: Código fuente del análisis y filtrado

Los siguientes *scripts*²² están diseñados para ser ejecutados usando un intérprete de lenguaje R. Para este proyecto el investigador utilizó la versión 1.2.1335 del entorno de desarrollo de lenguaje R *Rstudio* (RStudio Inc, 2019). Estos *scripts* se hallan también disponibles en el repositorio de software *GitHub*²³ en la siguiente dirección url: <https://github.com/marcosmarf/Tesis>

En el primer apartado encontramos la descripción del contenido del archivo de origen de datos. Después se describen los diferentes procesos:

- Carga de los datos y filtrado
- Cálculo de parámetros estadísticos
- Cálculos de normalidad
- Pruebas estadísticas
- Generación de gráficos automatizada

Estructura del archivo de datos

El archivo de datos esta originalmente en formato *csv*²⁴ donde encontramos los siguientes campos:

- id: Identificador el alumno
- grup: Grupo clase al que pertenece el alumno
- prog: "s" o "n". Escribimos una s si pertenece al grupo experimental o una n si pertenece al grupo de control
- sexe: "home" o "dona"
- edad: Campo numérico
- a1, b1,c1,d1,e1: Número con los resultados de las diferentes secciones del pre-test
- tot1: Suma del total del primer test
- perc1: Cálculo del centil (opcional)

²² Un *script* es el nombre técnico que se da a un archivo de código fuente escrito en un lenguaje de programación

²³ *GitHub* es un repositorio de proyectos de software online

²⁴ *Csv* es un acrónimo de “comma separated values” es un formato de archivo para especificar datos

- grau1: Grado donde se sitúa según el centil (opcional)
- valid1: "n" si el test no es válido
- a2, b2, c2, d2, e2: Número con los resultados de las diferentes secciones del post-test
- tot2: Suma del total del segundo test
- perc2: Cálculo del centil (opcional)
- grau2: Grado donde se sitúa según el centil (opcional)
- valid2: "n" si el test no es válido

Carga del fichero de datos y filtrado

```
# Establecemos parámetros iniciales y cargamos el archivo
#
*****
***
library(knitr)
options(max.print=9000)
setwd("D:/Documents/[Doctorat UB]/Datos")
data = read.csv("datosRaven.csv",header=TRUE, sep=";", dec=".",
row.names="id")

# Filtro de datos.
# 1.- Filtramos que los datos del test cumplen los criterios de
discrepancia
# 2.- Filtramos los alumnos que tan solo realizaron una de las dos
pruebas
#
*****
***
dataFiltered <- data[!(data$valid1=="n" | data$valid2=="n") ,]
dataFiltered <- dataFiltered[!( is.na(dataFiltered$tot1) |
is.na(dataFiltered$tot2) ), ]
attach(dataFiltered)

# Generación de grupos separados
# Separamos en dos tablas el grupo de control y el grupo experimental
#
*****
***
gCont <- dataFiltered[(dataFiltered$prog!="s"),]
gExp <- dataFiltered[(dataFiltered$prog=="s"),]
```

Cálculo de parámetros y valores

```

install.packages("psych")
install.packages("https://cran.r-project.org/src/contrib/nortest_1.0-
4.tar.gz", repos=NULL)

# Promedio y desviación estándar y medianas
# -----
-----
mCont1 = mean(gCont$tot1)
mCont2 = mean(gCont$tot2)
mExp1 = mean(gExp$tot1)
mExp2 = mean(gExp$tot2)
dCont1 = sd(gCont$tot1)
dCont2 = sd(gCont$tot2)
dExp1 = sd(gExp$tot1)
dExp2 = sd(gExp$tot2)
mdCont1 = median(gCont$tot1)
mdCont2 = median(gCont$tot2)
mdExp1 = median(gExp$tot1)
mdExp2 = median(gExp$tot2)

# Variación de medias de resultados y desviaciones
# -----
-----
incCont = mCont2-mCont1
incExp = mExp2-mExp1
dCont = dCont2-dCont1
dExp = dExp2-dExp1

mejExp = (incExp/mExp1)*100
mejCont =(incCont / mCont1)*100

mejSdExp = (dExp/dExp1)*100      #Porcentaje de mejora de desv.en un
grupo y en otro
mejSdCont = (dCont / dCont1)*100

