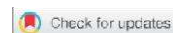


# **Sensors, programming and devices in art education sessions. One case in the context of primary education / Sensores, programación y dispositivos en sesiones de Educación Artística. Un caso en el contexto de Educación Primaria**

**José-Manuel Sáez-López & María-Luisa Sevillano-García**

**To cite this article:** José-Manuel Sáez-López & María-Luisa Sevillano-García (2017): Sensors, programming and devices in art education sessions. One case in the context of primary education / Sensores, programación y dispositivos en sesiones de Educación Artística. Un caso en el contexto de Educación Primaria, Cultura y Educación, DOI: [10.1080/11356405.2017.1305075](https://doi.org/10.1080/11356405.2017.1305075)

**To link to this article:** <http://dx.doi.org/10.1080/11356405.2017.1305075>



Sensors, programming and devices in art education sessions. One case in the context of primary education / *Sensores, programación y dispositivos en sesiones de Educación Artística. Un caso en el contexto de Educación Primaria*

José-Manuel Sáez-López and María-Luisa Sevillano-García

*Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)*

*(Received 1 July 2015; accepted 10 October 2016)*

**Abstract:** The pedagogical integration of computing is interesting in educational contexts based on the contributions of Seymour Papert and Wing's concept of computational thinking. Integrating arts in education can lead to the design of activities using Scratch combined with devices. The main goal is to evaluate the integration of computational thinking in art education making use of technological resources, sensor cards and minicomputers, with a student-centred pedagogical approach. This research assesses the results of a control group of 35 students and an experimental group of 109 students in four different schools, using Mann-Whitney's *U*-test for independent samples assessing 'Active Learning', 'computational concepts' and 'fun' scales. Applying data triangulation, and consistent with design-based research, the results of interviews and focus groups reinforced the results obtained in the aforementioned test, providing validity to the study. There are advantages regarding student interest, motivation and commitment related to programming technologies in art and education, particularly pedagogical sessions with music. Handling devices, sensors and Raspberry Pi provides participating students with a factor of commitment and enthusiasm, with significant improvements. Working with coding and devices brings an additional advantage in the development of computational thinking and digital competence. The results show an increase in creativity and artistic competence related to the ability to create music from the activities and technological resources described in the technological intervention.

**Keywords:** computational thinking; interactive learning environment; pedagogical issues; primary education; programming

**Resumen:** La integración pedagógica de la computación en contextos educativos se considera un elemento de interés desde que aparecieron las aportaciones del trabajo de Seymour Papert y el concepto de pensamiento computacional aportado

---

English version: pp. 1–17 / *Versión en español:* pp. 18–33

References / *Referencias:* pp. 33–35

Translated from Spanish / *Traducción del español:* Mary Black

Authors' Address / *Correspondencia con los autores:* José-Manuel Sáez-López, Facultad de Educación, Despacho 2.08. C/ Juan del Rosal 14, 28040 Madrid, España. E-mail: [jmsaezlopez@edu.uned.es](mailto:jmsaezlopez@edu.uned.es)



por Wing. Su integración en educación artística puede dar lugar al diseño de actividades relevantes a través de Scratch combinado con dispositivos. El principal objetivo es evaluar la integración del pensamiento computacional en educación artística, haciendo uso de diversos recursos tecnológicos, tarjetas de sensores y miniordenadores, con un planteamiento pedagógico centrado en el alumno. Valorando los resultados de un grupo de control de 35 alumnos y un grupo experimental de 109 estudiantes en 4 colegios diferentes, se ha utilizado la prueba de rangos  $U$  de Mann-Whitney para las muestras independientes valorando las escalas 'aprendizaje activo', 'conceptos computacionales' y 'diversión'. Aplicando una triangulación de datos y coherentemente con la Investigación Basada en el Diseño, los resultados de entrevistas y grupos de discusión refuerzan los resultados obtenidos en el mencionado test, aportando validez al estudio. Se destacan ventajas en el interés del alumno, su motivación y su compromiso en el desarrollo de tareas planteadas con tecnologías y programación en educación artística, particularmente en sesiones de música. El manejo de dispositivos, sensores y la Raspberry Pi aportan un factor de compromiso y entusiasmo por parte de los alumnos participantes con mejoras estadísticamente significativas. El trabajo con programación y dispositivos aporta una ventaja adicional en el desarrollo del pensamiento computacional y la competencia digital. De entre los resultados, destaca el incremento de la competencia artística vinculada a la capacidad de crear música a partir de las actividades y recursos tecnológicos descritos en la intervención.

Palabras clave: cuestiones pedagógicas; educación primaria; entorno de aprendizaje interactivo; pensamiento computacional; programación

Based on student-centred learning models and strategies (Ausubel, 1978; Bruner, 1966), computational thinking entails the logical analysis of data, modelling and abstractions and the application of possible solutions. Practices involving the integration of technology in pedagogical settings have been explained and spotlighted as emerging practices in prestigious reports (Johnson, Adams Becker, Estrada, & Freeman, 2014). Instruments and hardware can be used to implement these practices, such as sensor cards like NanoBoard AG and the PicoBoard card. Devices with educational applications like Raspberry Pi can also be used.

When applied and integrated into educational practice and used jointly with version 1.4 or 2.0 of Scratch, these devices allow us to design and develop pedagogical activities in primary school. This integration allows for the development of computational thinking and the possibility of working on contents in the natural sciences.

These pedagogical practices focused on computational thinking and programming in education are on the upswing in several countries due to their numerous advantages. In Spain, there are initiatives to implement code and programming in secondary school in the Community of Madrid and in primary school in Navarra.

In this context, it is worthwhile to consider a study which provides evidence on the combined integration of programming and the handling of hardware using tools in classwork. This study uses a design-based research (Anderson & Shattuck, 2012) approach with methodological complementariness aimed at understanding the phenomena and interactions in pedagogical processes. Our goal is to evaluate the

integration of a variety of technological resources and computational thinking into art education through a student-centred pedagogical approach.

## Theoretical framework

### *Pedagogical approaches*

Brennan (2012) points out the main activities to be included in the design of learning environments related to constructionism, which is based on the belief that the most effective learning experiences are related to active construction with socially significant elements (Bruckman, 2006; Papert, 1980) or through interactions and elements that support reflection (Kolodner et al., 2003; Papert, 1980).

The project to be applied is based on the pedagogical integration of cross-curricular areas and on an interdisciplinary approach. The application of the principles of instruction (Gagne, Briggs, & Wager, 1992) are elementary in this process in order to get students' attention, inform them of the objectives, consider previous learning, present content, facilitate learning, evaluate, and improve their retention and transfer skills.

On the other hand, meaningful learning and collaborative learning are important from the standpoint of other classic authors who were borne in mind in this pedagogical design (Ausubel, 1978; Bruner, 1966). Other important elements are related to interactions in social and cultural contexts in educational activities (Brown, Collins, & Duguid, 1989; Wenger & Snyder, 2000).

Another essential concept is project-based learning (Jonassen, 1977), which takes a constructivist approach to educational activities aimed at interaction in real contexts.

In order to analyse the learning process, we need categories, instruments and taxonomies. The degree of acquisition in the levels of knowledge serves as a key indicator for increasing knowledge in general (Bloom, 1956). In order to evaluate the learning process, the degree of acquisition in the levels of knowledge must be measured.

The purpose of learning is to attain high levels of knowledge, but knowledge is not simply an accumulation of contents which the student must remember. Bloom's taxonomy of learning essentially implies different hierarchical levels of knowledge which divides intellectual abilities into six categories: knowledge, understanding, application, analysis, synthesis and evaluation.

### *Programming in primary school: Scratch*

In the context of K-12 education, computation began to be regarded in educational contexts since the contributions of the work of MIT's Seymour Papert (1980) in the 1980s. This author was a pioneer in the idea of children developing process thinking through LOGO programming, a programming language designed for educational purposes which allows children to learn how to program easily. Later, Wing (2006) provided theoretical elements of interest focused on computational thinking.

The term computational thinking is defined as problem-solving the design of systems and understanding human conduct by using computer concepts (Wing, 2006, p. 33). Computational methods and models allow problems and systems to be solved which we are unable to solve by ourselves. Therefore, the goal is to use the computer to solve a series of problems. Constructivist theory stresses the need to give students the tools that allow them to create procedures to solve a problem, which implies that they change their ideas and continue learning. In the process of learning how to code, students are truly programming to learn, since in this way they grasp mathematical and computational concepts while also learning strategies to solve problems, create projects and communicate with others (Maloney, Resnick, Rusk, Silverman, & Eastmond, 2010).

