

# ¿Pueden los ordenadores aproximarnos al mundo físico?

*Análisis cualitativo de la integración de la computación creativa y la computación física en áreas no puramente tecnológicas.*

*Marco A. Rodríguez Fernández*

*Tutor: José Luis Rodríguez Illera*

## **I. Resumen**

*La enseñanza de la programación en los centros escolares está ligada al desarrollo del pensamiento computacional, de la capacidad de abstracción, de la algorítmica y de la resolución de problemas. Pero la integración transversal de esta habilidad como medio para expresar la creatividad, comunicar ideas e interaccionar tanto socialmente como con otros ámbitos del conocimiento, es una aplicación a emergente de esta disciplina. Este trabajo analiza a modo exploratorio algunos casos donde se utiliza la computación creativa y la computación física como medio para conseguir aprendizajes de otras disciplinas.*

## **Palabras clave**

*Computación física, robótica educativa, programación en juegos, Scratch, computación creativa, Arduino.*

## Contenido

I. Resumen.....	ii
Palabras clave.....	ii
II. Introducción .....	1
Motivación y justificación de la temática .....	1
Contexto.....	2
Finalidad y objetivos .....	6
III. Marco teórico de referencia .....	8
Contexto de aprendizaje y contexto tecnológico de los alumnos.....	8
Aprender creando: Teoría del Construccionismo.....	11
Computación creativa con Scratch .....	15
Computación física, conectando el mundo virtual con el mundo físico.....	16
Do-it-yourself y tinkering dentro del currículo.....	21
Pensamiento computacional .....	23
Andamiaje "suelo bajo - techo alto - paredes anchas" .....	26
Aprendizaje basado en proyectos.....	27
IV. Problema y metodología .....	30
Metodología.....	30
Negociación y acceso al campo .....	32
¿Qué queremos evidenciar? .....	33
Método y participantes.....	34
Instrumento 1: Encuesta online.....	36
Instrumento 2: Entrevistas.....	37
Categorización de las entrevistas .....	38
V. Análisis .....	40

Análisis de resultados de la encuesta .....	41
Análisis de las entrevistas .....	43
Transversalidad .....	43
Estructura física y temporal de las actividades.....	44
Metodología educativa .....	45
VI. Conclusiones .....	48
Cumplimiento de los objetivos .....	48
Líneas de trabajo futuras .....	51
Valoración personal .....	52
VI. Referencias bibliográficas .....	53
Bibliografía .....	53
Referencias bibliográficas de interés .....	58
IX. Tablas y figuras utilizadas .....	59

## II. Introducción

### Motivación y justificación de la temática

La introducción de la programación 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'<sup>1</sup>, 'Hour of code'<sup>2</sup>, 'mSchools'<sup>3</sup>, 'hp code wars'<sup>4</sup> o la 'Lego League'<sup>5</sup> 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'<sup>6</sup> o 'Propulsem la robòtica'<sup>7</sup> del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya (España); 'codeMadrid'<sup>8</sup> promovido por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid (España); o las olimpiadas de informática<sup>9</sup> que se realizan a nivel estatal e internacional en diferentes países.

Los motivos de este desarrollo pueden ser diversos, por un lado está la evidencia de los expertos (Redecker, y otros, 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 serán habilidades relacionadas con las tecnologías de la información y la comunicación. Por otro lado, a partir del impacto de la publicación del artículo de Wing (2006) quien acuña por primera vez el 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 tenemos la postura de Trilling, B., y Fadel, C. (2009) similar a la de Resnick (2007), donde plantean un futuro en el que la sociedad altamente computerizada y

---

<sup>1</sup> <http://code.org/> [Acceso 03/03/2015]

<sup>2</sup> <http://hourofcode.com/es> [Acceso 03/03/2015]

<sup>3</sup> <http://mobileworldcapital.com/es/programas/mschools/> [Acceso 03/03/2015]

<sup>4</sup> <http://www.hpcodewars.org/> [Acceso 03/03/2015]

<sup>5</sup> <http://www.firstlegoleague.es/> [Acceso 03/03/2015]

<sup>6</sup> <http://www.xtec.cat/web/curriculum/eso/optativainformatica4eso> [Acceso 03/03/2015]

<sup>7</sup> <http://agenda.obrasocial.lacaixa.es/ca/-/encuentro-de-proyectos-de-tecnologias-creativas-y-robotica> [Acceso 03/03/2015]

<sup>8</sup> <http://codemadrid.org/> [Acceso 03/03/2015]

<sup>9</sup> <https://olimpiada-informatica.org/> [Acceso 03/03/2015]

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 por un motivo u otro, estos últimos años se están implementando actividades de robótica educativa, computación creativa y computación física en los diferentes currículums, y al mismo tiempo éstas gozan de gran aceptación por parte de la comunidad educativa.

## Contexto

Actualmente el perfil de nuestros alumnos es el de prosumidor (prosumer), una contracción de las palabras consumidor y productor, que hace referencia a una actitud proactiva respecto a la tecnología. Tal y como dice Jenkins (2006), "ellos operan como una cultura del peer-to-peer<sup>10</sup>" (p. 38) y una cultura de la participación (p. 1) donde en vez de tan solo consumir contenidos, están acostumbrados al intercambio cultural como productores. Consumen de la misma forma tanto contenidos profesionales, como contenidos amateurs creados por otros jóvenes con ideas afines.

Desde el punto de vista del uso en clase de las tecnologías digitales y tomando a Prensky(2001) como referencia, está claro que existe actualmente una considerable brecha digital o desfase entre la forma como alumnos y profesores hacen uso de la tecnología, la cual no puede ser ignorada. Esta brecha por definición siempre existirá, ya que a medida que van evolucionando las generaciones siempre existirá una diferenciación del uso y la comprensión de la tecnología entre alumnos y profesores.

---

<sup>10</sup> Red entre iguales o entre pares. es un paradigma de comunicación donde no existen servidores ni clientes sino que cada individuo es emisor y receptor al mismo tiempo.

No obstante, actualmente esta diferenciación tanto de uso como de forma de integrarlas es suficientemente grande como para hacer hincapié en ella.

En esta línea, el estudio sobre la alfabetización digital de Cassany (2002) o el informe de la OCDE: “el uso intensivo de las tecnologías tiene consecuencias sobre las capacidades intelectuales y cognitivas, genera cambios en las prácticas culturales, y pone de manifiesto contradicciones en cuanto al uso que se les da dentro y fuera de las aulas”(Pedró, 2006, p.10). Es decir, el comportamiento respecto al acceso a la información de la generación de los conocidos como "millenials" (nacidos entre el 1980 y el 2000) es muy diferente al de las generaciones posteriores, a grandes rasgos según Prensky(2001) podríamos resumir sus características en las siguientes:

- Quieren recibir la información de forma ágil e inmediata.
- Se sienten atraídos por multitareas y procesos paralelos.
- Prefieren los gráficos a los textos.
- Se inclinan por los accesos al azar (desde hipertextos).
- Funcionan mejor y rinden más cuando trabajan en Red.
- Tienen la conciencia de que van progresando, lo cual les reporta satisfacción y recompensa inmediatas.
- Prefieren instruirse de forma lúdica a embarcarse en el rigor del trabajo tradicional.

Así pues, queda claro si damos por buena la caracterización de Prensky hasta qué punto la introducción del uso de estas nuevas tecnologías digitales debe ir acompañada de un cambio de metodología y visión de las mismas. Sin perder de vista que el objetivo (Reig y Vílchez, 2013) es crear usuarios críticos frente a las tecnologías y creadores activos de contenidos, y no fomentando la hiperconexión con la tecnología dentro del aula.

Respecto a la enseñanza de la programación en clase, nos encontramos con que actualmente existen a nivel del estado español tan solo algunos contenidos más o menos definidos dentro de las asignaturas de tecnología de la educación secundaria,

y/o algunas asignaturas de carácter optativo en alguno de los ciclos de la educación obligatoria. No obstante, actualmente esos contenidos se están revisando y poniendo al día tomando ideas de la educación en STEM<sup>11</sup>, la computación creativa y la robótica educativa como denotan los diferentes congresos y revisiones del currículum por parte de las diferentes comunidades autónomas del estado español (Steambarcelona<sup>12</sup>, ScratchConference<sup>13</sup>, Programa<sup>14</sup>, CEDUTEC<sup>15</sup>, OSHCON<sup>16</sup>, etc). Algo que parece llegar tarde y lento, pero está llegando poco a poco. Miaoulis (2010) argumenta que dado que nuestro mundo está actualmente sumergido en la ingeniería y la tecnología (salud, comunicaciones, transporte, vivienda, entretenimiento) no tiene mucho sentido que tan solo el 5% del currículum se preocupe del funcionamiento de nuestro entorno desde un punto de vista tecnológico mientras el otro 95% ignora el mundo construido por los seres humanos.

Este mismo autor (Miaoulis, 2005), considera que la falta de vocación de los alumnos de género femenino por las ingenieras radica en la falta de contextualización de las ingenieras durante las épocas pre-universitarias. Sus estudios demuestran que para que este tipo de estudios sean atractivos para las jóvenes estudiantes de secundaria, éstas deben ver la relevancia y la utilidad de las ingenierías como medio para detectar necesidades humanas y solucionar problemas. Y una forma de realizar esto es contextualizar el aprendizaje tecnológico dentro de las actividades cotidianas que realizan los alumnos, y abogar por una "exploración despreocupada" más que por actividades excesivamente dirigidas.

Es muy posible que tal y como argumenta Veletsianos (2010) estemos en un ciclo de sobreexpectación respecto a una pedagogía emergente, y el auge de la docencia de la

---

<sup>11</sup> STEM es un acrónimo en inglés de science, technology, engineering y mathematics que sirve para designar las disciplinas académicas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Este término es utilizado, sobre todo, en Estados Unidos y Europa para abordar determinados tratamientos sobre temas relacionados con las ciencias, la educación, la fuerza de trabajo, la seguridad nacional o la inmigración.

<sup>12</sup> <http://steambarcelona.org/> [Acceso 30/04/2015]

<sup>13</sup> <https://scratch.mit.edu/conference/> [Acceso 30/04/2015]

<sup>14</sup> [https://sites.google.com/a/xtec.cat/aulatec-nova/vi\\_programa\\_2014](https://sites.google.com/a/xtec.cat/aulatec-nova/vi_programa_2014) [Acceso 30/04/2015]

<sup>15</sup> <http://www.uv.es/cedutec12/> [Acceso 30/04/2015]

<sup>16</sup> <https://twitter.com/oshwcon> [Acceso 30/04/2015]



programación en la escuela sea similar a la aparición de una nueva tecnología emergente en el mercado. Según este autor "Las tecnologías emergentes son herramientas, conceptos, innovaciones y avances utilizados en diversos contextos educativos al servicio de diversos propósitos relacionados con la educación. Además, propongo que las tecnologías emergentes ('nuevas' y 'viejas') son organismos en evolución que experimentan ciclos de sobreexpectación y, al tiempo que son potencialmente disruptivas, todavía no han sido completamente comprendidas ni tampoco suficientemente investigadas." (Veletsianos 2010, pp. 3-4)

Pero al mismo tiempo también cabe la posibilidad de que la introducción de la programación en las aulas sea la forma de colaborar en la creación de una sociedad crítica y creativa "... la sociedad del conocimiento no es suficiente. En este mundo de hoy tan rápidamente cambiante, la gente necesita continuamente encontrar soluciones creativas a problemas inesperados. El éxito está basado no solamente en qué es lo que uno sabe o cuánto uno sabe, sino en la habilidad para pensar y actuar creativamente. O sea, ahora estamos viviendo en la Sociedad de la Creatividad." (Resnick, 2007, p. 1). Desde este punto de vista, pueden ser interesantes los proyectos donde el ejercicio de la programación pueda contribuir a ayudar a los estudiantes a desarrollarse como pensadores creativos, críticos, colaborativos y aprender la práctica del diseño iterativo y la mejora continua.

En resumen, podemos decir que estamos en un momento de cambio interesante en cuanto a la enseñanza de la programación en los centros educativos se refiere, y seguramente durante los próximos años veremos cómo este tipo de alfabetización digital se va introduciendo poco a poco dentro de los currículos de las diferentes asignaturas. Identificamos al mismo tiempo dos posibles motivos para que esto suceda, los cuales aunque no son excluyentes sí que tienen un prisma y un origen diferente. Gobiernos y empresas ven clara una necesidad de la incentivación de las vocaciones dentro del ámbito de las ingenierías y las ciencias para fomentar la innovación y el desarrollo, y para dotar de trabajadores cualificados a las nuevas profesiones que aún están por definir. Y de forma complementaria, aunque desde un prisma diferente, Resnick(2007), Wing (2006) y Trilling, B., y Fadel, C. (2009) abogan

por el desarrollo de ciertas habilidades imprescindibles para preparar a los alumnos para los retos del siglo XXI, tanto desde el ámbito laboral, como el personal, como el social. Estas habilidades hacen especial hincapié en el trabajo por proyectos, el trabajo colaborativo, el pensamiento crítico, la alfabetización tecnológica, y la capacidad de desarrollar soluciones creativas e innovadoras.