```

Pruebas de normalidad, correlación, comparación de medias de poblaciones pareadas

```

# Alpha de Cronbach - Para saber si existe correlación entre los dos
tests

```

```

# -----
----
fData <- data.frame(gExp$tot1,gExp$tot2)
fmData <- data.matrix(fData)
#install.packages("psych")
library(psych)
alpha(fmData)

fData <- data.frame(gCont$tot1,gCont$tot2)
fmData <- data.matrix(fData)
library(psych)
alpha(fmData)

# Prueba de normalidad de la distribución
# -----
----
library(nortest)
shapiro.test(gCont$tot1)$p.value
shapiro.test(gCont$tot2)$p.value
shapiro.test(gExp$tot1)$p.value
shapiro.test(gExp$tot2)$p.value

# Prueba de wilcoxon y t-student para comparaR las muestras pareadas
# -----
----
wilcox.test(gCont$tot1, gCont$tot2, alternative = "two.sided", paired =
TRUE, exact=FALSE, conf.level=0.95)

t.test(x=gExp$tot1, y= gExp$tot2, alternative ="two.sided", mu =0,
paired =TRUE, conf.level=0.095)

```

Generador automatizado de gráficos y tablas estadísticas

```

---
title: "Documento de gráficos y tablas"
autor: "Marco A. Rodríguez Fernández"
date: "12 agosto, 2019"
output: word_document
---

```{r setup, include=FALSE, echo=FALSE}
knitr::opts_chunk$set(echo = FALSE)
library(knitr)

```

```

library(ggplot2)
library(rmarkdown)
...

```{r, echo = FALSE}
# CARGA y FILTRADO
#
*****
***
library(knitr)
options(max.print=9000)
setwd("D:/Documents/[Doctorat UB]/Datos")
data = read.csv("datosRaven.csv",header=TRUE, sep=";", dec=".",
row.names="id")

dataFiltered <- data[!(data$valid1=="n" | data$valid2=="n") ,]
dataFiltered <- dataFiltered[!( is.na(dataFiltered$tot1) |
is.na(dataFiltered$tot2) ), ]
attach(dataFiltered)

gCont <- dataFiltered[(dataFiltered$prog!="s"),]
gExp <- dataFiltered[(dataFiltered$prog=="s"),]

...

## Resumen de datos
### Resumen pretest del grupo control
```{r}
summary(gCont$tot1)
...

Resumen postest del grupo control
```{r}
summary(gCont$tot2)
...

### Resumen pretest del grupo experimental
```{r}
summary(gExp$tot1)
...

Resumen postest del grupo experimental
```{r}
summary(gExp$tot2)
...

# Parámetros estadísticos
## Tabla de resultados
```{r }

```

```

mCont1 = mean(gCont$tot1)
mCont2 = mean(gCont$tot2)
mExp1 = mean(gExp$tot1)
mExp2 = mean(gExp$tot2)
dCont1 = sd(gCont$tot1)
dCont2 = sd(gCont$tot2)
dExp1 = sd(gExp$tot1)
dExp2 = sd(gExp$tot2)
mdCont1 = median(gCont$tot1)
mdCont2 = median(gCont$tot2)
mdExp1 = median(gExp$tot1)
mdExp2 = median(gExp$tot2)

incCont = mCont2-mCont1
incExp = mExp2-mExp1
dCont = dCont2-dCont1
dExp = dExp2-dExp1

mejExp = (incExp/mExp1)*100
mejCont =(incCont / mCont1)*100

mejSdExp = (dExp/dExp1)*100 #Porcentaje de mejora de desv.en un
grupo y en otro
mejSdCont = (dCont / dCont1)*100

...