There are few studies that focus on computation in elementary schools (Maya, Pearson, Tapia, Wherfel, & Reese, 2015). However, there is increasing evidence from studies on the integration of computation into educational contexts (K-12). Visual programming languages, specifically Scratch, solve many problems related to the difficulties of introducing programming in educational contexts. Scratch allows programming to be introduced in a simple, attractive way, and it avoids the difficulties posed by the classic text programming languages (Wilson & Moffat, 2010, p. 70).

The Lifelong Kindergarten group in the MIT media lab are the creators of the Scratch language. The Scratch programming language offers more than 100 programming blocks grouped into eight different categories (movement, appearance, sound, pencil, data, events, control, detection, operators and variables). Version 1.4 has eight categories (movement, appearance, sound, pencil, data, control, sensors and operators), while version 2.0 has 10 categories (movement, appearance, sound, pencil, data, control, sensors, operators, events and more blocks).

The use of this visual programming language by blocks allows users to work with code and programming, offering an introduction to computation. Scratch allows users to manipulate graphic blocks to compose simple programs which, in turn, allow them to create simple games.

The computational concepts (Brennan & Resnick, 2012) used in this study (see Figure 1) are the following:

- Sequence: aimed at thinking about the order of the steps.
- Loops: used to repeat instructions.
- Conditionals: 'if' is used to establish the condition.
- Parallel execution: to give two commands at the same time.
- Events: when objects or keys are pressed.

Some teachers who were initially sceptical about integrating programming stressed that Scratch is extremely accessible and valuable (Clark, Rogers, Spradling, & Pais, 2013; Lee, 2011; Maya et al., 2015). In this sense, several studies stress positive results related to the computational sciences (Baytak & Land, 2011; Kwon, Kim, Shim, & Lee, 2012; Lambert & Guiffre, 2009; Lin, Yen, Yang, & Chen, 2005).


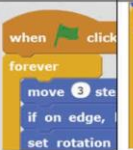





Computational concepts						
Sequence	Looping	Conditional statement	Parallel Execution	Event Handling	Interface /coordination	Keyboard input
						
Computational Practices: Experimenting and iterating						

Figure 1. Computational concepts and practices applied in the intervention.

### Hardware

There are three main approaches to integrating different resources and planning into computation practice in the curricular elements of primary education using educational technology (Berry, 2013):

- Computational sciences: understanding what algorithms are. Programs are executed following precise, unequivocal instructions. Streamlining and using logical reasoning to predict the behaviour of simple programs.
- Information technology: using technology to create, organize, store, handle and retrieve digital contents.
- Digital learning: recognizing common uses of information technologies outside of school; safe, respectful use of technology.

Raspberry Pi is a computer the size of a credit card. Its circuit board and chips are totally visible. Through its environment (Figure 2), one can control devices through the Raspbian system. It has several applications which make it possible to program. Among them, Scratch is the application that allows you to program blocks, which helps to plan activities that revolve around computation combining different projects.

Through the programming and use of devices, students can design and plan a sequence of actions to make sensors and different devices operate according to the commands they have written and sequenced in the Scratch application.

Working with tools, programming and hardware makes it possible to understand the fundamental principles of computational science, and to analyse and solve problems by applying computational techniques. It is possible to write a program on a variety of problems, to apply technology and to have user competences in the field of technology.

Another tool of interest is the PicoBoard sensor board (Figure 3), which is a piece of hardware which allows students work with projects from Scratch 1.4 that interact with the real world.

The device has a sliding control, a light sensor, a button that can be pressed to control the value of the button push (true or false), a sound sensor which changes the value according to the amount of sound it detects and tweezers whose value changes according to the variables they detect when connected.



Figure 2. Raspberry Pi environment. At <https://www.raspberrypi.org/>.

All of these resources allow students to interact with instruments and foster creative activities in sessions that allow for computational development by playing and creating music. Through music, the feedback comes in many forms, including tactile, visual and auditory. By working with these devices, we stress the technical hardware elements which allow for versatility and creativity in the classroom when constructing resources, such as a guitar. Both the development of the digital competence and the concept of creative computing (Brennan, 2012; Sáez-López & Cózar, *in press*, Sáez-López, Román, & Vázquez, 2016) allow for the development of dynamic, active activities which are student-centred and allow for the possibility of creating.

Users' experiences have been identified to discern students' creative experience (Norman, 1993). In this regard, the notion of 'flow' (Csikszentmihalyi, 1990) has been closely associated with creativity. Likewise, Leman (2008) asserts that more 'direct participation' in music can be offered by fast feedback loops, which he calls action-reaction cycles.

The benefits of musical creation and practice in educational contexts are reinforced with the use of visual programming in blocks (Figure 4) and the use of devices like the PicoBoard sensor card.

## Method

This study is approached from design-based research via methodological complementariness aimed at grasping the phenomena in pedagogical processes (Anderson & Shattuck, 2012).



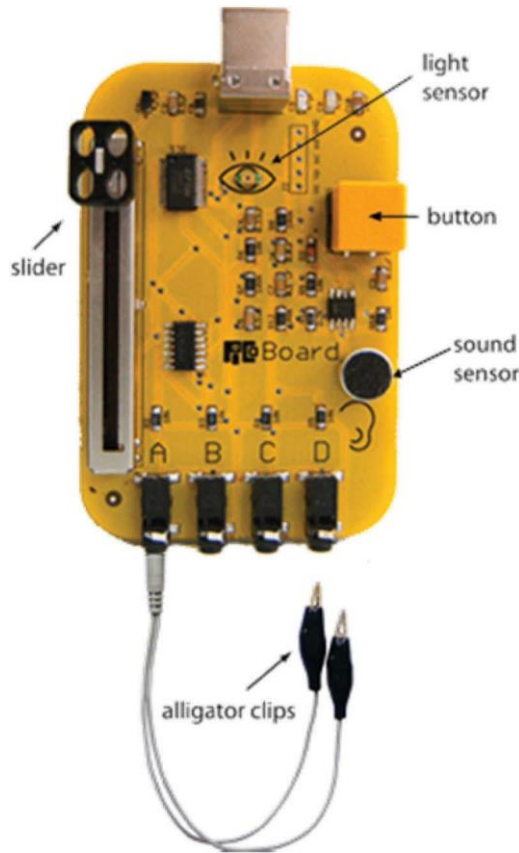


Figure 3. 'PicoBoard'. Source: <http://wiki.Scratch.mit.edu/wiki/PicoBoard>.

This study is applied via mixed, complementary methods, analysing data and applying instruments from different approaches. Data are obtained by descriptive analyses, statistical inferences, comparison of means and qualitative techniques, based on the work done in the educational context. The triangulation of data as a strategy allows us to ensure minimum validity and minimize the error variance (Goetz & LeCompte, 1988).

### *Participants*

This research has a sample with an experimental group of four schools with 109 students in their sixth year of primary school. There is a control group of 35 students from two schools who did an equivalent teaching unit over the same period but without using the technological resources described in this study. With regard to the gender of the experimental group, 53.2% are girls and 46.8% boys. The contingency analysis (Chi-square) is not explained because no statistically significant differences were found on the gender, age or school variables. The sample is non-probabilistic and intentional.