## Finalidad y objetivos

Dentro del contexto expuesto, este estudio realiza un análisis de las diferentes prácticas educativas en el ámbito de **la enseñanza de la programación cuyo objetivo va más allá del aprendizaje del uso de una tecnología y trata de promover el desarrollo de software como herramienta para comprender el entorno y utilizarlo como medio de comunicación y expresión**, con el objetivo de fomentar una sociedad que comprenda la creación de software y sea capaz de utilizarlo tanto para generar contenido como para modificar su entorno.

Esta investigación tiene como finalidad descubrir qué tipo de actividades y metodologías, llevadas a cabo en clase por los profesores que realizan estas actividades de computación creativa y computación física están siendo actividades de aprendizaje significativo<sup>17</sup> y se están aplicando a otras áreas como medio de expresión, comunicación o simulación; o si por el contrario estas actividades de aprendizaje de programación de computadores y computación física tienen como único objetivo el entrenamiento de una habilidad puramente tecnológica. Al mismo tiempo, nos interesa descubrir qué elementos, aplicados por parte de los diferentes docentes llevan al éxito en cuanto a la intencionalidad del uso de la programación creativa como medio de comunicación y expresión.

---

<sup>17</sup> Aprendizaje donde el estudiante relaciona la información nueva con la que ya posee, reajustando y reconstruyendo ambas informaciones durante el proceso. (Ausubel, Hanesian, y Novak, 1976)

De esta finalidad se desprenden dos objetivos fundamentales:

1. Identificar casos en los que se potencian estas nuevas habilidades de expresión y comunicación digital entre sus alumnos mediante el desarrollo de software, aplicando estos conocimientos de forma transversal a otras áreas del conocimiento no puramente tecnológicas.
2. Explorar los diferentes aspectos de las características de las actividades realizadas en clase.

### III. Marco teórico de referencia

#### Contexto de aprendizaje y contexto tecnológico de los alumnos

Cuando hablamos del contexto hablamos de la forma como se interpretan y se entienden las relaciones entre las personas y las circunstancias en las que se involucran en diferentes tiempos y espacios. Los desarrollos tecnológicos de los últimos 20 años han creado nuevos espacios de aprendizaje, como los juegos, las realidades virtuales, los cursos de e-learning, los intercambios de información en foros, y otra multitud de ciberespacios donde los jóvenes continúan sus actividades "físicas" del día a día de su vida. Estamos acostumbrados a considerar que los espacios de aprendizaje suceden en mayor parte en los espacios tradicionales de aprendizaje (escuelas, institutos, etc) pero hoy en día podríamos decir que estos ciberespacios tienen un peso realmente importante en la trayectoria participativa del día a día. Incluso existen propuestas de expansión del concepto de escuela como las de Erstad (2013), donde el aprendizaje formal e informal se combinan para crear una nueva relación entre el estudiante y la escuela, poniendo énfasis en el concepto del alumno como "life long learner" (estudiante permanente) y de las escuelas abarcando una trayectoria más larga y más amplia dentro del aprendizaje.

Las tecnologías digitales pueden convertirse en un elemento motivador a la hora de desarrollar una actividad en clase. Esta motivación añadida puede deberse a que el contexto previo de nuestros alumnos es altamente tecnológico y por lo tanto, ese tipo de actividades son más cercanas a su mundo, tal y como señalan Reig y Vilchez (2013) "La adopción natural de la tecnología se introduce de forma espontánea y natural, ausente de miedos y prejuicios, en algo que forma parte de su mundo" (pp. 33).

Al mismo tiempo este contexto contrasta con el entorno de clase donde el aprendizaje sucede en un sistema educativo que está diseñado para otro tipo de estudiantes, según Jenkins (2006) estas nuevas generaciones "conectadas" están acostumbradas a

ser más interactivas, dialogantes y participativas. Desde edades muy tempranas participan activamente en la producción cultural en el entorno en el que viven (lo que se denomina un "prosumidor"), es por ello que en un entorno instructivo o con pocas posibilidades de exploración pueden verse mermadas sus posibilidades de aprendizaje.

Según el informe de Pedró (2006) los llamados "Millenials" son una generación de jóvenes que hace un uso continuo de las tecnologías de la información y la comunicación y esto conlleva una importante implicación en el desarrollo intelectual de sus competencias cognitivas e intelectuales. Por ejemplo, la poca duración de los momentos en los que están atentos, algo que Papert(1980) denomina "grasshopper mind"<sup>18</sup> por su costumbre a saltar rápidamente de un tema a otro, o saltar adelante y atrás en el mismo tema en vez de detenerse en un sitio el tiempo necesario antes de avanzar. Según estos autores otro comportamiento propio de esta generación puede ser la impaciencia si el acceso a la información no es inmediato, la necesidad de respuestas inmediatas, el hábito de la multitarea, focalizar la atención hacia contenidos en movimiento y/o audiovisuales, y por tanto incrementar la dispersión cuando el contenido es por ejemplo un texto. Es por ello que podemos argumentar entonces que estos alumnos tienen capacidad para adquirir conocimiento procesando la información no lineal de forma discontinuada.

Prensky(2001) aboga por tanto por el diseño de contenidos con temática digital y tecnológica, así como por el rediseño de los contenidos actuales utilizando el lenguaje de los que él llama "Nativos digitales". El enfoque de Erstad (2013) camina hacia la revisión del concepto de alfabetización digital, donde actualmente entendemos por alfabetización digital las prácticas que giran en torno a la lectura, escritura e intercambio de información online. Por un lado es importante dotar de habilidades

---

<sup>18</sup> [Mente de saltamontes](#)

para acceder, adaptar y crear conocimiento utilizando las tecnologías de la información y la comunicación a todos los estratos sociales por igual, para evitar una desigualdad social; por otro lado destaca la importancia del aprendizaje del uso de las herramientas para el trabajo de la comunicación digital y la habilidad curricular transversal para explotar su potencial creativo. Además pone el foco también en el potencial participativo que tiene la red como modo informal de aprendizaje, donde los estudiantes adoptan tanto el rol de profesor como de estudiante. Es por ello que no tan solo es importante una inmersión más activa en las prácticas educativas en cuanto a esta alfabetización digital se refiere, sino que es necesaria una revisión del concepto de alfabetización digital incluyendo estas consideraciones.

A pesar de que el decreciente costo de las tecnologías de la computación las harán accesibles a casi todas las personas, esto posiblemente no traiga solución a la conocida como brecha digital. Aun cuando toda la gente tenga acceso a las tecnologías digitales es muy posible que no hayamos solucionado el problema si éstos no han aprendido a utilizarlas fluidamente y con las mismas posibilidades que el resto. Este uso fluido o nueva alfabetización digital no tan solo ha de implicar la comunicación, la participación y el acceso a la información; sino que nos ha de dar las posibilidades necesarias para poder construir artefactos significativos, como poemas, videos, hipertextos, juegos, robots, aparatos tecnológicos. Y estos elementos no deben ser una finalidad sino un medio, por lo tanto **deberían ser los artefactos significativos los que potencien el aprendizaje de otros conceptos.**

Otro tema muy diferente es como este concepto puede llevarse a cabo, según Papert(1980) los complejos sistemas educativos se han resistido a los cambios que se proponen, hasta volverse inmunes. Piensa que a pesar de que las reformas e innovaciones se introducen con el objetivo de cambiar el sistema, al final el sistema cambia la reforma, y esto es muy diferente a decir que el sistema se resiste o rechaza la reforma. Significa que se resiste al cambio de una manera muy particular:

asimilando a sus propias estructuras el concepto pero pervirtiendo la esencia. Esta es la razón por la que hemos visto ir y venir reformas e innovaciones y si bien hay impactos renovadores en individuos y pequeños segmentos, los sistemas continúan integralmente funcionando de la misma manera. En las conclusiones del libro de Erstad (2013) llega a una conclusión algo similar, a pesar de que existe una gran cantidad de opciones de futuro para posibles escenarios para el aprendizaje, el problema reside en conectar la visión con la práctica. Existen múltiples ejemplos de iniciativas interesantes, que se encuentran que fallan al intentar escalar hacia arriba estas iniciativas, y el impacto en los sistemas educativos es mínimo.

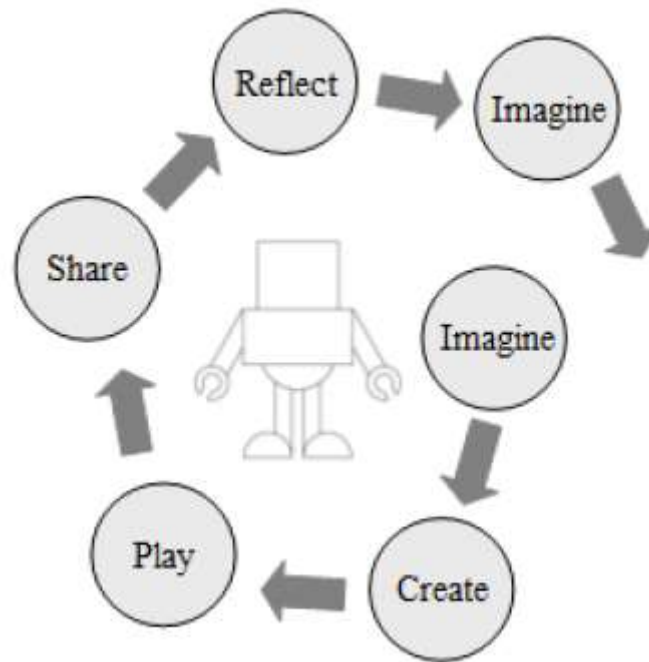
### **Aprender creando: Teoría del Construccinismo**

Si partimos de las teorías de Piaget (1955) podemos considerar el aprendizaje como la reacción "natural" y espontánea de aprendizaje que lleva a cabo cuando interacciona con el entorno y lo contrasta con los aprendizajes ya adquiridos. Ya sea modificando los esquemas mentales ya existentes en el alumno (asimilación) o se añadiendo nuevos elementos a estos esquemas (acomodación). Esta perspectiva constructivista puede parecer opuesta a la visión tradicional más cercana a la instrucción del conocimiento más cercana 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 tema, se debe adquirir un conocimiento profundo del tema que se va a aprender. Por ejemplo la mejor forma de enseñar a un alumno los números pasa por realizar una comprensión profunda de qué es un número.

Papert (1980) recupera estos dos conceptos propios del constructivismo de Piaget, para construir su 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 constructivista enuncia que el conocimiento no es transmitido del profesor a los alumnos. Esta crítica al instruccionismo es similar a la crítica que realiza Dewey(1933) comparando el instruccionismo con el proceso de llenado de una cisterna, donde el 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 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 constructivismo 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 deberán hacer el esfuerzo para superar estos problemas y aprender con el fin de construir dicho artefacto significativo para ellos. Los estudiantes deberán discutirlo con sus compañeros para presentar sus resultados a la comunidad y recibir alguna retroacción para proceder al rediseño y/o modificación si es necesario. Durante este aprendizaje los alumnos se sumergen en su propio proceso de aprendizaje y disponen del tiempo necesario para explorar sus ideas en profundidad. Este tipo de estrategias de aprendizaje propias del constructivismo están muy relacionadas con las estrategias de aprendizaje basadas en proyectos. Por otro lado según Vigotsky (1978) de que el conocimiento es un producto humano construido socialmente y culturalmente a partir de las interacciones con un contexto determinado (zona de desarrollo próximo), tiene su implementación en la propuesta del constructivismo donde la retroacción de otros alumnos conlleva a un rediseño y modificación de los artefactos a partir de esa presentación del objeto en comunidad. Este concepto del rediseño y la aplicación del feedback de los iguales tiene su representación gráfica en la espiral del pensamiento de Resnick(2007) [Ilustración 1]