Gráfico de evolución del grupo control
```{r}
Grupos <- c(rep("Pretest",nrow(gCont)), rep("Postest",nrow(gCont)))
Resultados <- c(gCont$tot1,gCont$tot2)
datos <- data.frame(Grupos, Resultados)

ggplot(datos,aes(x=Grupos, y=Resultados,fill=Grupos))+
  geom_boxplot(alpha=0.4) +
  ggtitle("Resultados grupo control")+
  stat_summary(fun.y=mean, geom="point", shape=20, size=7, color="red",
fill="red") +
  theme(legend.position = "none", plot.title =
element_text(color="black", hjust=0.5, size=14, face="bold.italic")) +
  scale_fill_brewer(palette="Set3")+
  scale_x_discrete(limits=c("Pretest","Postest")) +
  ylim(30,60)
...

## Gráfico de evolución del grupo experimental

```

```

```{r}
Test <- c(rep("Pretest",nrow(gExp)), rep("Postest",nrow(gExp)))
Resultados <- c(gExp$tot1,gExp$tot2)
datos <- data.frame(Test, Resultados)
ggplot(datos,aes(x=Test, y=Resultados,fill=Test))+
 geom_boxplot(alpha=0.4) +
 ggtitle("Resultados grupo experimental")+
 stat_summary(fun.y=mean, geom="point", shape=20, size=7, color="red",
fill="red") +
 theme(legend.position = "none", plot.title =
element_text(color="black", hjust=0.5, size=14, face="bold.italic")) +
 scale_fill_brewer(palette="Set3")+
 scale_x_discrete(limits=c("Pretest","Postest")) +
 ylim(30,60)
```

## Gráfico comparativo del pretest
```{r}
Grupos <- c(rep("Grupo Control",nrow(gCont)), rep("Grupo
Experimental",nrow(gExp)))
Resultados <- c(gCont$tot1,gExp$tot1)
datos <- data.frame(Grupos, Resultados)
ggplot(datos,aes(x=Grupos, y=Resultados,fill=Grupos))+
 geom_boxplot(alpha=0.4) +
 ggtitle("Resultados pretest")+
 theme(legend.position = "none", plot.title =
element_text(color="black", hjust=0.5, size=14, face="bold.italic")) +
 stat_summary(fun.y=mean, geom="point", shape=20, size=4, color="red",
fill="red") +
 scale_fill_brewer(palette="Set3") + ggtitle("Resultados pretest") +
 ylim(30,60)
```

## Gráfico comparativo del postest
```{r}
Grupos <- c(rep("Grupo Control",nrow(gCont)), rep("Grupo
Experimental",nrow(gExp)))
Resultados <- c(gCont$tot2,gExp$tot2)
datos <- data.frame(Grupos, Resultados)
ggplot(datos,aes(x=Grupos, y=Resultados,fill=Grupos))+
 geom_boxplot(alpha=0.4) +
 ggtitle("Resultados postest")+
 stat_summary(fun.y=mean, geom="point", shape=20, size=7, color="red",
fill="red") +
 theme(legend.position = "none", plot.title =
element_text(color="black", hjust=0.5, size=14, face="bold.italic")) +

```



```

 scale_fill_brewer(palette="Set3") +
 ylim(30,60)
 ...

Perspectiva de género
```{r}
gContH <- gCont[!(gCont$sexe=="home"),]
gContD <- gCont[!(gCont$sexe=="dona"),]
gExpH <- gCont[!(gExp$sexe=="home"),]
gExpD <- gCont[!(gExp$sexe=="dona"),]

mCont1H = mean(gContH$tot1)
mCont2H = mean(gContH$tot2)
mExp1H = mean(gExpH$tot1)
mExp2H = mean(gExpH$tot2)
dCont1H =sd(gContH$tot1)
dCont2H =sd(gContH$tot2)
dExp1H =sd(gExpH$tot1)
dExp2H =sd(gExpH$tot2)
mdCont1H =median(gContH$tot1)
mdCont2H =median(gContH$tot2)
mdExp1H =median(gExpH$tot1)
mdExp2H =median(gExpH$tot2)

mCont1D = mean(gContD$tot1)
mCont2D = mean(gContD$tot2)
mExp1D = mean(gExpD$tot1)
mExp2D = mean(gExpD$tot2)
dCont1D =sd(gContD$tot1)
dCont2D =sd(gContD$tot2)
dExp1D =sd(gExpD$tot1)
dExp2D =sd(gExpD$tot2)
mdCont1D =median(gContD$tot1)
mdCont2D =median(gContD$tot2)
mdExp1D =median(gExpD$tot1)
mdExp2D =median(gExpD$tot2)

...

## Medias y desviaciones hombres

Diferencia Medias Hombres G.Cont: `r mCont2H-mCont1H`
\newline
Diferencia Medias Hombres G.Exp: `r mExp2H-mExp1H`
\newline