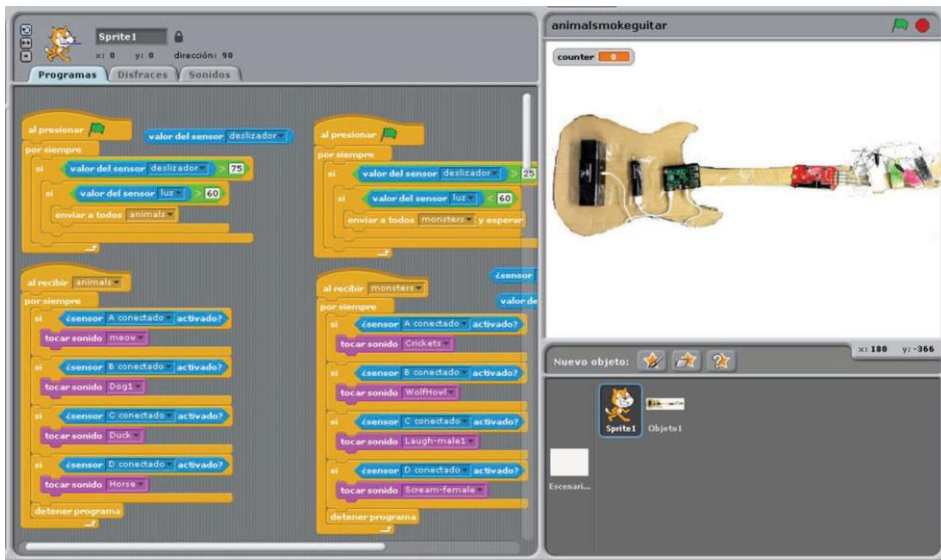


Figure 4. Programming of sequences and 3 modes with conditionals.

### *Intervention*

Design is an important component of the digital competence, as outlined in key lifelong competences (European Parliament and Council, 2006). In Spain, the curricular framework currently in force was applied, which is based on learning standards grounded upon blocks of contents and evaluation criteria (Ministry of Education, Culture and Sport, MECD, 2014). Some international references of interest in the design bear a relationship with the standards included in the Common Core State Standards, the CSTA K-12 Computer Science Standards.

The students worked with Scratch and Raspberry Pi (Figure 5), creating a series of projects via programming by blocks and later using the hardware and components mentioned in the study, which can be viewed in the guitar (Figure 6).

The application throughout academic year 2013–14 in 20 one-hour sessions was integrated into the areas of art education (see example, Table 1) using visual programming by blocks (Table 2), specifically using the multimedia resources integrated into the Scratch program and the different resources. The key competences in the European Parliament and Council (2006) which stand out in the studio sessions are: Learning how to Learn, Basic Competences in Science and Technology, Mathematical Competence and Awareness, and Cultural Expressions.

The evaluation of the different sessions is positive in general, allowing knowledge to be acquired at a given level, as shown by the sample (Table 3).

### *Instrument and reliability*

The questionnaire administered includes three scales: Active Learning, Computational Concepts and Fun (see Table 4). The instrument is reliable, with

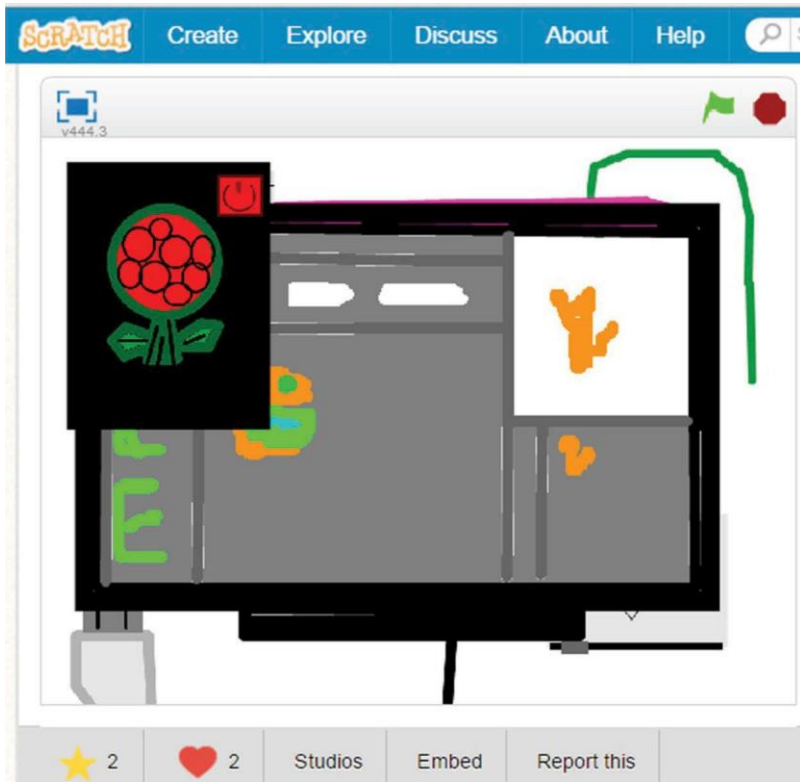


Figure 5. Scratch project simulating the components: Raspberry Pi and other connectors.

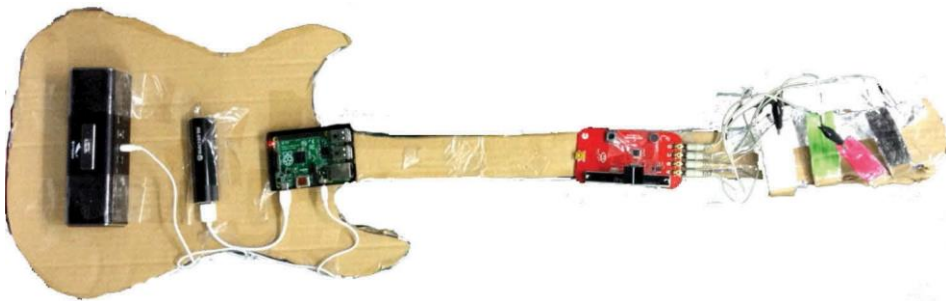


Figure 6. Guitar programmable with Scratch 1.4. <https://www.youtube.com/watch?v=emu-4Pnytik>.

a Cronbach's Alpha of .76, an acceptable value according to experts and authors (George & Mallery, 1995; Hair, Anderson, Tatham, & Black, 1998). The validity of the qualitative content was determined by five expert judges, with a value obtained by the Aiken validation ( $V = S/(n(c-1))$ ) higher than 0.7 on all items. In this sense, the instrument's pertinence and fit is acceptable. On the other hand, we analysed the validity of the construct via a factorial analysis using the Varimax rotation method and the criterion of values extraction of  $> 1$ .

Table 1. Description of session 19: designing an interactive musical instrument.

<i>Min.</i>	<i>Activities</i>
15	<p><i>Information and explanation to students of the session to be carried out and the objectives to achieve</i></p> <p>The students perform activities entailing the different musical notes and creations. They brainstorm and plan the project they want to undertake and different ways of designing the artistic project. The instructor stresses the importance of events to associate the notes, the need to include loops and the possibility of working with sensors via conditionals.</p>
15	<p><i>Plan. The students try to carry out the tasks</i></p> <p>The students assimilate the basic concepts of creative programming and put prior knowledge dealt with in previous sessions into practice. The students tackle the different modes and test the values they get from the sensors. They plan the type of instrument they want and the notes that will sound when they touch the different keys. The students enthusiastically tackle the contents of the unit and turn their work into something fun, dynamic, motivating and very visually attractive.</p>
20	<p><i>Independent exploration</i></p> <p>Through this process, the students become familiar with how to adjust the different parameters. If they make a mistake, they can keep testing or removing parts of the program's operations at any time. All tasks are performed respecting the characteristics and working pace of the students. It does not matter how simple or complicated the product is; it should adapt to the students' needs and interests.</p>
10	<p><i>Reflection on what we have learned</i></p> <p>The students solve any problems that have arisen and understand that they have worked on numerous elements of programming. The students expand their knowledge while also learning to adjust different programming blocks and concepts. After a reflection or group share, the students help each other and offer guidance on eliminating errors. They reflect on other possible projects for the future.</p>

Table 2. Number and categories of blocks.

Movement		Events	33
Appearance		Control	115
Sound	38	Sensors	22
Pencil		Operators	33
Data		More blocks	

Scale 1, Active Learning, contains five questions which are present in Hiltz, Coppola, Rotter, and Turoff (2000). Scale 2, Computational Concepts is based on the study by Sáez López and Miyata (2013). Scale 3, Fun during the learning activities, contains five questions adapted from the scale created by Laros and Steenkamp (2005).

Table 3. Criterion according to categories (Fu, Wu, &amp; Ho, 2009).

Criterion	Level				
	Poor	Passable	Acceptable	Good	Excellent
Knowledge-content	4	8	69	21	7

Table 4. Mean. CG control group. EG experimental group. \*significant at 0.01 in the Mann-Whitney *U*-test. Scales and items from the questionnaire. 1 = 'Poor', 2 = 'Passable', 3 = 'Acceptable', 4 = 'Good', 5 = 'Excellent'.