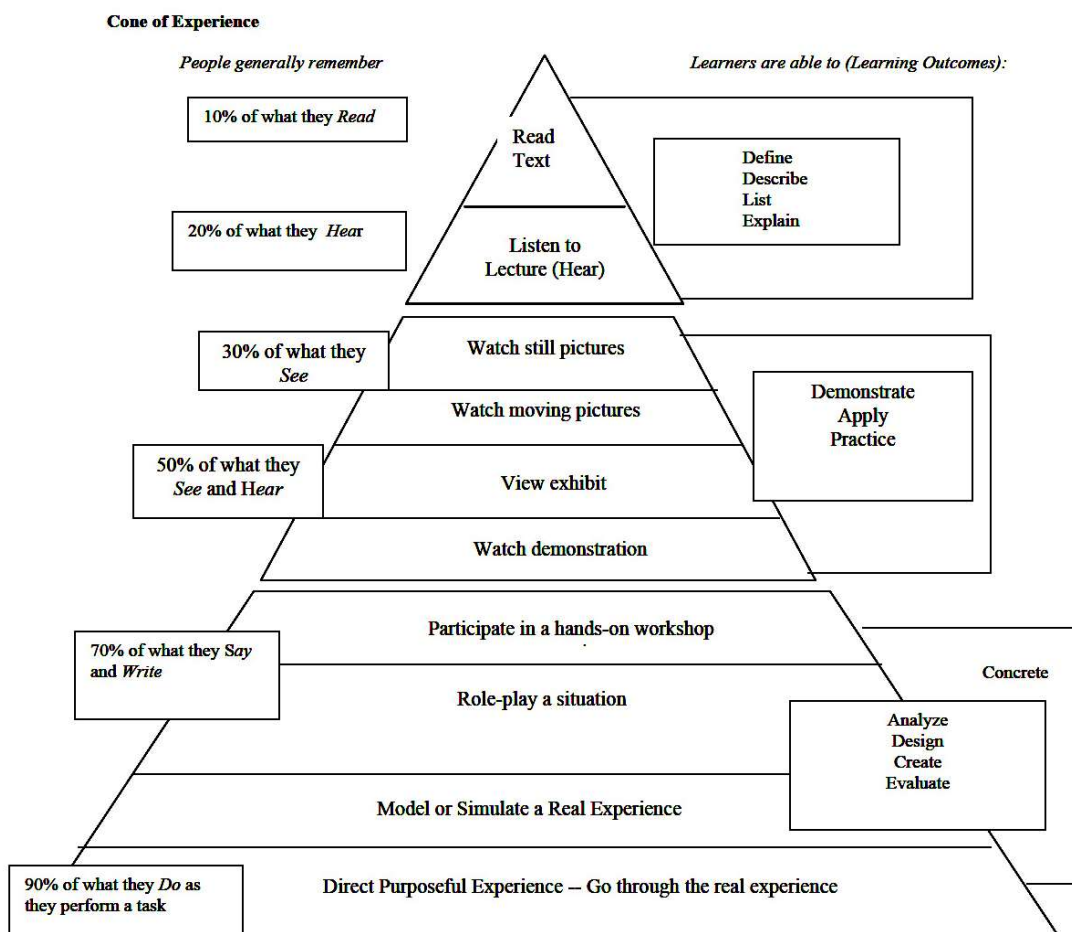




*Ilustración 1: Espiral del pensamiento creativo (Resnick 2007)*

Dale (1967), un reconocido experto en educación audiovisual, en sus estudios demuestra empíricamente como la capacidad de asimilar conceptos crece con la experimentación directa y progresa poco a poco incrementando las actividades más abstractas. En la conocida figura del “Cone of experience” [Ilustración 2], vemos como en la parte inferior destaca las actividades de experimentación directa como las actividades que mejor funcionan en la adquisición de conceptos, y en la parte superior las actividades más abstractas como menos funcionales. Eso no quiere decir, según explica Dale que unas y otras no sean válidas, en su propuesta señala que es interesante combinarlas y alternarlas según el sujeto de estudio. Comparando el estudio de Dale con los conceptos de Papert anteriormente comentados, tanto uno como otro coinciden en que la manipulación o experimentación directa, es decir la construcción de artefactos significativos, son metodologías altamente efectivas, por otro lado si escalamos un poco en el cono de Dale, nos encontramos con actividades del tipo realizar una simulación o explicar cómo funciona algo. Tanto la experimentación directa, como las simulaciones, como el ejercicio de sintetizar algo para explicar cómo se ha llevado a cabo son actividades muy propias de la programación, y similares a los

objetivos del pensamiento computacional. Así pues, podemos por ejemplo utilizar la construcción de una pieza de software como artefacto para aprender ciertos contenidos didácticos que no tienen que estar propiamente relacionados con la tecnología.



Source: Adapted from E. Dale, *Audiovisual Methods in Teaching*, 1969, NY: Dryden Press.

@win\_ariful

Ilustración 2: "Cone of Experience" Dale(1967)

## Computación creativa con Scratch

Scratch es un programa de libre distribución, que se fundamenta en las ideas de aprendizaje construccionista de Logo. Scratch fue implementado por el equipo "KinderLifeLong" del mediaLab - MIT dirigido por Mitchell Resnick. Este entorno de programación onLine permite a los usuarios crear proyectos multimedia interactivos, utilizando un lenguaje de programación orientado a objetos, pero simplificado en forma de bloques para evitar los problemas de "ortografía" que acostumbran a tener los lenguajes de programación. La web de Scratch recibe cantidad de proyectos variopintos (juegos, animaciones, vídeos, presentaciones, simulaciones, etc) de estudiantes de todo el mundo. Estos proyectos permanecen almacenados en la web, siempre que el creador decida compartirlos, y cualquier otro usuario puede reeditar el código y crear su propia versión del proyecto (lo que en términos computacionales se denomina un "fork"). Este concepto del compartir, reeditar, mejorar y aprender del trabajo hecho por los demás es un concepto muy usual en el mundo del software libre, y es un concepto natural para los estudiantes que están acostumbrados a descargar vídeos y audios y generar sus propias composiciones, de hecho es una de las metodologías de aprendizaje más primarias.

Los proyectos de Scratch contienen "media" y "scripts". Los "media" pueden ser imágenes, sonidos o vídeos con los cuales el alumno desarrolla su proyecto, y los "scripts" son las pequeñas piezas de software asignadas a cada uno de sus elementos. Como hemos comentado anteriormente la programación (scripts) se realiza mediante bloques de comandos, 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, podemos ver como es una muy buena herramienta para expresarse utilizando la creación de software como medio, y al mismo tiempo el intercambio social que sucede en la versión online junto con el concepto de la reutilización de código de otros usuarios, permite ese "socioconstructivismo distribuido" enunciado por la teorías de la cognición distribuida de Minsky (1986). Minsky argumenta que cada cerebro contiene cientos de diferentes tipos de máquinas, interconectados de manera específica que

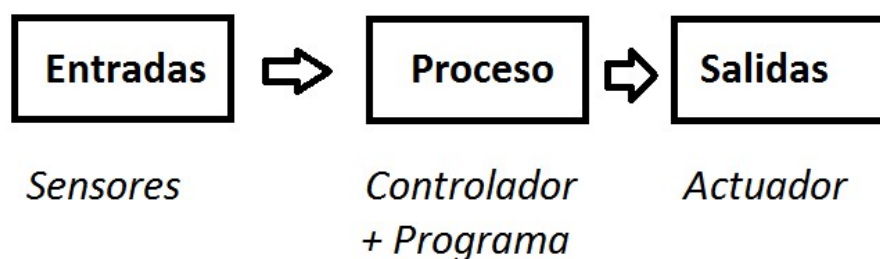
predestinan ese cerebro para convertirse en una gran y diversa sociedad de organismos especializados parcialmente, es decir, si una mente para generar un conocimiento es un conjunto de elementos pensantes interconectados, **¿por qué no se puede generar conocimiento a partir de un conjunto de mentes interconectadas trabajando en conjunto a través de la red?**

Retomando el foco del tema, dadas las posibilidades tanto a nivel de creación y expresión, como a nivel de colaboración interconectada, es evidente por qué esta herramienta está actualmente siendo utilizada a nivel global por alumnos, profesores y centros educativos para posibilitar esa computación creativa, a pesar de la gran infinidad de opciones disponibles. Al mismo tiempo hemos establecido el proceso de la construcción de artefactos significativos, como un proceso de aprendizaje basado en el diseño. Los estudiantes diseñan, no tan solo utilizan herramientas o interactúan sino que crean, colaboran con sus compañeros teniendo en cuenta sus aportaciones, y reflexionan respecto a su práctica creativa revisándola y modificándola.

### **Computación física, conectando el mundo virtual con el mundo físico**

En la obra *Physical computing*, O'Sullivan y Igoe (2004) se 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. XVII). En esta obra Igoe y O'Sullivan argumentan que el uso estandarizado de las interfaces de usuario, que llegaron a las manos del usuario común con los primeros ordenadores Apple, han 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 eso que defienden un **uso diferente de las computadoras, un 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 al verbo pensar que utilizamos los humanos. Así que una computadora es tan solo un elemento que computa, que toma decisiones y que realiza un proceso más o menos complejo a partir de unas señales de entrada, utilizando unos elementos de salida y siguiendo un programa previamente especificado [Ilustración 3].



*Ilustración 3: Esquema de un sistema de computación física*

En este esquema que hemos definido, a los elementos físicos que captan la información les llamaremos sensores, como sensores de tacto, de presencia, de humedad, temperatura, etc, y a los elementos de salida les llamaremos actuadores como pueden ser motores, luces, altavoces, etc. Respecto al elemento programable que se encarga del proceso, nos podemos encontrar dos tipos de elementos en un sistema de computación física, por un lado podemos tener un montaje con elementos sensores simples conectados al ordenador directamente, como pueden ser las picoBoards<sup>19</sup> o los makeyMakey<sup>20</sup> que funcionan directamente conectadas al PC y utilizan Scratch como herramienta de proceso, o podemos encontrarnos con sistemas que utilizan una placa independiente que hace las funciones de proceso del programa

<sup>19</sup> <http://www.picocricket.com/picoboard.html> [Acceso 24/05/2015]

<sup>20</sup> <http://www.makeymakey.com/guides/> [Acceso 24/05/2015]

y/o controlador, como es el caso de los sistemas que utilizan Arduino<sup>21</sup>, Rapsberry Pi<sup>22</sup> o Picaxe<sup>23</sup>.

A priori puede parecer algo complejo y fuera de lugar 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.

El concepto de computación física propuesto en el libro de Igoe y O'Sullivan (2004) conforman en parte la base de lo que se conoce como el movimiento "Maker" (Dougherty, 2012) o el "Do-it-yourself"<sup>24</sup>. Aunque la aparición de diferentes placas controladoras como Arduino o RapsberryPi, cuyo software y/o hardware es abierto (opensource), ha tenido mucho que ver con la expansión del fenómeno. El hecho de que los planos y el código fuente estén publicados tanto en una placa como en la otra, ha hecho que miles de usuarios de alrededor de todo el mundo se atrevan a realizar cambios, proponer modificaciones, crear elementos complementarios, y generar documentación para realizar todo tipo de proyectos. Tanto es así que en sitios web como Instructables<sup>25</sup> o makeMagazine<sup>26</sup>, podemos encontrar casi todo tipo de experiencias, ejemplos o tutoriales.

---

21 <http://www.arduino.cc/> [Acceso 24/05/2015]

22 <https://www.raspberrypi.org/> [Acceso 24/05/2015]

23 <http://www.picaxe.com/> [Acceso 24/05/2015]

24 El "do-it-yourself" o "hagalo usted mismo" es la práctica de la fabricación o reparación de cosas por uno mismo, de modo que se ahorra dinero, se entretiene y se aprende al mismo tiempo.

25 <http://instructables.com> [Acceso 03/05/2015]

26 <http://makezine.com> [Acceso 03/05/2015]

El papel de la plataforma Arduino (Mellis, D., Banzi, M., Cuartielles, D., y Igoe, T. ,2007) dentro de este movimiento es realmente importante. En el proyecto Arduino de la Universidad de Malmo se intentó extrapolar la forma de hacer en el mundo del software libre a la electrónica. Existen múltiples evidencias de que la creación de software robusto de forma distribuida por grupos de voluntarios es una realidad. Los proyectos de software libre crean comunidades online de personas trabajando en muchos niveles: usando y probando el producto, añadiendo extensiones y trabajando en el código. Pero aplicar esta filosofía y principio de trabajo a un elemento físico como puede ser la electrónica, fue realmente una novedad, y el impacto social de esta herramienta ha demostrado que la teoría del desarrollo en red y el trabajo voluntario y distribuido funciona. Por otro lado, el producto resultante es una plataforma que disemina las técnicas de prototipado rápido a diseñadores, educadores, y alumnos. Esto les permite aplicar los conceptos de diseño más allá de la pantalla, sin la necesidad de convertirse en ingenieros.



*Ilustración 4: Versión original de la primera placa de Arduino*

El resultado del proyecto es una económica placa electrónica, que nos permite conectar una gran cantidad de sensores de uso común sin limitar las posibilidades a un conjunto de sensores limitado, controlar múltiples actuadores y poder reprogramar su comportamiento conectándola a la computadora mediante un cable serie. Tanto en la interconexión electrónica como en la programación de comportamiento se han eliminado las capas intermedias de complejidad técnicas para hacer el proceso de conexión y programación de comportamiento lo más simple

posible. Actualmente este proyecto se ha convertido en un estándar del prototipado rápido y está siendo utilizado en la mayoría de universidades e instituciones educativas que incorporan elementos de la computación física y el prototipado rápido a sus estudios.