```

```

Diferencia Medias Mujeres G.Cont: `r mCont2D-mCont1D`
\newline
Diferencia Medias Mujeres G.Exp: `r mExp2D-mExp1D`
\newline

## Gráfico Evolución grupo Experimental en función del sexo
```{r}
gExpH$diff <- gExpH$tot2-gExpH$tot1
gExpD$diff <- gExpD$tot2-gExpD$tot1

Grupos <- c(rep("Hombres",nrow(gExpH)), rep("Mujeres",nrow(gExpD)))
Resultados <- c(gExpH$diff,gExpD$diff)
datos <- data.frame(Grupos, Resultados)
ggplot(datos,aes(x=Grupos, y=Resultados,fill=Grupos))+
 geom_boxplot(alpha=0.4) +
 ggtitle("Progreso en función del sexo")+
 stat_summary(fun.y=mean, geom="point", shape=20, size=7, color="red",
fill="red") +
 theme(legend.position = "none", plot.title =
element_text(color="black", hjust=0.5, size=14, face="bold.italic")) +
 scale_fill_brewer(palette="Set3")
```
summary(datos)

```


Anexo 3: Resultados de los tests

A continuación, se muestran las diferentes tablas con el volcado de los datos de pretest y posttest tanto del grupo de control como del grupo experimental. *A, b, c, d* y *e* hacen referencia a las puntuaciones obtenidas en los diferentes apartados del test, *tot* hace referencia a la suma total de las puntuaciones y *per* es el resultado centil calculado a partir del total y teniendo en cuenta los baremos de referencia.