Scales	Items	CG	EG
1.-Active Learning	1. The content was learned effectively.	3.69	3.68
	2. The core themes were identified.	3.94	3.63
	3. They were more interested in the topic.	3.29	4.37*
	4. They participated actively.	4.20	4.28
	5. The tasks contributed to learning.	4.20	4.07
2.-Computational Concepts	1. Sequences to create music are understood.	2.00	3.83*
	2. Loops are included to allow for an appropriate multimedia product.	1.83	3.94*
	3. Parallelisms and events are added that allow the interface to be created.	1.77	3.79*
	4. The capacity to share and play with the content created is improved.	4.06	4.08
	5. The capacity to communicate and express themselves via the content created is acquired.	3.91	4.08
	6. The possibility of creating musical activities is fostered.	3.91	4.44*
3.-Fun	1. I was happy.	4.46	4.68
	2. I really liked the activity.	4.57	4.56
	3. I was enthusiastic.	4.26	4.61*
	4. I felt motivated.	4.14	4.69*
	5. I was relaxed and comfortable.	4.49	4.71

## Results

First, we would like to mention a descriptive analysis in which the percentages of the three scales analysed stand out. The results are assessed based on the data obtained on the different items of the three scales defined. The general mean provided acceptable results, with values of higher than three on all items (Table 4).

### *Descriptive analysis*

The results obtained by the experimental group provide data of interest (Figure 7) which allow us to stress that the integration of elements largely fosters active

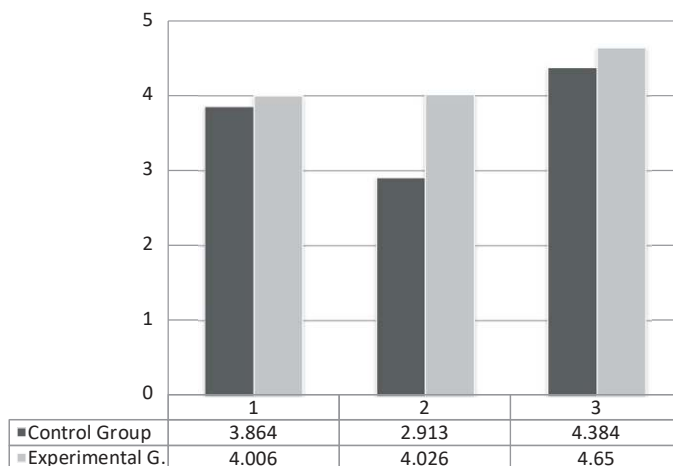


Figure 7. Scale 1 active learning, scale 2 computational concepts, scale 3 fun.

learning. The mean on the Active Learning scale is 4.006. In this sense, the students learn contents using these materials, identified the core themes and were mostly interested in the them (4.37). They also participated actively (4.20) in these tasks, which contributed to their learning (4.20). The control group also obtained very positive values, so there were no major differences.

Regarding Computational Concepts (mean 4.03), very high values came from the experimental group in terms of their understanding of events (3.83), loops (3.94) and parallelisms (3.79). The Fun aspects of the learning process were also reinforced and improved via the possibility of sharing with games, in addition to the creative possibilities of this approach, which yielded particularly high values (4.46).

The Fun (mean 4.65) scale of the approach showed high means and values in both the control and experimental groups, exceeding four points on all the factors analysed in this scale. In this sense, it is clear that the students enjoyed working with the approach used in the intervention, and that they had fun and were motivated in the different tasks.

#### *Statistical inference: Mann-Whitney's U-test*

Due to the fact that the data obtained are qualitative with an ordinal measurement scale, non-parametric tests were applied. In this case, we used the Mann-Whitney non-parametric test of ranges for the independent samples to compare data in order to highlight whether there are significant differences based on the results obtained.

On scale 1, Active Learning we can see that the control and experimental groups obtained similar high values regarding learning contents effectively, identifying the core themes, participation and learning tasks. Therefore, there are no differences between the approach used in the control group (musical instruments

Table 5. Scale 1. Ranges Mann-Whitney *U*-test. Items with statistically significant improvements.

1.3. They were more interested in the topic			
	Experimental group	Control group	Total
<i>N</i>	109	35	144
Mean of ranges	84.60	34.81	
Sum of ranges	92221.50	1218.50	

with no technologies) and the approach used with the experimental group (using technologies, programming and resources). Significant differences were found in interest in the topic in that the results of the experimental group improved considerably (Table 5).

Regarding scale 2, Computational Concepts, the experimental group obtained high results (near 4 on average). However, the control group obtained low values regarding sequences, loops, parallelisms and creation.

There are no statistically significant differences regarding the Fun capacity when working on art education sessions and the capacity for communication because the students in the control group without technologies were capable of earning good values on these factors.

Therefore, we can see that based on the Mann-Whitney *U*-test, there are significant improvements regarding sequences for creating music. We can also see statistically significant improvements in the use of loops, parallelisms and the possibility of creating music using technology (Table 6).

On scale 3 on Fun, we can see that high values are obtained by both the control and experimental groups. We can be confident that students have quite a lot of fun in the music sessions, regardless of whether or not technologies are used.

However, two factors stand out in which there are significant improvements reflected in the Mann-Whitney *U*-Test (Table 7). Students' enthusiasm increases with the use of technologies and devices, which makes art and music education sessions very attractive.

Another factor that has statistically significant higher values in the experimental group is student motivation. Having the novelty of the technologies and exploring and interacting with different devices provides an incentive that fosters motivation and commitment in students, which is statistically reflected in the aforementioned test.

### *Interviews and focus groups*

In line with the characteristics of design-based research, we should stress the impact of real educational practices to justify the value in theoretical approaches. Furthermore, instruments are used with quantitative statistical values and triangulation of data as a strategy, valuing the qualitative data from structured interviews

Table 6. Scale 2. Ranges Mann-Whitney *U*-test. Items with statistically significant improvements.

2.1. Sequences to create music are understood			
	Experimental group	Control group	Total
<i>N</i>	109	35	144
Mean of ranges	88.12	23.86	
Sum of ranges	9605.00	835.00	
2.2. Loops are included to allow for an appropriate multimedia product.			
	Experimental group	Control group	Total
<i>N</i>	109	35	144
Mean of ranges	89.09	20.84	
Sum of ranges	9710.50	729.50	
2.3. Parallelisms and events are added that allow the interface to be created.			
	Experimental group	Control group	Total
<i>N</i>	109	35	144
Mean of ranges	88.53	22.57	
Sum of ranges	9650.00	790.00	
2.6. The possibility of creating musical activities is fostered			
	Experimental group	Control group	Total
<i>N</i>	109	35	144
Mean of ranges	79.45	50.86	
Sum of ranges	8660.00	1780.00	

Table 7. Scale 3. Ranges Mann-Whitney *U*-test. Items with statistically significant improvements.

3.3. I was enthusiastic			
	Experimental group	Control group	Total
<i>N</i>	109	35	144
Mean of ranges	78.76	53.01	
Sum of ranges	8584.50	1855.50	
3.4. I felt motivated			
	Experimental group	Control group	Total
<i>N</i>	109	35	144
Mean of ranges	79.98	49.21	
Sum of ranges	8717.50	1722.50	



and focus groups. Applying different instruments and reaching similar results notably reinforces the validity of the results. The following were conducted:

- Interviews with 13 teachers from four schools in the sample
- Two focus groups with four and five teachers, respectively, in two schools in the sample

Values in the two focus groups with four and five teachers, respectively, are outlined. The interviews and both focus groups were recorded and subsequently analysed using the HyperResearch V. 2.83 program. In this analysis, the highest frequencies shown in both instruments are highlighted (Figure 8).

We can stress that there is more fun and enthusiasm with these instruments due to the novelty and appeal of the technologies. A fair amount of time was spent on understanding computational concepts, so this practice cannot be implemented with students who are not already initiated.

The fact that time is spent on using devices, technology and programming at the expense of content related to teaching musical expression may be regarded as a disadvantage.

We can highlight major advantages in creativity, cooperation and collaborative and interactive possibilities. Working with programming is beneficial in practice and provides numerous possibilities for creativity and using devices.

However, not all teachers are capable of handling these resources and may need specific training to implement this approach. We can stress difficulty as a factor present in these practices, given the need to learn computational concepts and relate them to the devices being used. From this perspective, teacher training is essential. The teachers interviewed and the participants in the focus groups stressed that there is a consensus in the relative advantages for student motivation and fun when using the intervention applied in the experimental group.