Existen otras herramientas similares aunque no tan populares, como puede ser Raspberry Pi, un proyecto de origen británico que consiste en un pequeño computador del tamaño de una tarjeta de crédito, con muchas capacidades de interconexión con otros objetos y elementos. En este caso la complejidad de uso y de poner en práctica en clase es algo mayor, pero podemos encontrar proyectos educativos interesantes que implementan esta tecnología como Kano<sup>27</sup> o AiSoy<sup>28</sup>.

Así pues comprobamos que la computación física es una herramienta interesante para que los profesores puedan conectar el mundo real con el mundo virtual. Haciendo este enlace de lo virtual con lo físico, podemos generar entornos digitales creativos y objetos de aprendizaje tangibles (Richard, 2008). En su trabajo de campo Richard(2008) 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, no obstante la línea de esta investigación es un tanto divergente en este aspecto ya que lo que queremos es localizar evidencias y formatos pedagógicos para conseguir aprendizajes de materias no propiamente tecnológicas, utilizando la tecnología como medio y no como finalidad.

---

<sup>27</sup> <http://www.kano.me/> [Acceso 03/05/2015]

<sup>28</sup> <http://aisoy.com/> [Acceso 03/05/2015]



## Do-it-yourself y tinkering dentro del currículum

Existe una cultura emergente llamada "Maker Movement" (Hatch, 2014) generada a partir del abaratamiento de las nuevas tecnologías y su fácil acceso. En esta subcultura los usuarios crean y/o modifican objetos basados en tecnología (entre otros) siempre guiados por el orgullo y el disfrute de la creación de objetos propios por encima del consumo de objetos de producción en masa.

Dougherty (2012) utiliza la palabra "tinkering" para definir la habilidad básica de lo que define como "maker", este "tinkering", que podríamos traducir como bricolaje o artesanía, son esas habilidades personales que te hacen diferente del resto como puede ser la habilidad para arreglar el coche, para crear tu propia ropa, o para hacer jarrones. Estas son habilidades que actualmente no son necesarias, pero parece existir un gran público que le interesa ver como se enriquece su vida creando cosas nuevas o aprendiendo nuevas habilidades. Es posible que este movimiento surja de la necesidad de apasionarse con los objetos que uno mismo crea por encima de su uso como consumidores. En este comportamiento subyace la idea del *empoderamiento tecnológico de la sociedad*, según esta filosofía uno no es total poseedor de un objeto si no es capaz de entender cómo funciona y de tener la posibilidad de modificarlo.

Otro punto de vista interesante de este movimiento es como utilizan micro-comunidades en la red para compartir tanto sus creaciones, como la forma en la que las realizan, mediante tutoriales, vídeos u otros elementos. Movidos siempre por el orgullo de ayudar a replicar su hallazgo y mejorar alguna propuesta para después compartirla. Este intercambio incontrolado de conocimiento y experiencia sucede en la red, utilizando blogs, portales, tutoriales o vídeos.

Según Dougherty(2012): "Muchas instituciones, como escuelas, corporaciones, o departamentos del gobierno, creen que entienden que se promueva la innovación en este entorno y intentan replicarlo en un entorno controlado, pero este tipo de innovación no puede ser 'controlada' o 'domesticada'". El proyecto DIYLab (Sancho J.M., Hernandez F., Alonso C., Snachez JA., Fendler R., Domingo M., Miño R., Arrazola

J., Giró X., Majó A., y Armengol A., 2014), es un proyecto piloto llevado a cabo en escuelas, centros de secundaria y universidades de tres países diferentes, demuestra que sí que es aplicable esta filosofía dentro de la educación formal, pero al aplicarla se encuentran ciertos retos como son el aprendizaje autónomo, la transdisciplinariedad, las competencias digitales, el aprendizaje colaborativo, y el aprendizaje basado en investigación. Estos nuevos retos para los centros educativos son posiblemente el eslabón a superar si queremos aprovechar las posibilidades que el DIY y la exploración despreocupada nos pueden aportar.

Desde un punto de vista similar Resnick y Rosenbaum (2013) argumentan que aunque este movimiento no está centrado en la educación formal, sus ideas y su carácter motivador pueden ser muy aprovechables en entornos de aprendizaje por proyectos, o aprendizaje experimental. Es por eso que Resnick y Rosenbaum(2013) definen la "tinkerability"<sup>29</sup> como la capacidad de una actividad educativa para que pueda ser "explorada despreocupadamente", es decir, para que posibilite la experimentación y apropiación de la tecnología que reside dentro de ella, para en un futuro poder crear algo nuevo o derivado de ella. Según ellos diferencian entre los sujetos planificadores que aplican reglas formales, realizan cálculos abstractos antes de actuar ante un problema y lo que denominan los "tinkerers" que son sujetos que prefieren reaccionar de forma experimental explorando soluciones manualmente, lo que denominan la "conversación con el material".

Este tipo de actitud tiene un enfoque que se inicia experimentando con los materiales, realizando una exploración despreocupada, y de ésta emerge el objetivo, en otras ocasiones se inicia el proceso teniendo claro cuál es el objetivo pero sin saber el procedimiento para llegar a él, y mediante la experimentación y la interacción con los materiales y la renegociación del plan inicial, consiguen el objetivo deseado. De hecho, esta actitud no es nada nueva, es una tradición propia de la artesanía en

---

<sup>29</sup> El concepto de "tinkering" hace referencia a la habilidad para realizar cambios sobre un artefacto intentando repararlo o mejorarlo, realizando lo que se denomina una exploración despreocupada, es decir, un análisis del funcionamiento del artefacto sin ninguna intencionalidad previa.

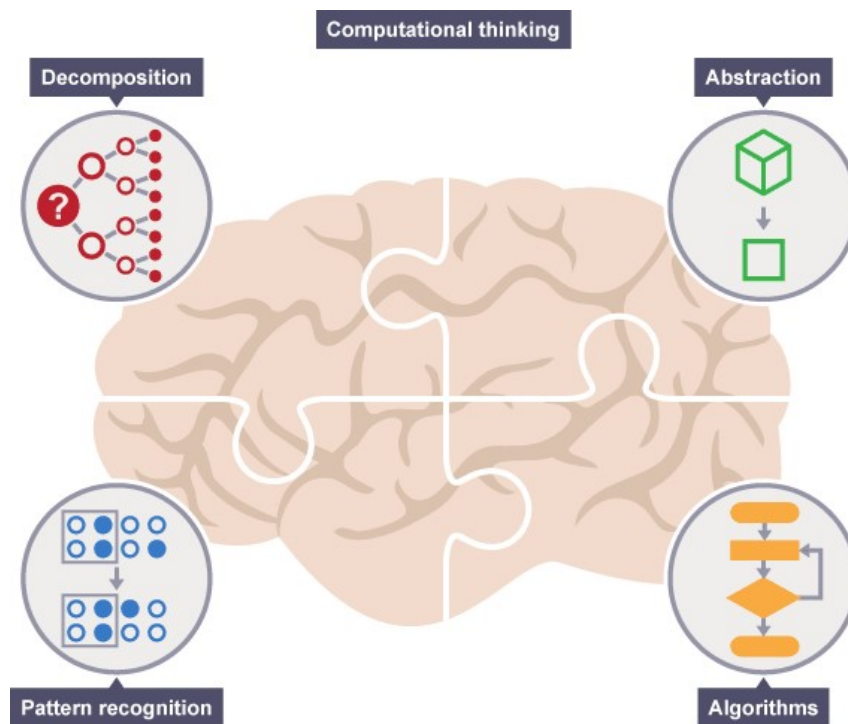
muchas culturas y tradiciones. Sin embargo la aplicación de este enfoque poco estructurado en la educación formal es algo complejo y tiene el riesgo de parecer una exploración aleatoria, totalmente desestructurada y con un objetivo desenfocado. Se ha de diferenciar entre lo que puede ser una exploración totalmente aleatoria y lo que es una actividad muy enfocada donde se deja libertad para la exploración despreocupada. El objetivo no es substituir las actividades planificadas por actividades totalmente "despreocupadas", sino encontrar el equilibrio entre la planificación y la exploración de una actividad.

Enmarcado los paradigmas que hemos definido, el paradigma de la creación de objetos significativos bajo un prisma construccionista, y el paradigma del diseño de actividades con cierto grado de "tinkerability", podemos encontrar algunos trabajos realizados dentro del territorio español como el de López (2012), o Muntaner (2012), donde utilizan la computación creativa para trabajar la creatividad artística, las emociones, o las ciencias experimentales, desde un prisma de la planificación de actividades con cierto grado de experimentación despreocupada. Los diferentes casos estudiados aunque utilizan paradigmas de diseño de actividades distintos, aplican estos conceptos y tienen enfoques similares.

## **Pensamiento computacional**

Según 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 ingrediente vital en el aprendizaje de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. El pensamiento computacional implica la resolución de problemas, diseño de sistemas, y la comprensión de la conducta humana, sobre la base de los conceptos que son fundamentales para la informática. Pensar como un Informático significa más que ser capaz de programar una computadora. Se requiere la capacidad de abstracción y, por lo tanto, pensar en múltiples niveles de abstracción. Otras

definiciones formuladas por la Royal Society<sup>30</sup> son: " el proceso que permite formular problemas de forma que sus soluciones pueden ser representadas como secuencias de instrucciones y algoritmos." 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."



*Ilustración 5: Pensamiento computacional<sup>31</sup>*

El objetivo del desarrollo de esta habilidad del pensamiento computacional persigue reforzar una serie de actitudes como:

- Confianza en el manejo de la complejidad.
- Constancia en el trabajo con problemas difíciles.
- Tolerancia a la ambigüedad
- Habilidad para enfrentarse a problemas no estructurados
- Habilidad para la comunicación y el trabajo en equipo.

<sup>30</sup> <https://royalsociety.org/education/policy/computing-in-schools/report/> [Acceso 06/05/2015]

<sup>31</sup> [Fuente: [www.bbc.co.uk](http://www.bbc.co.uk)] [Acceso 05/05/2015]

Según la International Society for Technology in Education (ISTE) estas habilidades serán 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.

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. Existen unos pasos a seguir aunque según las implementaciones o los problemas no todos son necesarios *[Ilustración 5]*:

- "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.

El pensamiento computacional podría aportar como beneficios a los educandos 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. No obstante como hemos dicho al inicio, ésta es una metodología de resolución de problemas, de hecho es la metodología utilizada por la mayoría de profesionales con formación en computación; pero no es la única, existen muchas metodologías de resolución de problemas y aunque ésta es muy eficiente y la más utilizada en el mundo de la computación, también existen otros enfoques y metodologías que no deben ser substituidos.

## **Andamiaje "suelo bajo - techo alto - paredes anchas"**

Papert defendía que los lenguajes de programación debían tener un “suelo bajo”, un “techo alto” y más tarde, los creadores de Scratch, (Resnick, 2013) añaden, que los lenguajes de programación necesitan “amplias paredes”. La metáfora del "suelo bajo" hace referencia a un andamiaje inicial que permita que todos los alumnos implicados en una actividad puedan conseguir resolver el problema, evitando así el abandono, la frustración y potenciando una motivación inicial necesaria para mantener el grado de atención deseado. El "techo alto" se consigue no limitando las posibilidades y/o aspiraciones del estudiante, y facilitando las herramientas para progresar en el refinamiento de la actividad y las opciones de mejora tanto como el implicado esté dispuesto a llegar, al mismo tiempo hace referencia a que la herramienta utilizada nos ha de permitir incrementar la complejidad hasta poder crear soluciones muy complejas. Por último, las "paredes anchas" hacen referencia al número de opciones y posibilidades que ofrecemos al alumno cuando está desarrollando una actividad, cuantas más posibilidades ofrezcamos tanto mejor podrá expresar su creatividad.

Los creadores de Scratch (Resnick, 2013) introdujeron estos tres principios o características básicas en el diseño de este lenguaje de programación, por un lado el aspecto lúdico y sencillo de Scratch permite el suelo bajo del que hemos hablado, el gran número de bloques y posibilidades proporciona un gran rango de opciones para experimentar, y la lógica y la base de Scratch (basado en lenguajes de orientación a objetos puros como es LISP) permite adquirir el mismo nivel de complejidad que podemos adquirir con lenguajes de programación mucho menos amigables y más serios. Pero el concepto de suelo bajo - techo alto - paredes anchas, no solo es aplicable a las herramientas el trabajo, sino que es extrapolable de la misma forma al diseño de las actividades que llevamos a cabo con nuestros alumnos.