Tabla 7: Resultados del grupo experimental

| Pretest | | | | | | | | Postest | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|-----|-------|-----|---------|----|----|----|----|-----|-------|-----|
| A | B | C | D | E | Tot | Per | Dis | A | B | C | D | E | Tot | Per | Dis |
| 12 | 12 | 11 | 10 | 7 | 52 | 75.00 | | 12 | 11 | 10 | 9 | 1 | 43 | 21.25 | Sí |
| 10 | 12 | 8 | 7 | 2 | 39 | 7.50 | | 12 | 11 | 6 | 8 | 2 | 39 | 7.50 | |
| 12 | 10 | 8 | 9 | 2 | 41 | 13.75 | | 12 | 12 | 9 | 10 | 4 | 47 | 43.75 | |
| 12 | 12 | 11 | 11 | 9 | 55 | 86.25 | | 12 | 12 | 10 | 10 | 9 | 53 | 78.75 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | | 8 | 8 | 5 | 7 | 1 | 29 | 3.82 | |
| 12 | 9 | 7 | 10 | 2 | 40 | 10.00 | | 11 | 12 | 7 | 9 | 5 | 44 | 25.00 | |
| 11 | 9 | 8 | 9 | 6 | 43 | 21.25 | | 12 | 11 | 7 | 10 | 5 | 45 | 31.25 | |
| 12 | 7 | 6 | 7 | 1 | 33 | 4.34 | | 10 | 9 | 8 | 10 | 4 | 41 | 13.75 | |
| 11 | 12 | 9 | 10 | 9 | 51 | 68.75 | | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 58 | 93.30 | |
| 11 | 7 | 6 | 2 | 0 | 26 | 3.42 | Sí | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 12 | 10 | 10 | 8 | 6 | 46 | 37.50 | | 11 | 10 | 8 | 8 | 6 | 43 | 21.25 | |
| 12 | 10 | 11 | 11 | 9 | 53 | 78.75 | | 11 | 9 | 11 | 9 | 7 | 47 | 43.75 | |
| 11 | 11 | 8 | 11 | 7 | 48 | 50.00 | | 12 | 12 | 12 | 10 | 9 | 55 | 86.25 | |
| 11 | 12 | 11 | 10 | 5 | 49 | 56.25 | | 12 | 12 | 12 | 10 | 5 | 51 | 68.75 | Sí |
| 12 | 10 | 8 | 9 | 3 | 42 | 17.50 | | 11 | 11 | 8 | 9 | 3 | 42 | 17.50 | |
| 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 10 | 1.32 | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | | 9 | 11 | 7 | 7 | 1 | 35 | 4.60 | |
| 11 | 10 | 11 | 9 | 1 | 42 | 17.50 | Sí | 12 | 11 | 4 | 2 | 1 | 30 | 3.95 | Sí |
| 12 | 7 | 9 | 7 | 5 | 40 | 10.00 | Sí | 12 | 7 | 9 | 7 | 3 | 38 | 5.00 | Sí |
| 12 | 11 | 7 | 8 | 2 | 40 | 10.00 | | 12 | 10 | 7 | 10 | 3 | 42 | 17.50 | |
| 11 | 11 | 8 | 8 | 5 | 43 | 21.25 | | 12 | 11 | 9 | 9 | 5 | 46 | 37.50 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | | 12 | 11 | 10 | 11 | 1 | 45 | 31.25 | Sí |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|
| 12 | 10 | 8 | 5 | 0 | 35 | 4.60 | | 12 | 11 | 9 | 11 | 4 | 47 | 43.45 | |
| 12 | 9 | 7 | 7 | 3 | 38 | 5.00 | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 12 | 10 | 9 | 6 | 2 | 39 | 7.50 | | 12 | 10 | 9 | 8 | 1 | 40 | 10.00 | |
| 11 | 11 | 8 | 10 | 5 | 45 | 31.25 | | 12 | 12 | 10 | 10 | 8 | 52 | 75.00 | |
| 12 | 10 | 11 | 9 | 6 | 48 | 50.00 | | 12 | 12 | 9 | 11 | 7 | 51 | 68.75 | |
| 11 | 11 | 10 | 10 | 8 | 50 | 62.50 | | 11 | 11 | 10 | 9 | 4 | 45 | 31.25 | |
| 12 | 12 | 8 | 10 | 5 | 47 | 43.75 | | 12 | 11 | 11 | 10 | 8 | 52 | 75.00 | |
| 11 | 12 | 9 | 10 | 7 | 49 | 26.25 | | 12 | 12 | 9 | 11 | 10 | 54 | 82.50 | |
| 11 | 9 | 7 | 7 | 2 | 36 | 4.74 | | 11 | 12 | 11 | 11 | 1 | 46 | 37.50 | Sí |
| 12 | 11 | 7 | 11 | 4 | 45 | 31.25 | | 12 | 9 | 8 | 10 | 2 | 41 | 13.75 | |
| 12 | 12 | 12 | 11 | 8 | 55 | 86.25 | | 12 | 12 | 12 | 11 | 9 | 56 | 90.00 | |
| 9 | 12 | 11 | 9 | 5 | 46 | 37.50 | Sí | 12 | 11 | 10 | 10 | 6 | 49 | 56.25 | |
| 12 | 11 | 3 | 10 | 0 | 36 | 4.74 | Sí | 12 | 11 | 11 | 9 | 6 | 49 | 46.25 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 12 | 10 | 11 | 9 | 7 | 49 | 56.25 | | 10 | 11 | 9 | 8 | 4 | 42 | 17.50 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | | 11 | 10 | 5 | 6 | 4 | 36 | 4.74 | |
| 11 | 9 | 7 | 10 | 3 | 40 | 10.00 | | 12 | 11 | 9 | 10 | 3 | 45 | 31.25 | |
| 12 | 12 | 11 | 10 | 4 | 49 | 46.25 | | 11 | 11 | 11 | 9 | 1 | 43 | 21.25 | Sí |
| 11 | 11 | 11 | 9 | 10 | 52 | 75.00 | | 12 | 10 | 11 | 10 | 9 | 52 | 75.00 | |
| 9 | 10 | 5 | 9 | 4 | 37 | 4.87 | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 11 | 12 | 9 | 9 | 5 | 46 | 37.50 | Sí | 11 | 11 | 9 | 9 | 8 | 48 | 50.00 | |
| 12 | 12 | 10 | 7 | 0 | 41 | 13.75 | Sí | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 8 | 1.05 | Sí |
| 10 | 5 | 9 | 6 | 1 | 31 | 4.08 | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |