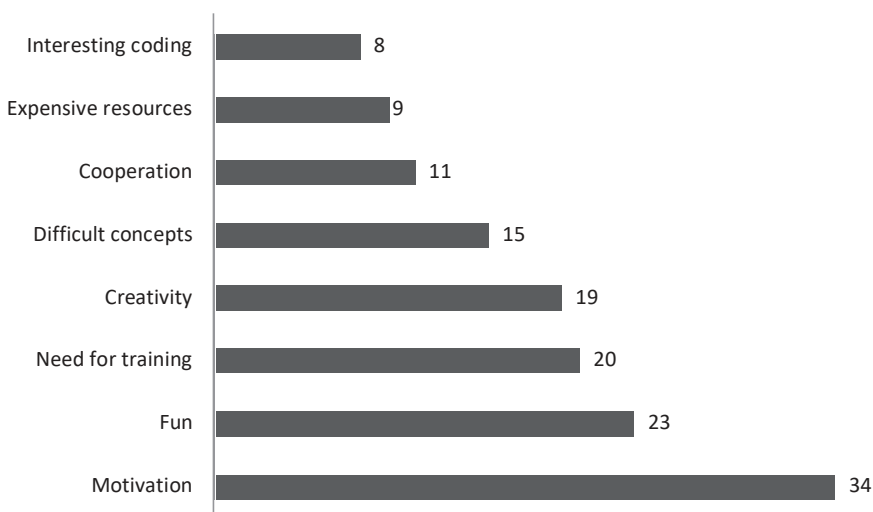


Figure 8. Frequencies obtained in interviews and focus groups.

## Conclusions

Based on the different analyses performed as part of our design-based research, we can draw a series of conclusions regarding the skills that the students acquire in the development of the Digital Competence and the Cultural and Artistic Competence, which improve in the process of numerous elements and factors to consider. After applying a detailed programme on the use of programming and devices in the primary education music sessions, we can highlight the following:

- (1) The results from the Active Learning scale are fairly high, with a mean of 4.006. The students learn contents using the technologies and identify the core themes being studied (items 1.1 and 1.2). Likewise, they participate actively in the tasks assigned (1.4) which largely contributes to their learning (1.5). Without the use of technologies, the values are also quite positive, so there are no statistically significant differences in terms of learning and participation.
- (2) The factor in which technologies do bring a statistically significant higher value is active interest in the tasks performed (item 1.3), as shown by the Mann-Whitney *U*-test.
- (3) The capacity to share, play and communicate with the contents is very positive judging from the assessments of the descriptive analysis (items 2.4 and 2.5). However, there are no statistically significant improvements, meaning that students share, play and communicate perfectly well both with and without technologies.
- (4) Regarding sequences, loops and parallelisms (items 2.1, 2.2 and 2.3) to create music, we can see statistically significant improvements when the programming and devices are applied. Therefore, the intervention is appropriate and fosters an improvement in these factors via the integration of computational thinking and the use of technologies in the classroom.
- (5) The possibility of creating musical activities (item 2.6, interviews and focus groups) also showed statistically significant improvements with the implementation of the technologies. Working with programs and resources fosters the possibility of creating and experimenting in educational contexts, with considerable improvements.
- (6) The fact that the students worked in a relaxed, comfortable and happy environment (items 1.1, 1.2 and 1.5) is similar in both groups, with and without technologies, so there are no differences in this sense.
- (7) However, regarding the motivation and enthusiasm for working with technologies, programming and devices, we can see statistically significant improvements (items 1.3 and 1.4, interviews and focus groups), so we can stress that the students show enhanced commitment, enthusiasm and motivation when working in the context suggested in the intervention.

In short, once the issues related to teaching resources and teacher training are resolved, bearing in mind the obstacles that any programme related to the use of the technologies has, along with the traditional resistance that they inspire (Sáez

López, 2012), we can stress that in active learning by students we can see advantages in student interest, motivation and commitment when carrying out the learning tasks. Handling sensors and programming in educational contexts brings an added value to their enthusiasm and motivation.

Working with programming and devices brings an additional advantage in the development of computational thinking and the digital competence. It also brings a valuable benefit in the artistic competence related to the capacity to create music based on the aforementioned elements. The fact that the students create their own instruments and program them to create music fosters the development of their creativity within a technological and artistic sphere.

Given the numerous proven advantages in this case with different instruments, we recommend that the leaders, drivers and heads of educational policies consider pilot implementations in educational contexts in the highest levels of primary education with the integration of art, music and technologies. This will allow for students' comprehensive development from a complete, interdisciplinary perspective in the development of competences, by valuing creative, interactive and participative possibilities and taking advantage of the impetus of intrinsic motivation and enthusiasm that students demonstrate when working with these approaches.

## Sensores, programación y dispositivos en sesiones de Educación Artística. Un caso en el contexto de Educación Primaria

Según modelos de aprendizaje y estrategias centradas en el estudiante (Ausubel, 1978; Bruner, 1966), el pensamiento computacional implica análisis lógico de datos, modelado, abstracciones y la aplicación de posibles soluciones. Las prácticas de integración tecnológica en contextos pedagógicos se han detallado y destacado como emergentes en prestigiosos informes (Johnson, Adams Becker, Estrada, & Freeman, 2014). Para abordar estas prácticas se puede hacer uso de tarjetas de sensores como la nano board AG o la tarjeta PicoBoard. También se pueden utilizar dispositivos con aplicaciones educativas como la Raspberry Pi.

Estos dispositivos, aplicados e integrados en la práctica educativa, y utilizados conjuntamente con Scratch en su versión 1.4 o 2.0, permiten el diseño y desarrollo de actividades pedagógicas en Educación Primaria. Esta integración permite el desarrollo del pensamiento computacional y la posibilidad de trabajar contenidos en Ciencias Naturales.

Estas prácticas pedagógicas centradas en el pensamiento computacional y la programación en educación están creciendo en varios países debido a sus numerosas ventajas. En el contexto español hay iniciativas para implementar código y programación en la Comunidad de Madrid en Secundaria y en la Comunidad foral de Navarra en el ámbito de la Educación Primaria.

En este contexto, es de interés plantear un estudio que detalle evidencias relativas a la integración de la programación y un manejo de hardware, utilizando herramientas combinadas en el aula. El presente estudio se aborda desde una Investigación Basada en el Diseño (Anderson & Shattuck, 2012) en la que se lleva a cabo una complementariedad metodológica orientada a la comprensión de los fenómenos e interacciones en los procesos pedagógicos. Como objetivo se pretende evaluar la integración de diversos recursos tecnológicos y el pensamiento computacional en educación artística a través de un planteamiento pedagógico centrado en el alumno.

### Marco Teórico

#### *Planteamientos Pedagógicos*

Brennan (2012) señala las principales actividades a incluir en el diseño de ambientes de aprendizaje relativos al construccionismo, que se basan en la creencia de que las experiencias más efectivas de aprendizaje están relacionadas con una construcción activa, con elementos socialmente significativos (Bruckman, 2006; Papert, 1980), o a través de interacciones y elementos que apoyan la reflexión (Kolodner et al., 2003; Papert, 1980).

El proyecto a aplicar se basa en la integración pedagógica de enfoques transversales en las distintas áreas curriculares y en enfoques interdisciplinarios. La aplicación de los principios de la instrucción (Gagne, Briggs, & Wager, 1992) son elementales en este proceso con el fin de ganar la atención de los alumnos, informar de los objetivos, considerar aprendizajes previos, presentar contenido, proporcionar aprendizaje, evaluar, y mejorar las habilidades de retención y transferencia.

Por otra parte, el aprendizaje significativo y el aprendizaje colaborativo son importantes desde el punto de vista de otros autores clásicos que se tienen en cuenta en este diseño pedagógico (Ausubel, 1978; Bruner, 1966). Otros elementos importantes están relacionados con las interacciones en los contextos sociales y culturales en las actividades educativas (Brown, Collins, & Duguid, 1989; Wenger & Snyder, 2000).

Otro concepto esencial es el Aprendizaje Basado en Proyectos (Jonassen, 1977) que se centra en un enfoque constructivista en las actividades educativas, encaminadas a la interacción en contextos reales.