## Aprendizaje basado en proyectos

*"...parte del oficio de un maestro es el de conducir a los estudiantes a escudriñar y reflexionar sobre el aspecto netamente intelectual de lo que hacen hasta que se desarrolle un interés espontáneo por las ideas y sus relaciones recíprocas, lo cual constituye una auténtica capacidad de abstracción" (Dewey, 1933, p.192)*

Fue W.H. Kilpatrick, discípulo de Dewey, quién lanzó por primera vez el concepto de "Método de proyectos" en un intento de llevar a la práctica las ideas pedagógicas de Dewey (Salinas, 2008). En este caso para Kilpatrick el proyecto es una actividad con una finalidad real que orienta el procedimiento y confiere una motivación, al mismo tiempo este proyecto intenta unir la escuela con la vida. El proyecto surge de los intereses de los propios alumnos, y se desarrolla de forma práctica ofreciendo posibilidades realmente interesantes, pero al mismo tiempo señala que esta práctica no puede ser la única práctica existente, y aboga por la complementación para hacer más vivo el aprendizaje en algunos momentos oportunos.

Este tipo de aprendizaje tiene una gran cantidad de ventajas como el incremento de la motivación, la conexión entre una realidad y el aprendizaje, potencia las habilidades comunicativas y sociales, ofrece posibilidades de colaboración y tiene un carácter de transversalidad muy interesante. Al mismo tiempo, durante el desarrollo de este tipo de aprendizaje los estudiantes al buscar soluciones, a problemas no resueltos desarrollan destrezas cognitivas de orden superior ya que se ven involucrados en:

- Hacer y depurar preguntas.
- Debatir ideas.
- Hacer predicciones.
- Diseñar planes o experimentos.
- Recolectar y analizar datos.
- Establecer conclusiones.
- Comunicar ideas y descubrimientos a otros.

- Hacer nuevas preguntas.

El aprendizaje basado en proyectos tiene muchos puntos en común con el aprendizaje basado en problemas, y son fácilmente confundibles ya que ambos utilizan la misma abreviatura (ABP o PBL). Ambos son enfoques centrados en el alumno y requieren un papel del profesor como facilitador del aprendizaje, los alumnos pueden trabajar en grupos y son animados a consultar diversas fuentes de información. No obstante podemos diferenciar tres características que no tienen por qué converger necesariamente:

- Mientras el aprendizaje basado en proyectos centra sus esfuerzos en un producto, el aprendizaje basado en problemas enfatiza el proceso.
- El aprendizaje basado en problemas busca la adquisición de conocimientos y el basado en proyectos tan solo los utiliza con la finalidad de la confección de un producto.
- En el aprendizaje basado en proyectos la elección del tema la realizan los propios estudiantes, y las disciplinas trabajadas son transversales.

Por otro lado como la propia definición indica, el primero busca un aprendizaje centrado en la resolución de un problema, y el basado en proyectos puede no pretender resolver nada y puede por lo tanto ir más alineado hacia la exploración o construcción de artefactos.

Según Salinas (2008) cualquiera de las técnicas utilizadas en un paradigma de aprendizaje basado en proyectos debería acomodarse a un proceso que pase por las siguientes fases:



- Planteamiento del proyecto: definición de objetivos, selección del tema, temporalización, criterios de evaluación.
- Preparación: contextualización, búsqueda de información y documentación
- Proceso: Descripción de tareas, creación de grupos, definición de roles.
- Ejecución: Toma de decisiones, colaboración, responsabilidad compartida
- Evaluación.
- Conclusión.

Durante las fases de proceso (planificación para algunos autores) y ejecución es donde el rol del profesor adquiere un importante papel realizando las tareas de monitorización y control del progreso.

## IV. Problema y metodología

### Metodología

Con el objetivo de concretar qué propuestas educativas y qué entornos docentes consiguen con éxito promover **la enseñanza de la programación y el desarrollo de software como herramienta para comprender el entorno y utilizarlo como medio de comunicación y expresión**, este proyecto plantea una investigación de carácter cualitativo, donde se analizan diferentes casos de éxito referentes a las pautas planteadas. Según Stake, el estudio de casos es “el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes” ( Stake, 1983, p.11). Con este prisma el estudio presente analiza y categoriza los elementos particulares y singulares de los diferentes casos, poniéndolos en común con el resto, con la intención de comprender las características comunes entre los diferentes casos estudiados, pero sin intención de generalizar o teorizar, ya que por un lado los casos estudiados son bastante diferentes y al mismo tiempo el número de casos estudiados es demasiado pequeño como para generalizar o abstraer una teoría. Es por este motivo que el estudio se plantea con un enfoque ideográfico, es decir, que busca el conocimiento, la exploración y la descripción de una serie de acontecimientos pero sin el objetivo de teorizar, aunque sí de buscar puntos en común que puedan contrastar con las teorías estudiadas y evidenciarlos.

Entendemos pues que el estudio de casos planteado no tiene una única intención sino varias, íntimamente relacionadas, entre las que destacan: la descripción de los contextos educativos, la interpretación de los mismos para llegar a su comprensión, la difusión de los hallazgos y la mejora de la realidad educativa.

Es también un objetivo intrínseco a toda investigación la transformación del investigador. El investigador empieza su trabajo de campo con unos conocimientos teóricos previos que orientan sus primeros pasos y una concepción concreta de lo que él cree que puede ser una realidad, pero sin tener unas ideas preconcebidas tal y como recomienda Fackler(1988). La esencia de la investigación etnográfica transforma

permanentemente al investigador tanto en sus modos de hacer, como de pensar, volviéndolo más tolerante hacia la recepción de ideas que no comparte modificando muchos de sus esquemas.

Según Huberman y Miles (2000) se recomienda realizar el análisis cualitativo en 3 procesos diferenciados.

- En una fase inicial realizamos una reducción de los datos mediante una selección y condensación mediante resúmenes, codificaciones, relación de temas o clasificaciones. En nuestro caso esta codificación se generará en función de las variables de estudio anteriormente definidas.
- En una segunda fase, Huberman y Miles (2000) proponen realizar una representación de los datos en forma de esquema o diagrama para facilitar la reflexión del investigador respecto a los datos recabados, como pueden ser resúmenes, sinopsis, croquis o diagramas.
- Por último, propone trabajar en la elaboración y verificación de conclusiones utilizando tácticas para extraer significados de los datos, como pueden ser la comparación/contraste, el señalamiento de patrones y temas o la búsqueda de casos negativos que refuten las hipótesis, para extraer significado de los esquemas construidos a partir de los datos.

Tanto en la categorización de los datos como en la representación esquemática se ha de tener en cuenta no tan solo los datos, sino el contexto de su recolección. Es decir, considerar si fueron solicitados o no, si se influyó en el escenario, la interacción de terceras personas, si son datos directos o indirectos, etc.

A pesar de empezar con una codificación inicial y tener pautados el orden de estos 3 procesos diferentes, la investigación cualitativa es abierta y dinámica y se puede dar el caso de tener que rehacer este proceso en diferentes ocasiones en función de los hallazgos o la reformulación de las hipótesis.

## Negociación y acceso al campo

El ingreso en el campo de estudio suele ser un problema al que aluden todas las obras sobre etnografía, y es que, como muy acertadamente plantea Stake(1983, pag58): "Casi siempre, la recogida de datos 'se juega en casa' de alguien. En la mayoría de los casos, supone al menos una pequeña invasión de la vida privada. Los procedimientos para obtener respuesta se basan en que siempre se da por supuesta la necesidad de obtener permisos. ¿A quién corresponde el espacio en que nos movemos?"

Stake (1983, pag58) plantea que: "A menos que se haya tenido una experiencia negativa reciente, las personas generalmente cooperan, les suele gustar que se conozca su historia, se sienten felices de ayudar a alguien a hacer su trabajo, aunque no sean optimistas sobre el beneficio que les pueda procurar la investigación". La principal ventaja de esta técnica es que estimula el flujo de los datos y que ofrece una información personal, que de otro modo sería imposible conocer. De hecho dentro del entorno concreto tanto de la docencia tecnológica, como de la innovación educativa, como del aprendizaje autodidacta, existe un componente de "exhibicionismo" de los conocimientos adquiridos y de las habilidades desarrolladas, el cual es uno de los elementos motivadores y uno de los motores principales de trabajo.

## ¿Qué queremos evidenciar?

En el proyecto "¿Pueden los computadores aproximarnos al mundo físico?" intentamos encontrar evidencias de cómo las clases de computación física y computación creativa desarrollan aptitudes de resolución de problemas y pensamiento crítico aplicable a otras materias y/o ámbitos, ya sean de la educación formal o de la vida cotidiana. Esta propuesta de categorización de evidencias se plantea en tres niveles distintos:

- (evidencias de tipo 1) por un lado se intentará comprobar hasta qué punto el alumno ha integrado el conocimiento y ha extrapolado su uso a otras materias o contextos. Y como se ha conseguido esta transversalidad, es decir, si es propuesta por el profesor, o surge colaboraciones entre asignaturas, o se realiza de forma espontánea por el alumno.
- (evidencias de tipo 2) al mismo tiempo necesitamos catalogar el tipo de entorno donde se realizan las actividades (qué asignatura, en qué tipo de espacio, formato de las clases, etc).
- (evidencias de tipo 3) por otro lado con la intención de encontrar similitudes entre los diferentes casos estudiados, se analizarán características de las actividades diseñadas por el profesor, si han seguido la metodología de aprendizaje basado en proyectos, si se ha aplicado las líneas de trabajo del pensamiento computacional, etc.

Para trabajar en el análisis de contenido, se plantean un sistema de codificación para las transcripciones de la entrevistas. Se codifican cada uno de los textos transcritos, tomando como referencia la documentación de las diferentes metodologías estudiadas en el marco teórico. De esta forma relacionamos las diferentes experiencias con los paradigmas pedagógicos estudiados en el marco teórico previo, y podremos abstraer patrones de funcionamiento teniendo en cuenta los diferentes puntos en común de los casos estudiados. Para realizar esta tarea de codificación utilizaremos la herramienta informática ATLAS.TI. A pesar de utilizar esta herramienta, la intención es no computerizar en exceso este proceso para no mermar la significatividad de la investigación. Realizando un análisis asistido por computador como única herramienta, corremos el riesgo del fraccionamiento de la información, la pérdida de visión de conjunto y la descontextualización (Mercado, Villaseñor, y Lizardi, 2000). Al mismo tiempo el riesgo de quedarse atrapado por la seducción de la

herramienta, puede hacer que perdamos de vista el verdadero objeto del análisis que es la interpretación de los datos.

Por ello tanto la categorización, como la abstracción de patrones tendrá el punto de vista y la capacidad de análisis del investigador como último filtro.

## Método y participantes

Teniendo en cuenta que el foco de la investigación es analizar las prácticas educativas que promueven el desarrollo de software como herramienta para comprender el entorno, así como medio de comunicación y expresión, y aprovechando la eventualidad que durante los últimos años he tutorizado algunos cursos de formación del profesorado, en los que se ha trabajado conceptos de computación creativa y computación física, se decidió plantear una investigación en dos fases con la intención de, por un lado localizar casos donde estos profesores están utilizando los conocimientos adquiridos para promover **la enseñanza de la programación y el desarrollo de software como herramienta para comprender el entorno y utilizarlo como medio de comunicación y expresión**. Por otro lado realizar un análisis de casos donde, utilizando un enfoque ideográfico, estudiamos en profundidad los casos que pueden ser de interés, para localizar puntos en común, buenas prácticas y elementos replicables de cara al diseño de este tipo de actividades.

En una primera fase de implementación del proyecto se hizo servir una encuesta con respuestas abiertas. Se clasificaron y analizaron las respuestas para seleccionar los casos de interés para la segunda fase de la investigación. Para ello se utilizaron los datos que, de forma voluntaria, proporcionaron algunos de los profesores participantes en el curso "Robots y Videojuegos en las Aulas. Scratch y Arduino para

profesores<sup>32</sup> de la plataforma miriadax<sup>33</sup>. Dado que el curso era un curso de tipo "mooc"<sup>34</sup> abierto, online y masivo, los participantes eran profesores de habla hispana sin limitación en cuanto al país, el nivel educativo en el que desarrollan su actividad o formación. No obstante la mayoría de participantes eran profesores de la comunidad autónoma de Cataluña (España) ya que el curso fue promocionado por el departamento de educación de la "Generalitat de Catalunya".

De esta primera fase se obtuvieron las conclusiones respecto al primero de los objetivos, es decir, si se está utilizando la enseñanza del desarrollo de software únicamente con la finalidad de mejorar las habilidades en el diseño de software y resolución de problemas, o se está integrando esta competencia de forma transversal y de forma significativa como herramienta de comunicación y expresión del alumno. Y se aprovecharon estos datos obtenidos para realizar una selección de los casos interesantes para realizar un análisis en profundidad durante la segunda fase.