Tabla 8: Resultados del grupo control

| Pretest | | | | | | | | Postest | | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|-----|-------|-----|---------|----|----|----|---|-----|-------|-----|
| A | B | C | D | E | Tot | Per | Dis | A | B | C | D | E | Tot | Per | Dis |
| 12 | 10 | 10 | 10 | 3 | 45 | 31.25 | | 12 | 12 | 8 | 11 | 5 | 48 | 50.00 | |
| 11 | 11 | 9 | 10 | 10 | 51 | 68.75 | | 11 | 12 | 10 | 10 | 7 | 50 | 62.50 | |
| 12 | 12 | 10 | 8 | 6 | 48 | 50.00 | | 12 | 10 | 7 | 9 | 2 | 40 | 10.00 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | | 12 | 11 | 9 | 10 | 4 | 46 | 37.50 | |

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|-------|----|
| 11 | 11 | 10 | 10 | 6 | 48 | 50.00 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 12 | 10 | 8 | 10 | 3 | 43 | 21.25 | |
| 12 | 12 | 10 | 11 | 8 | 53 | 78.75 | |
| 11 | 11 | 6 | 7 | 4 | 39 | 7.50 | |
| 12 | 12 | 9 | 9 | 5 | 47 | 43.75 | |
| 11 | 10 | 7 | 8 | 3 | 39 | 7.50 | |
| 9 | 10 | 7 | 3 | 5 | 34 | 4.47 | Sí |
| 11 | 11 | 9 | 11 | 5 | 47 | 43.75 | |
| 12 | 11 | 8 | 10 | 9 | 50 | 62.50 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 11 | 10 | 12 | 11 | 8 | 52 | 75.00 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 7 | 10 | 6 | 9 | 4 | 36 | 4.74 | Sí |
| 11 | 7 | 6 | 9 | 3 | 36 | 4.74 | |
| 12 | 10 | 9 | 7 | 5 | 43 | 21.25 | |
| 11 | 11 | 9 | 8 | 6 | 45 | 31.25 | |
| 12 | 12 | 11 | 11 | 7 | 53 | 78.75 | |
| 11 | 11 | 10 | 9 | 8 | 49 | 56.25 | |
| 11 | 11 | 9 | 7 | 4 | 42 | 17.50 | |
| 12 | 10 | 9 | 7 | 4 | 42 | 17.50 | |
| 11 | 12 | 10 | 11 | 6 | 50 | 62.50 | |
| 12 | 11 | 9 | 10 | 6 | 48 | 50.00 | |
| 12 | 12 | 9 | 10 | 8 | 51 | 68.75 | |
| 12 | 12 | 10 | 10 | 3 | 47 | 43.75 | |
| 11 | 9 | 9 | 9 | 7 | 45 | 31.25 | Sí |
| 12 | 9 | 9 | 9 | 8 | 47 | 43.75 | Sí |
| 12 | 12 | 10 | 10 | 7 | 51 | 68.75 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 11 | 9 | 7 | 7 | 2 | 36 | 4.74 | |
| 9 | 9 | 10 | 9 | 6 | 43 | 21.25 | |
| 12 | 12 | 9 | 11 | 5 | 49 | 56.25 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 12 | 12 | 10 | 8 | 5 | 47 | 43.75 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 12 | 11 | 10 | 8 | 1 | 42 | 17.50 | Sí |
| 12 | 12 | 11 | 10 | 9 | 54 | 82.50 | |