Con el fin de analizar los procesos de aprendizaje, necesitamos categorías, instrumentos y taxonomías. El grado de adquisición en los niveles de conocimiento sirve como indicador clave para el incremento de los conocimientos en general (Bloom, 1956). Para evaluar el proceso de aprendizaje, debe medirse el grado de adquisición en los niveles de conocimiento.

El objetivo del aprendizaje es obtener altos niveles de conocimiento, pero el conocimiento no es simplemente una acumulación de contenidos que debe recordar el estudiante. La taxonomía de Bloom detalla que aprender implica esencialmente diferentes niveles jerárquicos de conocimientos que detallan las habilidades intelectuales en seis categorías: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación.

### *Programación en primaria: Scratch*

En el contexto de la educación elemental K-12, la computación empezó a considerarse en contextos educativos desde las aportaciones del trabajo de Seymour Papert (1980) en el MIT en la década de 1980. Este autor fue pionero en la idea de que los niños desarrollan el pensamiento procesal a través de la programación LOGO, este lenguaje de programación está diseñado con fines didácticos y permite a los niños aprender a programar fácilmente. Posteriormente, Wing (2006) aporta elementos teóricos de interés centrados en el pensamiento computacional.

El término pensamiento computacional se define como resolución de problemas, diseño de sistemas y comprensión de la conducta humana haciendo uso de conceptos informáticos (Wing, 2006). Los métodos y modelos computacionales permiten resolver problemas y sistemas que no podíamos resolver por nosotros mismos. Por tanto, se trata de utilizar el ordenador para resolver una serie de problemas. La teoría constructivista resalta la necesidad de entregar al alumno las herramientas que permitan al alumno crear procedimientos para resolver un problema, lo que implica que se modifiquen las ideas y que continúen

aprendiendo. En el proceso de aprender a código, los alumnos están realmente programando para aprender, pues de este modo comprenden conceptos matemáticos y computacionales, a la vez aprenden estrategias para solucionar problemas, crear proyectos y comunicarse con los demás (Maloney, Resnick, Rusk, Silverman, & Eastmong, 2010).

Se encuentran pocos estudios que se centren en la computación en las escuelas elementales (Maya, Pearson, Tapia, Wherfel, & Reese, 2015). Sin embargo hay una creciente evidencia de trabajos sobre a la integración de la computación en contextos pedagógicos (K-12). Los Lenguajes de Programación Visual, concretamente Scratch, resuelven muchos problemas relativos a las dificultades de introducir programación en contextos educativos. Scratch facilita una introducción sencilla y atractiva a la programación y evita las dificultades que plantean los clásicos lenguajes de programación textuales (Wilson & Moffat, 2010).

El grupo Lifelong Kindergarten, en el laboratorio de medios del MIT, fue el creador del lenguaje Scratch. El lenguaje de programación de Scratch ofrece más de 100 bloques de programación, agrupados en ocho categorías diferentes (movimiento, apariencia, sonido, lápiz, datos, eventos, control, detección, operadores y variables). La versión 1.4 cuenta con ocho categorías (movimiento, apariencia, sonido, lápiz, datos, control, sensores, operadores). Por otra parte, la versión 2.0 tiene 10 categorías (movimiento, apariencia, sonido, lápiz, datos, control, sensores, operadores, eventos y más bloques).

El uso del mencionado lenguaje de Programación Visual por Bloques permite el trabajo con código y programación, permitiendo un acercamiento a la computación. Scratch, propicia la manipulación de bloques gráficos para componer programas simples que, a su vez, permiten crear juegos sencillos.

Los Conceptos Computacionales (Brennan & Resnick, 2012) utilizados en la presente investigación (ver Figura 1) son los siguientes:

- Secuencia: orientado en pensar en el orden de los pasos.
- Bucle: se utilizan para la repetición de instrucciones.
- Condicionales: se utiliza ‘si’ para establecer la condición.
- Ejecución en paralelo: para dar dos órdenes al mismo tiempo.
- Eventos: al presionar en objetos o teclas.

Computational concepts						
Sequence	Looping	Conditional statement	Parallel Execution	Event Handling	Interface /coordination	Keyboard input
<b>Computational Practices: Experimenting and iterating</b>						

Figura 1. Conceptos computacionales y prácticas aplicadas en la intervención.

Algunos docentes que inicialmente fueron escépticos en la integración de programación, resaltaron que Scratch es considerablemente accesible y valioso (Clark, Rogers, Spradling, & Pais, 2013; Lee, 2011; Maya et al., 2015). En este sentido, varios estudios destacan resultados positivos relacionados las Ciencias de la Computación (Baytak & Land, 2011; Kwon, Kim, Shim, & Lee, 2012; Lambert & Guiffre, 2009; Lin, Yen, Yang, & Chen, 2005).

### *Hardware*

A la hora de integrar distintos recursos y plantear una práctica de computación en los elementos curriculares de Educación Primaria, haciendo uso de las tecnologías, se destacan tres enfoques (Berry, 2013):

- Ciencias de la Computación: entender lo que son los algoritmos. Los programas se ejecutan siguiendo instrucciones precisas e inequívocas. Depurar y utilizar el razonamiento lógico para predecir el comportamiento de programas simples.
- Tecnología de la Información: utilizar la tecnología para crear, organizar, almacenar, manipular y recuperar contenidos digitales.
- Alfabetización digital: reconocer usos comunes de tecnología de la información más allá de la escuela. Uso seguro y respetuoso de la tecnología.

La Raspberry Pi es un ordenador del tamaño de una tarjeta de crédito. Su placa de circuito y chips son totalmente visibles. A través de su entorno (Figura 2), se pueden controlar dispositivos a través del sistema Raspbian. Cuenta con varias

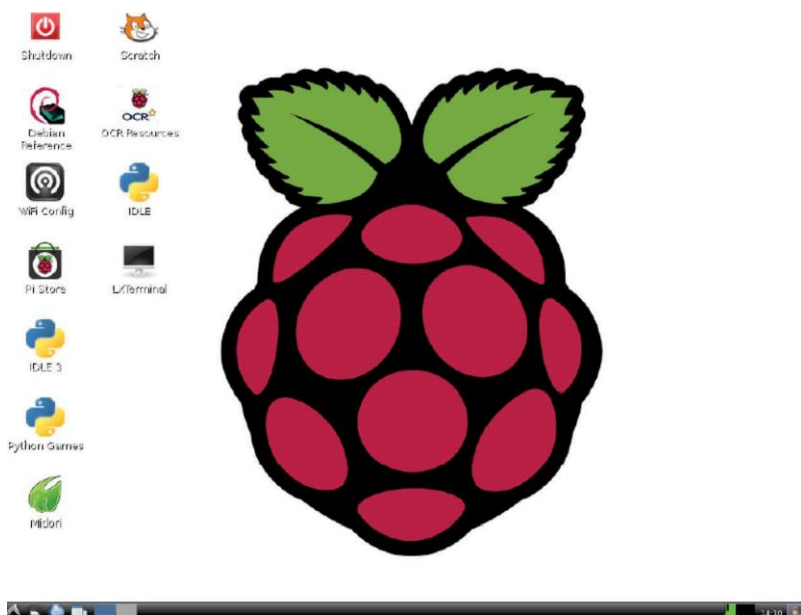


Figura 2. Entorno Raspberry Pi. En <https://www.raspberrypi.org/>.

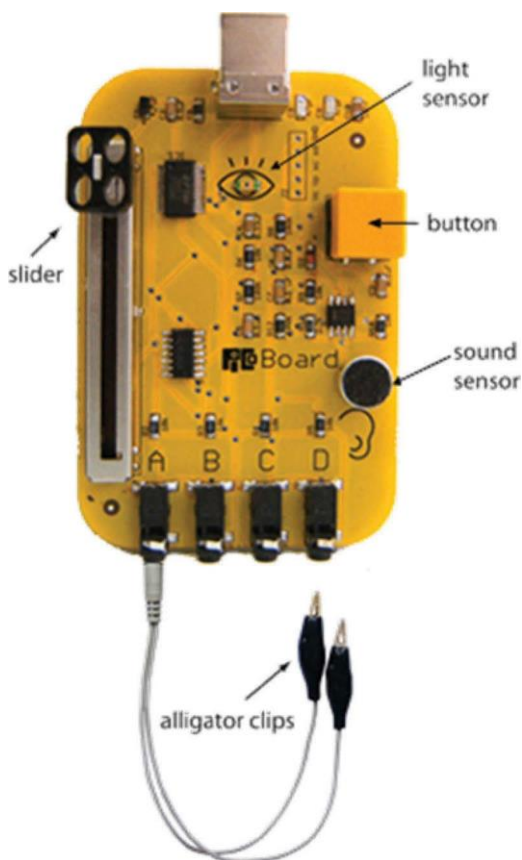


Figura 3. 'PicoBoard'. Fuente: <http://wiki.Scratch.mit.edu/wiki/PicoBoard>.

aplicaciones que hacen posible programar; cabe destacar Scratch como aplicación que permite programar por bloques y que propicia planificar actividades centradas en la computación combinando diferentes proyectos.