Estos casos de interés fueron seleccionados tanto a partir de los resultados de las encuestas de la primera fase, como a partir de la información proporcionada por "Centre de Recursos Pedagògics Específics de Suport al Professorat i als Centres Educatius". Este organismo depende directamente de la Generalitat de Catalunya, gestiona la formación del profesorado de ámbito tecnológico en la zona de Cataluña (España), y está en contacto permanente con todos aquellos docentes que realizan actividades de enseñanza de la computación en el territorio de Cataluña.

Teniendo en cuenta que ha sido complicado encontrar los casos de interés y el breve tiempo disponible para realizar el estudio, la situación de las entrevistas no ha sido excesivamente homogénea. En algunos casos se han entrevistado alumnos, en otros profesores, y la diversidad de los casos queda patente en el trabajo. No obstante, a pesar de la diversidad, se han podido encontrar patrones similares y coincidencias

---

<sup>32</sup> <https://www.miriadax.net/web/robots-videojuegos-aulas-scratch-arduino-profesores> [Acceso 24/05/2015]

<sup>33</sup> <https://www.miriadax.net/home> [Acceso 24/05/2015]

<sup>34</sup> *Massive Online Open Course*

interesantes, las cuales pueden conformar puntos de interés para una exploración futura.

### **Instrumento 1: Encuesta online**

Durante la primera fase se utilizó un cuestionario como instrumento tanto para analizar el perfil de los diferentes profesores participantes en el curso, como para obtener datos relativos al tipo de implementación que están llevando a cabo en clase respecto a los conocimientos adquiridos durante el curso. El cuestionario en cuestión se realizó utilizando la herramienta de google Drive para obtener las respuestas ordenadas directamente y ahorrar tiempo en la recolección de datos, y se envió utilizando el correo electrónico.

Dado que la intención del cuestionario, era tanto analizar tanto variables concretas como el ámbito donde se aplican los conocimientos, el área del profesor, la localización geográfica de su actividad docente, así como otras variables que sirven tanto para concretar el contexto tanto de alumnos, como para concretar el perfil del profesor. El cuestionario se diseñó utilizando tanto respuestas cerradas como respuestas abiertas, de esta forma se pudieron recopilar datos con la intención de obtener evidencias en torno a la tipología de actividades llevadas a cabo en clase por cada uno de los profesores. Más tarde a partir de los resultados de este cuestionario online se pudieron obtener tanto un perfil global del tipo de profesor interesado en las actividades de computación creativa y computación física, como un primer filtro para localizar posibles casos de interés. Estos casos de interés serán casos donde se han realizado actividades de carácter transversal y/o se han integrado las habilidades de programación dentro de otras áreas, o donde el objetivo no ha sido únicamente de la docencia tecnológica.

El planteamiento original era hacer llegar este cuestionario a todos los participantes en el curso "Robots y videojuegos en las aulas. Scratch y Arduino para profesores"



organizado por la UPF35 y la plataforma miriadaX. Pero debido a problemas técnicos la entidad organizadora del curso no pudo recuperar los correos de todos los alumnos participantes, así que el número de respuestas a la encuesta fue bastante menor de las esperadas, obtuvimos 13 respuestas de las que seleccionamos 2 casos de especial interés en relación al ámbito de estudio, a los cuales añadimos otros 2 casos de interés proporcionados por el "Centre de Recursos Pedagògics Específics de Suport al Professorat i als Centres Educatius".

## **Instrumento 2: Entrevistas**

En una segunda fase, una vez analizadas las respuestas y seleccionados los casos de interés, se utilizó un análisis de casos mediante entrevistas personalizadas a cada uno de los profesores que pueden aportar información al respecto. Estas entrevistas se realizaron de forma no presencial utilizando un skype junto con un dispositivo grabador para después poder transcribir los textos, y poder proceder al análisis de ellos.

Realizar una entrevista cualitativa, o entrevista en profundidad, tiene unas características particulares. El formato es el de una conversación ordinaria donde el entrevistador propone temas y el entrevistado trata de producir respuestas aceptables, pero son precisamente estas características particulares de la situación las que alejan la entrevista de una conversación ordinaria. Según Dingwall y Miller (1997) hay que señalar que el entrevistado buscará signos en el entrevistador de lo que es aceptable. En las entrevistas realizadas el entrevistador ha de dar la confianza necesaria de que la confesión será aceptada y por lo tanto para que ésta se produzca. En el caso de estudio concreto que nos atañe, este tipo de situación fue normal encontrarla cuando, por ejemplo, alumnos debían hablar del papel del profesor en clase, donde mediante silencios y expresiones se puede percibir como "luchan" entre

---

<sup>35</sup> *Universidad Pompeu Fabra*

la corrección de sus palabras, la carga emocional, y su punto de vista del acontecimiento.

Por otro lado el papel del entrevistador ha de ser el de mantener un perfil objetivo, pero al mismo tiempo saber reconducir la entrevista hacia la extracción de la información sobre los sucesos acontecidos que pueden ser de interés para el estudio. Aquí es donde "Sin embargo, es en la gestión de los silencios por parte del entrevistador como principalmente la entrevista en profundidad se constituye como una puerta abierta a la confesión" (Vela, 2001, p. 10)

Se decidió realizar la totalidad de entrevistas utilizando herramientas de video conferencia como Skype o HangOuts, el motivo principal fue la falta de tiempo y presupuesto para realizar los desplazamientos. Pero al mismo tiempo el hecho de realizar la entrevista en horas fuera de trabajo, en un entorno conocido (normalmente el hogar del entrevistado) confirió un aporte extra de confianza y sosiego a la hora de extraer contenido de las conversaciones.

## **Categorización de las entrevistas**

De la transcripción de estas entrevistas nos interesa encontrar datos objetivos como la estructura de la clase, las asignaturas implicadas en cada uno de los casos, como sucede la transversalidad, el horario, el curso, etc, pero lo más interesante es relacionar la metodología pedagógica en cada uno de los casos con los diferentes enfoques teóricos analizados en el marco teórico. Así pues, utilizando como referencia esta documentación se extrajeron las características principales de cada uno de estos enfoques metodológicos para después intentar identificar esas características dentro del texto de la transcripción de las diferentes entrevistas. Veamos un esquema de las diferentes características:

- Aprendizaje basado en proyectos
  - Aprendizaje significativo

- Autoevaluación
- Basado en una realidad
- Centrado en el alumno
- Conciencia del propio progreso
- Multidisciplinar
- Trabajo en red
- Trabajo con un artefacto o producto
- Habilidades del siglo XXI
  - Adaptación
  - Autodirección
  - Búsqueda de información
  - Colaboración
  - Comunicación utilizando las TIC
  - Creatividad y curiosidad intelectual
  - Pensamiento crítico
  - Responsabilidad social
  - Identificación de problemas
- Pensamiento computacional
  - Evaluación del proceso de aprendizaje
  - Generalización de la solución
  - Implementación de algoritmos
  - Organización lógica de los datos
  - Persistencia en el trabajo
  - Representación de las abstracciones
  - Tolerancia a la ambigüedad
- Tinkerability
  - Posibilidades de exploración
  - Guiado por los propios alumnos
  - Variedad de estilos de aprendizaje

## V. Análisis

*"El análisis significa esencialmente poner algo aparte. Ponemos aparte nuestras impresiones, nuestras observaciones. (...) Tenemos que separar la nueva impresión, y dar sentido a las partes. No al principio, la mitad y el final, no a esas partes, sino a aquéllas que son importantes para nosotros" (Stake 1983, p. 67)*

El análisis al igual que el planteamiento metodológico se divide en dos fases. Por un lado a través de la encuesta realizada a los participantes en el curso "Robots y videojuegos en el Aula" extraemos datos respecto al perfil de los profesores participantes en el curso. Debido a un problema técnico, la organización del curso no pudo ponernos en comunicación con los participantes en el curso, y las respuestas a la encuesta fueron bastante menores a las esperadas, tan solo se pudieron recoger datos de 15 de los participantes. Aunque estos datos, al ser escasos no son suficientes para abstraer un perfil de los participantes sí que pueden servir para hacernos una idea del perfil de profesor interesando en estas disciplinas.

El análisis de la segunda fase del proyecto se realiza a partir de la codificación de las transcripciones de tres entrevistas en profundidad llevadas a cabo. En la previsión original del trabajo se contaba con poder disponer de algunas entrevistas más con la idea de tener datos suficientes para abstraer prácticas concretas, y poder teorizar sobre las diferentes implementaciones, pero debido a los imprevistos y las dificultades de horario y agenda tan solo se han podido concretar estas tres entrevistas. Es por ello que no tiene demasiado sentido abstraer y/o generalizar características y metodologías, pero sí que a modo exploratorio y como primera aproximación ofrecen resultados interesantes y puntos de vista no esperados, los cuales pueden dar lugar a plantear posterior investigación concretando diferentes tipos de instrumentos para obtener resultados más concretos.

Previo al análisis de las transcripciones se generó un sistema de categorización mediante códigos basados en los estilos pedagógicos y los planteamientos estudiados en el marco teórico. Por un lado creamos una serie de codificaciones sobre datos concretos de las diferentes actividades, como por ejemplo la organización de la clase,

la forma de evaluación, el andamiaje de las actividades, etc. Por otro lado utilizando el artículo de Prensky(2001) podemos extraer los indicadores necesarios para identificar las características de los alumnos como nativos digitales. Utilizando el artículo de Wing(2006) podremos comprobar si aplican la metodología del pensamiento computacional en actividades de carácter no tecnológico, y utilizaremos los artículos de Papert y Harel(1991) y Resnick(2007) para intentar encontrar evidencias de la aplicación de los paradigmas constructivistas, del aprendizaje basado en proyectos, o del trabajo de las llamadas habilidades del siglo XXI dentro de las actividades planteadas por los profesores.

Sin embargo, como pasa en muchos casos, los datos pueden sorprendernos y nos vemos llevados a generar nuevas codificaciones y estructuras que no eran esperadas a priori.

### **Análisis de resultados de la encuesta**

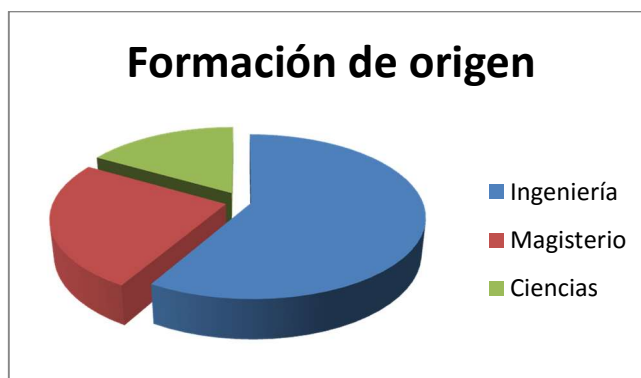
De esta encuesta obtuvimos que de los interesados por estos temas son en su mayoría mayores de 45 años (65%), con un perfil de formación técnica como pueden ser las ingenierías (72%), más de dos tercios imparten clases en secundaria o ciclos superiores y en asignaturas propias de programación o tecnología.



*Ilustración 6: Gráfica de las edades de profesores participantes*

Respecto a los resultados casi todos los encuestados remarcaban una gran motivación por parte de los alumnos y unos resultados muy positivos. Los que habían seguido las pautas de planteamiento de actividades abiertas y poco guiadas, como indicaba el curso, comentaban que era algo que hacía muy difícil controlar la clase, así como los objetivos individuales de cada alumno.

Una vez analizadas las respuestas, teniendo en cuenta el objetivo del estudio, podemos ver como el perfil del profesor que buscamos para nada es el de la mayoría. De los datos obtenidos a partir de la encuesta, los dos casos posiblemente más interesantes eran profesores que no tenían una formación técnica y que no impartían asignaturas propiamente tecnológicas.



*Ilustración 7: Gráfica de la formación de origen de los profesores*

Respecto a las edades, curiosamente nos encontramos con profesores de más de 45 años con mucha curiosidad por el funcionamiento de la tecnología y que realizan prácticas a diario incorporando elementos tecnológicos en sus clases. Tanto en estos dos casos como en algunos de los casos analizados posteriormente, coincide con que las prácticas docentes de la computación creativa y computación física son llevadas a cabo por profesores de los últimos ciclos de educación primaria con alumnos entre 8 y 12 años.

## **Análisis de las entrevistas**

Para el análisis exploratorio de los diferentes casos estudiados, a partir de la codificación de las transcripciones se decide estructurar el análisis analizando las diferentes características de los casos. En primer lugar se analiza cómo se ha conseguido la transversalidad deseada en los diferentes casos. En segundo lugar analizamos la estructura espacio-temporal de cada una de las actividades, es decir, donde sucede esa transversalidad, como se diseñan las actividades, en qué lugar y con qué recursos. Y por último analizamos la metodología pedagógica y de trabajo en clase.