| 12 | 12 | 11 | 10 | 5 | 50 | 62.50 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 10 | 12 | 9 | 10 | 4 | 45 | 31.25 | |
| 12 | 9 | 6 | 9 | 3 | 39 | 7.50 | |
| 12 | 11 | 9 | 11 | 5 | 48 | 50.00 | |
| 12 | 11 | 10 | 10 | 7 | 50 | 62.50 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 12 | 12 | 10 | 10 | 8 | 52 | 75.00 | |
| 11 | 11 | 7 | 5 | 1 | 35 | 4.60 | |
| 10 | 10 | 4 | 10 | 4 | 38 | 5.00 | Sí |
| 10 | 9 | 5 | 8 | 1 | 33 | 4.34 | |
| 11 | 11 | 8 | 8 | 7 | 45 | 31.25 | Sí |
| 10 | 10 | 11 | 11 | 7 | 49 | 56.25 | |
| 12 | 12 | 11 | 10 | 8 | 53 | 78.75 | |
| 12 | 12 | 11 | 10 | 7 | 52 | 75.00 | |
| 12 | 11 | 10 | 10 | 9 | 52 | 75.00 | |
| 12 | 10 | 10 | 8 | 7 | 47 | 43.75 | |
| 12 | 12 | 10 | 10 | 10 | 54 | 82.50 | |
| 12 | 12 | 8 | 10 | 3 | 45 | 31.25 | |
| 12 | 12 | 10 | 9 | 7 | 50 | 62.50 | |
| 12 | 12 | 10 | 10 | 7 | 51 | 68.75 | |
| 12 | 12 | 11 | 9 | 6 | 50 | 62.50 | |
| 11 | 11 | 11 | 11 | 7 | 51 | 68.75 | |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | |
| 10 | 9 | 11 | 11 | 10 | 51 | 68.75 | |
| 2 | 3 | 2 | 0 | 1 | 8 | 1.05 | Sí |
| 12 | 10 | 9 | 9 | 6 | 46 | 37.50 | |
| 12 | 12 | 10 | 10 | 8 | 52 | 75.00 | |
| 11 | 12 | 11 | 9 | 6 | 49 | 56.25 | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| 11 | 9 | 6 | 10 | 2 | 38 | 5.00 | | 11 | 9 | 8 | 8 | 3 | 39 | 7.50 |
| 12 | 11 | 9 | 12 | 6 | 50 | 62.50 | | 12 | 12 | 9 | 11 | 4 | 48 | 50.00 |
| 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 50 | 62.50 | | 12 | 12 | 8 | 10 | 3 | 45 | 31.25 |
| 12 | 12 | 10 | 11 | 7 | 52 | 75.00 | | 12 | 12 | 10 | 10 | 10 | 54 | 82.50 |
| 12 | 12 | 11 | 11 | 7 | 53 | 78.75 | | 12 | 12 | 10 | 11 | 5 | 50 | 62.50 |
| 11 | 10 | 9 | 10 | 5 | 45 | 31.25 | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 12 | 12 | 9 | 10 | 8 | 51 | 68.75 | | 12 | 10 | 7 | 11 | 6 | 46 | 37.50 |
| 12 | 12 | 10 | 9 | 8 | 51 | 68.75 | Sí | 11 | 12 | 11 | 9 | 8 | 51 | 68.75 |
| 12 | 12 | 11 | 12 | 2 | 49 | 56.25 | | 11 | 12 | 11 | 11 | 5 | 50 | 62.50 |
| NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 11 | 11 | 6 | 7 | 3 | 38 | 5.00 | | 11 | 12 | 7 | 9 | 2 | 41 | 13.75 |
| 12 | 11 | 8 | 7 | 3 | 41 | 13.75 | | 12 | 12 | 7 | 11 | 5 | 47 | 43.75 |