A través de programación y uso de dispositivos los alumnos pueden diseñar y plantear una secuencia de acciones para hacer trabajar sensores y distintos dispositivos en función de las órdenes que se han escrito y secuenciado en la aplicación Scratch.

El trabajo a través de herramientas, programación y hardware posibilita entender principios fundamentales de la ciencia de la computación, analizando y resolviendo problemas mediante la aplicación de técnicas computacionales. Es posible escribir un programa relativo a diversos problemas, aplicar la tecnología y tener competencia de usuarios en el campo de la tecnología.

Otra herramienta de interés es la tarjeta de sensores PicoBoard (Figura 3) que es una pieza de hardware que permite trabajar con proyectos de Scratch 1.4 para interactuar con el mundo real.

El dispositivo cuenta con un control deslizante, un sensor de luz, un botón que puede ser presionado para controlar el valor pulsado el botón (verdadero o falso), un sensor de sonido que cambia el valor en función de la cantidad de sonido que



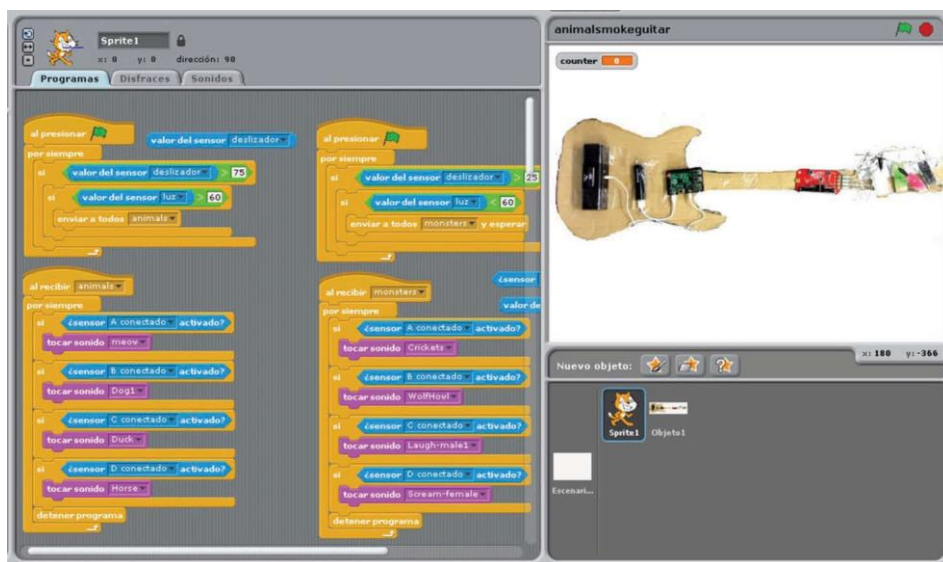


Figura 4. Programación de secuencias y 3 modos con condicionales.

detecta y unas pinzas de cocodrilo que cambian el valor en función de las variables que detectan al estar conectadas.

Todos estos recursos permiten interactuar con unos instrumentos y propician actividades creativas en sesiones que permiten el desarrollo computacional, tocando y creando música. A través de la música, la retroalimentación viene de forma táctil, visual y auditiva. Al trabajar con estos dispositivos destacamos elementos técnicos del hardware que permiten versatilidad y creatividad en el aula a la hora de construir recursos, como por ejemplo una guitarra. Tanto el desarrollo de la competencia digital, como el concepto de computación creativa (Brennan, 2012; Sáez-López & Cózar, *in press*,

Sáez-López, Román, & Vázquez, 2016) permiten el desarrollo de actividades dinámicas y activas que están centradas en el alumno y permiten la posibilidad de crear.

Las experiencias de los usuarios han sido identificadas para detallar la experiencia creativa de los alumnos (Norman, 1993). En relación con esto, la noción de 'flujo' (Csikszentmihalyi, 1990) ha estado estrechamente vinculada con la creatividad. Del mismo modo, Leman (2008) sostiene que más 'participación directa' en la música puede ser acordada por los bucles de retroalimentación rápida, que él llama los ciclos de acción-reacción.

Los beneficios relativos a la creación y práctica musical en contextos educativos se ven reforzados con el uso de programación visual por bloques (Figura 4) y el uso de dispositivos como la tarjeta de sensores PicoBoard.

## Método

El presente estudio se aborda desde una Investigación Basada en el Diseño a través de complementariedad metodológica orientada a la comprensión de los fenómenos en los procesos pedagógicos (Anderson & Shattuck, 2012)

La presente investigación se aplica a través de métodos mixtos y complementarios analizando datos y aplicando instrumentos desde diferentes enfoques. Se obtienen datos a partir de análisis descriptivo, inferencia estadística, comparación de medias y técnicas de carácter cualitativo, a partir del trabajo realizado en los contextos educativos. La triangulación de datos como estrategia permite un aporte de validez minimizando la varianza de error (Goetz & LeCompte, 1988).

### *Participantes*

La investigación presenta una muestra con un grupo experimental en cuatro centros educativos con 109 alumnos de 6º de primaria. Hay un grupo de control de 35 alumnos de dos colegios, los cuales realizaban una unidad didáctica equivalente con la misma temporalización pero sin utilizar los recursos tecnológicos descritos y mencionados en el presente estudio. En cuanto al género en el grupo experimental, el 53.2% son niñas y el 46.8% son niños. El análisis de contingencia (Chi cuadrado) no se detalla, debido a que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas relativas a las variables género, edad o centro educativo. La muestra es no probabilística e intencional.

### *Intervención*

El diseño cuenta con presencia importante de la competencia digital, detallada en las competencias clave a lo largo de la vida (Parlamento Europeo y del Consejo, 2006). En el contexto español, se aplica el marco curricular vigente, que se basa en los estándares de aprendizaje partiendo de bloques de contenidos y criterios de evaluación (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, MECD, 2014). Algunas referencias de interés en el diseño desde una perspectiva internacional, guardan cierta relación a los estándares incluidos en ‘Common Core State Standards, the CSTA K-12 Computer Science Standards’.

Los alumnos trabajaron con Scratch y Raspberry Pi (Figura 5), creando una serie de proyectos a través de programación por bloques y posteriormente haciendo uso del hardware y componentes mencionados en el estudio, que se pueden contemplar en la guitarra (Figura 6).

Se detalla la aplicación a lo largo del curso 2013-14 en 20 sesiones (ver ejemplo, Tabla 1) de una hora integradas en las áreas de educación artística con el uso de programación visual por bloques (Tabla 2), concretamente utilizando recursos multimedia integrados en el programa Scratch y los distintos recursos. Las Competencias Clave detalladas en el Parlamento Europeo y del Consejo (2006) que se destacan en las sesiones del estudio son: Aprender a Aprender, Competencias básicas en Ciencia y Tecnología, Competencia Matemática y Conciencia y Expresiones Culturales.

La valoración en las diferentes sesiones es positiva en general, permitiendo adquisición de conocimientos en determinado nivel, como muestra el ejemplo (Tabla 3).