## **Transversalidad**

La extrapolación de los conceptos de la computación a otras áreas, lo cual es en esencia el objeto de estudio, en los en cada uno de los casos sucede de forma distinta. En el primer caso estudiado la transversalidad está buscada de forma activa y acordada con otros profesores del equipo docente. En este caso, el caso de la "Escola Projecte" el tutor se coordina con un equipo de 4 profesores de diferentes áreas (lengua, plástica, tecnología y ciencias) para generar una actividad común que se desarrolla durante las diferentes horas de las diversas materias, a pesar de que la actividades propuestas tienen cierto grado de in-concreción y se deja espacio para la creación y apropiación, el hecho de que no sea excesivamente libre deja lugar a que pueda existir una temporización y una coordinación entre los diferentes profesores que llevan a cabo la actividad. En este caso se aprovecha el elemento motivador de este tipo de actividades para por ejemplo mejorar la capacidad de redacción, escritura o lectura mediante un historia interactiva programada, o una obra de teatro donde parte de los personajes o actores son robots previamente programados por los alumnos.

En el segundo caso estudiado, caso del instituto Virolai de Barcelona, la reutilización de los aprendizajes de las clases de programación viene incentivado no por una actividad pactada entre el equipo docente, sino por la propuesta de una actividad de carácter abierto por parte de la profesora de latín y mitología. En esta ocasión los alumnos deciden aprovechar una actividad poco guiada para demostrar sus conocimientos de la materia de mitología, utilizando el diseño de una aplicación de móvil como vehículo para llevarlos a cabo. En este caso a pesar de que la profesora no posee los conocimientos necesarios para controlar el desarrollo tecnológico de la aplicación, sí que es capaz de guiar el aprendizaje de los contenidos de su propia materia. Los conocimientos tecnológicos necesarios para desarrollar este artefacto de aprendizaje provienen inicialmente de las clases de computación del curso anterior, y de una búsqueda autónoma de la información necesaria para desarrollar la actividad.

En precisamente en el tercer caso estudiado donde la profesora nos comenta cómo el miedo a no controlar las posibilidades de las herramientas tecnológicas o el desconocimiento de ellas, muchas veces merma la posibilidades que pueden tener los alumnos de expresarse utilizándolas. En este caso debido a esta falta de colaboración o de coordinación, las aplicaciones transversales de lo aprendido en las clases de programación y de robótica vienen dadas por un lado de forma extracurricular, y por otro lado cuando aplican la metodología de resolución de problemas propia de la programación a otros conceptos o en otros ámbitos.

### **Estructura física y temporal de las actividades**

Tanto en el primer caso estudiado como en el segundo, la disponibilidad del aula de informática/tecnología es tan solo de una hora semanal o dos y los recursos disponibles en el aula no son en ninguno de los casos excesivos. Tanto en uno como en otro, el material disponible es el de una dotación de ordenadores personales y algunos robots, sensores y actuadores que en gran parte provienen de los propios profesores. En el segundo caso estudiado tanto en la asignatura de computación como



en la implementación del proyecto para la asignatura de mitología/latín utilizaron su propio netbook y su dispositivo móvil.

Respecto al tiempo dedicado a la implementación de las actividades. En el primer caso gran parte del desarrollo se realiza fuera del aula de ordenadores ya que el proyecto, se planifica, se estructura y se piensa antes de pasar a la implementación. En el caso del proyecto de los chicos del segundo caso estudiado gran parte de la implementación del proyecto la realizan fuera del centro escolar, y las horas de clases las aprovechan para realizar consultas a la profesora y ponerla al día de los avances.

### **Metodología educativa**

Uno de los puntos clave, de cómo se consigue que estos conocimientos y habilidades adquiridos con la enseñanza de la programación trascienda a otras áreas, puede residir en la metodología educativa aplicada a las clases. Es por ello que hemos prestado especial atención al análisis de las metodologías educativas contrastándolas con los diferentes paradigmas estudiados durante el marco teórico.

Para llevar a cabo esto, utilizando un soporte informático cargamos las transcripciones de las entrevistas, e introducimos un código para cada una de las características, agrupando estos códigos en familias (pensamiento computacional, habilidades de aprendizaje del siglo XXI, habilidades de los nativos digitales, aprendizaje basado en proyectos, la "tinkerability"). Seguidamente se analizó el texto codificando cada uno de los párrafos con las diferentes características que se encontraban. Y por último se visualizó en forma de malla la relación entre las diferentes codificaciones y el número de "inputs" que habían tenido en los diferentes artículos.

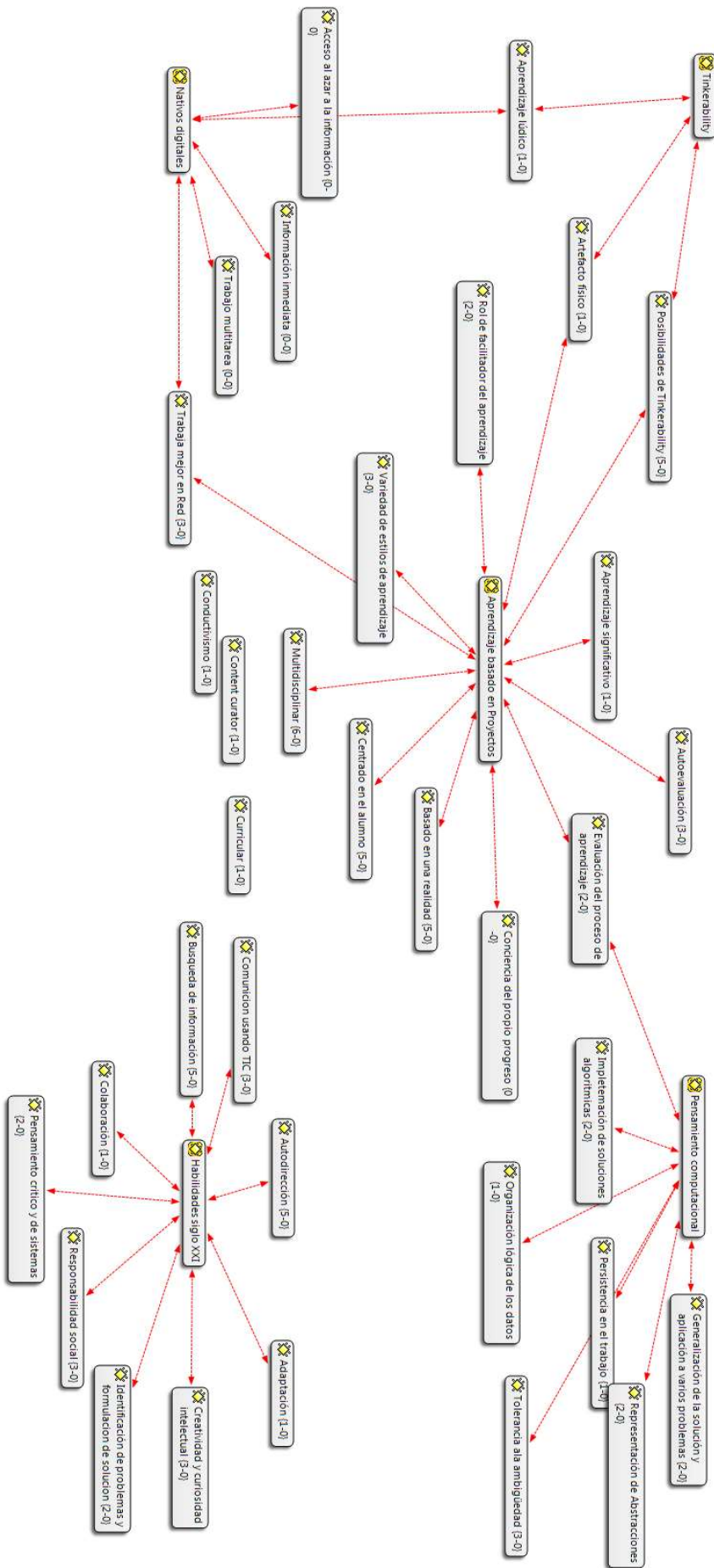


Ilustración 8: Esquema de la codificación

Analizando a primera vista el esquema de representación de la red de codificaciones y como se relacionan entre ellas podemos comprobar por un lado como todos los paradigmas estudiados comparten códigos con el aprendizaje basado en proyectos en mayor o menor medida, y al mismo tiempo vemos cómo esas codificaciones compartidas entre varias familias tienen bastantes enlaces en común en los textos transcritos.

Los tres casos estudiados coinciden en el uso de un artefacto como guía para la consecución del aprendizaje, y en el diseño de actividades poco guiadas y/o con muchas posibilidades de exploración. Respecto al uso del pensamiento computacional y el trabajo de las habilidades relacionadas. El segundo caso es un buen ejemplo del de la persistencia en el trabajo y la tolerancia en la ambigüedad, pero este tipo de características es complicado valorarlas en los otros proyectos estudiados.

Por otro lado en el segundo caso de estudio vemos cómo existen diferentes estilos de aprendizaje tal y como explican Resnick, M. y Rosenbaum, E., (2013). El primero de los estudiantes entrevistados tiene un perfil de aprendizaje desordenado, multitarea y exploratorio, el que se complementa a la perfección con el perfil de aprendizaje de su compañero mucho más ordenado, "cartesiano" y estructurado. Y posiblemente haya sido esta complementación de estilos de aprendizaje, lo que llevó a buen puerto su proyecto.

## VI. Conclusiones

### Cumplimiento de los objetivos

Encontrar casos de interés en el breve tiempo disponible para realizar el estudio, ha sido una tarea algo más compleja de lo previsto. Es por ello que la situación de las entrevistas no ha sido excesivamente homogénea, en algunos casos se han entrevistado alumnos, en otros profesores, y la diversificación de los casos queda patente. No obstante, a pesar de la diversificación de los diferentes casos, se han podido encontrar patrones similares y coincidencias interesantes, las cuales pueden conformar una estructura a replicar en futuras implementaciones, aunque con tan pocos casos estudiados no pueden conformar una norma y generalizar sería un error.

A pesar de todo, el análisis de los diferentes casos y de sus prácticas puede dar algo de luz respecto a trabajos futuros en la misma línea, o a tener en cuenta ciertas variables de cara a implementaciones futuras.

La encuesta inicial nos dio en parte un resultado esperado y sorprendente al mismo tiempo. Si analizamos el perfil del participante en este tipo de cursos de programación nos encontramos, como era de esperar, un gran número de profesores de secundaria con estudios de ingeniería interesados por este tipo de nuevos lenguajes de programación, pero sorprendentemente el otro perfil de participante que encontramos son maestros de primaria que desean aplicar la computación creativa en sus clases, y la implementan de forma muy creativa y constructiva en clase. Y este último perfil es al mismo tiempo el más sorprendente e interesante.

Respecto al análisis global de los casos estudiados, lo primero que nos encontramos es que ciertamente de una forma u otra aplican metodologías pedagógicas exploratorias, indagatorias, de resolución de problemas, constructivistas, etc. Pero al mismo tiempo los tres casos coinciden en que hay una primera toma de contacto con la herramienta que es bastante instruccional, ya sea con explicaciones en clase o con prácticas guiadas, pautadas y concretas. Según parece es importante dejar ese espacio de exploración y autoaprendizaje, pero previamente ha sido necesario

exponer, aunque a veces de forma breve, las posibilidades de la herramienta mediante prácticas, explicaciones o ejercicios simples.

A nivel de posibilidades de implementación en clase queda demostrado que el número de recursos materiales que se utilizan en los tres casos estudiados no es excesivo, seguramente sería necesaria una mayor inversión por parte de la administración en ciertos materiales para desarrollar actividades, pero podemos decir que tomando como ejemplo los tres casos estudiados la inversión en hardware y software no ha sido excesiva. En dos de los tres casos se han utilizado las dotaciones de ordenadores existentes en las escuelas y compartidas con el resto de alumnos y en el otro caso los alumnos utilizaron los netbooks del proyecto educat1x1 y su dispositivo móvil.

Sí que es cierto que en los tres casos, queda patente una falta de formación en ciertas disciplinas para el resto del profesorado para potenciar la pérdida de "miedo" a ciertas tecnologías y promover el desarrollo transversal hacia otras materias, ya que en los tres casos estudiados el proyecto "tira adelante" siempre por la disposición de los diferentes profesores a la formación continuada y la experimentación en estas áreas, siempre de manera personal y con una gran implicación.

También es cierto que queda reflejado que para llevar a cabo este tipo de prácticas ha sido necesaria tanto la implicación profesional y personal del profesor que las lleva a cabo, como disponer de una cierta flexibilidad curricular e implicación por parte de la dirección de los diferentes centros escolares. Sin esta permisividad en cuanto a reubicar asignaturas estructuras y reorganizar currículums este tipo de actividades no hubiera sido posible.

Por otro lado queda reflejado, sobre todo en el segundo caso de estudio, cómo la implicación de otras fuentes de información no planificadas ha sido realmente

importante, y al mismo tiempo las limitaciones temporales y físicas de la escuela han sido extendidas. Los alumnos mezclaban conocimientos aprendidos en clase con los adquiridos de forma autodidacta utilizando la red, se han recuperado conocimientos de cursos anteriores y se han reutilizado de forma natural en una actividad donde para nada se esperaba ese uso. Este suceso vendría a confirmar las afirmaciones de Erstad O. (2013) "How these projects really push the boundaries for what school is about" (p. 169) y plantean una línea de trabajo en cuanto al rediseño del formato de las clases.

Otra observación que podemos confirmar, es la constatación de los diferentes estilos de aprendizaje, según la experiencia en los diferentes casos existen un gran número de alumnos que se sienten cómodos con las actividades con muchas posibilidades de exploración, poco guiadas, y donde se han de enfrentar a la ambigüedad. Pero al mismo tiempo en el primer caso y en el último, los profesores constatan cómo una falta de actividades iniciales guiadas o pautadas, puede devenir en un sentimiento de desorientación por parte del alumno. En el segundo caso donde estudiamos el proyecto desarrollado por dos alumnos, también pudimos observar estilos de aprendizaje diferentes y como estos estilos fueron totalmente complementarios. A partir de esto podemos concluir, que no existe un formato único y funcional para todo el mundo, sino que ofrecer diferentes posibilidades, algunas más guiadas y otras menos, nos puede garantizar un mayor éxito que el uso de tan solo alguno de los formatos.

Otra observación interesante en los casos estudiados, fueron los procesos de autoevaluación y de responsabilidad social (Resnick, 2007b). En el tercer caso de estudio la profesora evaluaba la asignatura a partir de una rúbrica pactada con los alumnos, y esto hacía tomar contacto del propio proceso de evaluación desde un primer momento con los alumnos. Por otro lado, en los otros dos casos la retroalimentación proporcionada por los iguales (compañeros de clase) interviene activamente en el proceso de rediseño del producto, con lo cual el alumno es

consciente del momento en el que está, es evaluado por sus compañeros y por sí mismo en un proceso de mejora continua.

### **Líneas de trabajo futuras**

Tal y como se indica al inicio de las conclusiones los pocos casos estudiados dejan abiertas muchas posibilidades en cuanto a la ampliación del estudio y el análisis en profundidad de los diferentes aspectos que surge. Se vislumbra por tanto una línea de trabajo más que interesante y necesaria.

Una posible propuesta sería un estudio en profundidad, y un trabajo de investigación-acción directamente sobre el campo, en el que poder obtener resultados interesantes y conclusiones generalizables y extrapolables a otros contextos y prácticas. Ya que actualmente los casos de interés en esta línea de trabajo surgen de iniciativas muy particulares, que siguen adelante gracias al empeño de algunos profesores.

## Valoración personal

En un futuro altamente tecnificado, que cada vez es más un presente, nuestro entorno estará compuesto al mismo nivel tanto de átomos como de bits. Creo que es una necesidad repensar los parámetros de la "alfabetización digital" haciendo variar el enfoque intrínseco de "usuario" de la tecnología, por un enfoque más pragmático donde los estudiantes no tan solo la utilizan sino que la crean y la modifican de forma nativa y natural. Históricamente ha existido una brecha considerable entre la producción tecnológica a nivel comercial y el nivel de usuario, pero estos límites parecen estar cada vez más difusos debido a la simplificación de procesos y la disponibilidad tanto de recursos como de información.

En los casos estudiados vemos como el desarrollo de estas habilidades, nos permite trabajar de forma transversal otras asignaturas y materias, creando artefactos educativos de un interés significativo para el alumno, y al mismo tiempo el hecho de crear utilizando tecnología les da un conocimiento mayor sobre esta y un punto de vista más crítico sobre ella.



## VI. Referencias bibliográficas

### Bibliografía

- Adell, J., y Castañeda, L. (2012). Tecnologías emergentes ¿pedagogías emergentes? J. Hernández, D. Sobrino, A. Vázquez, y M. Pennesi, *Tendencias emergentes en educación con TIC* (13-32). Barcelona: Asociación Espiral. Educación y Tecnología.
- Ausubel, D., Hanesian, H., y Novak, J. (1976). Significado y aprendizaje significativo. En D. Ausubel, H. Hanesian, y J. Novak, *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* (53-106). Mexico: Trillas.
- Cassany, D. (2002). La alfabetización digital. *Actas del XIII Congreso Internacional de Lingüística y Filología ALFAL*. San Jose de Costa Rica: Universidad de San José de Costa Rica.
- Dale, E. (1967). *Audio-Visual Methods in Teaching*. New York: Dryden Press.
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. science. *Science* 2 January 2009: 323 (5910) , (66-69).
- Dewey, J. (1933). *How we thin: A restatement of the relation of reflective thinking to the educational process*. Lexington, MA: Heath.
- Dingwall, R., y Miller, G. (1997). *Context and Method in Social Research*. Winchester: Sage Publications.
- Dougherty, D. (2012). Ther Maker Movement. . *Innovations*, 7(3). MIT Press , (11-14).

- Erstad, O. (2013). *Digital Learning Lives: Trajectories, literacies, and schooling*. New York: Peter Lang.
- Fackler, M. L., Bellamy, R. F., y Malinowski, J. A. (1988). The wound profile: illustration of the missile-tissue interaction. En *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* (21-29).
- Hatch, M. (2014). *The maker movement manifesto*. New York: McGraw-Hill Education.
- Huberman, A., y Miles, M. (2000). Métodos para el manejo y el análisis de datos. En C. Denman, y J. Haro, *Antología de métodos cualitativos en la investigación social* (253-300). Hermosillo: Colegio de Sonora.
- Jenkins, H. (2006). *Convergence culture: Where old and new media collide*. New York: NYU Press.
- López, J. (2012). Identificación y regulación de emociones con Scratch,. En J. Hernández, M. Pennesi, D. Sobrino, y A. Vázquez, *Tendencias emergentes en Educación con TIC* (67-83). Barcelona: Asociación Espiral, Educación y Tecnología.
- Mellis, D., Banzi, M., Cuartielles, D., y Igoe, T. (2007). *Arduino: An open electronic prototyping platform*. Recuperado el 03 de 06 de 2015, de <http://web.media.mit.edu/>: <http://web.media.mit.edu/~mellis/arduino-chi2007-mellis-banzi-cuartielles-igoe.pdf>
- Mercado, F., Villaseñor, M., y Lizardi, A. (2000). Investigación cualitativa en salud en América Latina. Un campo en consolidación. *Revista Universidad de Guadalajara*, 17 , (19-30).
- Miaoulis, I. (2010). K-12 Engineering-the missing core discipline. En D. Grasso, y M. Burkins, *Holistic engineering education* (37-51). New York: Springer.

- Miaoulis, I. N. (2005). Encouraging women in engineering, math, and science. Regional review. *Reginal Review (Q1)* , (14 - 15).
- Minsky, M. (1986). *The society of mind*. New York: Simon y Schuster.
- Muntaner, 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.
- Papert, D., y Harel, I. (1991). *Situating Consturctionism*. Norwood: Ablex Publishing.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Pedró, F. (2006). The new millenium learnes: Challenging our views on ICT and learning. *Inter-American Development Bank. (9228)* , (1-17).
- Piaget, J. (1955). *The Child's construction of reality*. Londres: Routledge and Kegan Paul.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants (part 1). *On the horizon, 9 (5)* , (1-6).
- Redecker, C., Leis, M., Leenderste, M., Punie, Y., Gijsbers, G., Kirschner, P., y otros. (2010). *The future of learning: New ways to learn new skills for future jobs*. Seville: Technical Note JRC60869.

- Reig, D., y Vílchez, L. (2013). *Los jóvenes en la era de la hiperconectividad tendencias, claves y miradas*. Madrid: Fundación Telefónica y Fundación Encuentro.
- Resnick, M. (2001). Closing the fluency gap. *Communications of the ACM* 44 (3) , (144-145).
- Resnick, M. (2007). All I really need to know (about creative thinking) I learned (by studying how children learn) in kindergarten. *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity y cognition* (1-6). San Jose: ACM.
- Resnick, M. (2007b). Sowing the seeds for a more creative society. *Learning y Leading with Technology*, 35 (4) , (18-22).
- Resnick, M. (2013). *Learn to code, code to learn*. Recuperado el 18 de 11 de 2014, de [www.edSurge.com](http://www.edSurge.com): <https://www.edsurge.com/n/2013-05-08-learn-to-code-code-to-learn>
- Resnick, M., y Rosenbaum, E. (2013). Designing for Tinkerability. En M. Honey, y D. Kanter, *Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators* (163-181). New York: Routledge.
- Richard, G. (2008). Employing physical computing in educations: How teachers and students utilized physical computing to develop embodied and tangible learning objects. *International Journal of Technology, Knowledge and Society* 4(3) ,( 93-102).
- Rosenbaum, E. (2009). Jots: reflective learning in scratch. *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children* (284-285). San Jose: ACM.
- Salinas, J., Pérez, A., y de Benito, B. (2008). *Metodologías centradas en el alumno para el aprendizaje en red*. Madrid: Síntesis.

- Sancho, J., Hernández, F., Alonso, C., Sanchez, J., Fendler, R., Domingo, M., y otros. (2014). *Developing a DIY Lab in Primary, Secondary and Higher Education*. Recuperado el 21 de 03 de 2015, de diylab.eu: [http://diylab.eu/docs/D2.6\\_Developing\\_DIYLab-Summary.pdf](http://diylab.eu/docs/D2.6_Developing_DIYLab-Summary.pdf)
- Stake, R. (1983). The case study method in social inquiry. *Evaluation in Education and Human Services*, 6 ,(279-286).
- Tarrés, M., Peón, F., Serrano, R., García, R., Wiesner, M., Margel, G., y otros. (2001). *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. México: Colegio de México/FLASCO.
- Trilling, B., y Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Vela, F. (2001). Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En M. L. Tarrés, *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social* (61-95). México: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Veletsianos, G. (2010). A definition of emerging technologies for education. En G. Veletsianos, *Emerging technologies in distance education* (3-22). Athabasca: Athabasca University Press.
- Vygotsky, L. (1978). Interaction between learning and development. *Readings on the development of children*, 23(3) , (34-41).
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49 (3) , (33-35).

## Referencias bibliográficas de interés

Bayón, J. B., Morales, M. T. V., y Llorente, P. A. (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).

Brookfield, S. D.(2006) *The skillful teacher: On technique, trus, and responsiveness in the classroom* (2n ed). San Francisco: Jossey-Bass

Collective, B. S. M., y Shaw, D. (2012). Makey Makey: improvising tangible and nature-based user interfaces. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction* (367-370).

Giordano, P.J. (2010). Serendipity in teaching and learning: The importance of critical moments. *Journal on Excellence in College Teaching*, 21 (3), (5-27)

González, J.L., del Rincón, B., Bonilla, A.A. y Sáez, J.M. (2012). Aprendizajes colaterales: límites y retos del aprendizaje por competencias. *Ensayos, Revista de la Facultat de Educació de Albacete*, Nº 27. Recuperado el 14 de 12 de 2014, de <http://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4202857.pdf>

López-Escribano, C., y Sánchez-Montoya, R. (2012). Scratch y Necesidades Educativas Especiales: Programación para todos. *RED. Revista de Educación a Distancia*, (34), (1-14).

Minsky, M. (2006). *The emotion machine: Commonsense thinking, artificial intelligence, and the future of the human mind*. EEUU: Simon and Schuster.

Rodríguez Illera, J. L. (2004). Las alfabetizaciones digitales. *Revista Bordón*, 56 (3-4), (431-441).

## IX. Tablas y figuras utilizadas

<i>Ilustración 1: Espiral del pensamiento creativo (Resnick 2007)</i> .....	13
<i>Ilustración 2: "Cone of Experience" Dale(1967)</i> .....	14
<i>Ilustración 3: Esquema de un sistema de computación física</i> .....	17
<i>Ilustración 4: Versión original de la primera placa de Arduino</i> .....	19
<i>Ilustración 5: Pensamiento computacional</i> .....	24
<i>Ilustración 6: Gráfica de las edades de profesores participantes</i> .....	41
<i>Ilustración 7: Gráfica de la formación de origen de los profesores</i> .....	42
<i>Ilustración 8: Esquema de la codificación</i> .....	46