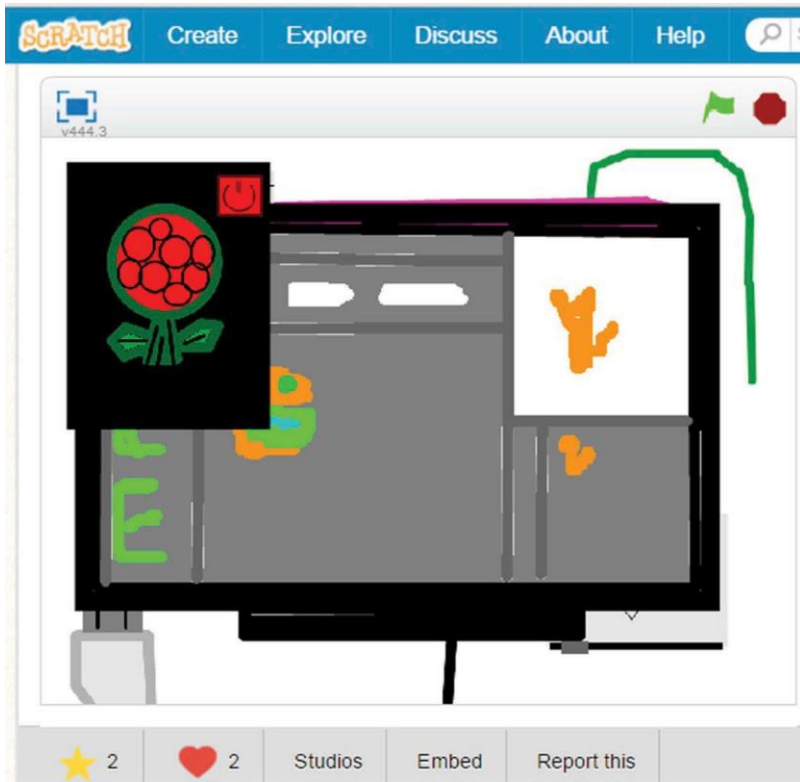


Figura 5. Proyecto de Scratch simulando los componentes: Raspberry Piy otros conectores.

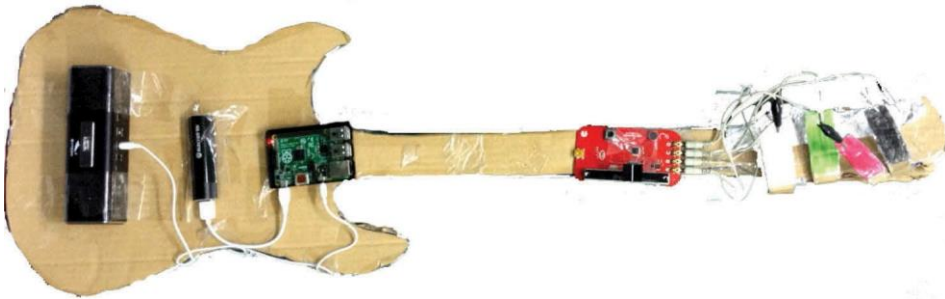


Figura 6. Guitarra programable con Scratch 1.4. <https://www.youtube.com/watch?v=emu-4Pnytik>.

### *Instrumento y fiabilidad*

El cuestionario administrado incluye tres escalas: Aprendizaje Activo, Conceptos Computacionales y diversión (ver [Tabla 4](#)). El instrumento aporta una fiabilidad de alfa de crombach de .76, que es un valor aceptable como destacan expertos y autores (George & Mallery, 1995; Hair, Anderson, Tatham, & Black, 1998). La

Tabla 1. Descripción de la sesión 19: diseñando un instrumento musical interactivo.

<i>Min.</i>	<i>Actividades</i>
15	<p><i>Información y explicación a los alumnos respecto a la sesión a desarrollar y los objetivos a lograr</i></p> <p>Los alumnos realizan actividades comprendiendo las diferentes notas y creaciones musicales. Plantean y planifican el proyecto que quieren desarrollar y los distintos modos a diseñar en el proyecto artístico. El docente destaca la importancia de eventos para ir asociando a las notas, la necesidad de incluir bucles y la posibilidad de trabajar con los sensores a través de condicionales.</p>
15	<p><i>Plan. Los alumnos tratan de desarrollar las tareas</i></p> <p>Los alumnos asimilan los conceptos básicos en programación creativa y ponen en práctica conocimientos previos tratados en sesiones anteriores. Los alumnos abordan los diferentes modos y prueban los valores que obtienen de los sensores. Planifican el tipo de instrumento que quieren y las notas que estarán disponibles al pulsar las diferentes teclas. Los estudiantes abordan con gran motivación los contenidos de la unidad y convierten su trabajo en algo divertido, dinámico, motivador y muy atractivo visualmente</p>
20	<p><i>Explorar de un modo autónomo</i></p> <p>A través de este proceso los alumnos se familiarizan ajustando los distintos parámetros. Si cometen algún error pueden ir testando o depurando en todo momento el funcionamiento del programa. Las tareas se desarrollan siempre respetando las características y ritmo de trabajo de los alumnos. No importa lo sencillo o complicado que sea el producto, se adapta a necesidades e intereses del estudiante.</p>
10	<p><i>Reflexionar respecto a lo que hemos aprendido</i></p> <p>Los alumnos solucionan problemas que les han surgido y comprenden que han trabajado numerosos elementos en programación. Los alumnos amplían su nivel de conocimiento a la vez que aprenden a ajustar distintos bloques y conceptos de programación. Tras una reflexión o puesta en común, los alumnos se ayudan y aconsejan en la depuración de errores. Se reflexiona sobre otros posibles proyectos para el futuro.</p>

Tabla 2. Número y categorías de los bloques.

Movimiento		Eventos	33
Apariencia		Control	115
Sonido	38	Sensores	22
Lápiz		Operadores	33
Datos		Más bloques	

Tabla 3. Criterio en función de las categorías (Fu, Wu, &amp; Ho, 2009).

Criterio	Grado				
	Mal	Regular	Aceptable	Bueno	Excelente
Conocimiento- contenido	4	8	69	21	7

Tabla 4. Media. GC Grupo de control. GE Grupo Experimental. \*significativo a 0.01 en test *U* de Mann-Whitney. Escalas e ítems del cuestionario. 1 = 'Mal', 2 = 'Pasable', 3 = 'Aceptable', 4 = 'Bien', 5 = 'Excelente'.

Escalas	Items	GC	GE
1.-Aprendizaje Activo	1. Se aprenden contenidos de un modo eficaz	3.69	3.68
	2. Los temas centrales se identificaron	3.94	3.63
	3. Se interesaron más en el tema	3.29	4.37*
	4. Participaron activamente	4.20	4.28
	5. Las tareas contribuyen al aprendizaje	4.20	4.07
2.-Conceptos computacionales	1. Comprendidas secuencias para crear música	2.00	3.83*
	2. Incluidos bucles que permitan un producto multimedia adecuado.	1.83	3.94*
	3. Añadidos paralelismos y eventos que permiten la creación de interfaz.	1.77	3.79*
	4. Mejorada la capacidad de compartir y jugar con los contenidos creados.	4.06	4.08
	5. Adquirida la capacidad de comunicar y expresar a través del contenido creado	3.91	4.08
	6. Potenciada la posibilidad de crear actividades musicales	3.91	4.44*
3.-Diversión	1. Yo estaba feliz	4.46	4.68
	2. Me gustó mucho la actividad	4.57	4.56
	3. Yo estaba entusiasmado	4.26	4.61*
	4. Me sentí motivado	4.14	4.69*
	5. Estaba relajado y cómodo	4.49	4.71

validez de contenido de carácter cualitativo se llevó a cabo por cinco jueces expertos con un valor obtenido por la *V* de Aiken ( $V = S/(n(c-1))$ ), que es superior a 0.7 en todos los ítem. En este sentido, la pertinencia y adecuación del instrumento es aceptable. Por otra parte, se analiza la validez de constructo a través de un análisis factorial con el método de rotación varimax y el criterio de extracción de valores propios > 1.

La escala 1 Aprendizaje activo contiene cinco preguntas, presentes en Hiltz, Coppola, Rotter, y Turoff (2000). La escala 2 Conceptos computacionales parte del estudio de Sáez-López y Miyata (2013). La escala de 3 Diversión durante las actividades de aprendizaje consta de cinco preguntas adaptadas de la escala creada por Laros y Steenkamp (2005).

## Resultados

Se destaca en primer lugar un análisis descriptivo en el que se destacan los porcentajes en tres escalas analizadas. Se valoran los resultados a partir de los datos obtenidos en los diferentes ítems de las tres escalas definidas. La media en general aporta resultados aceptables, superando el valor tres en todos los ítems (Tabla 4)

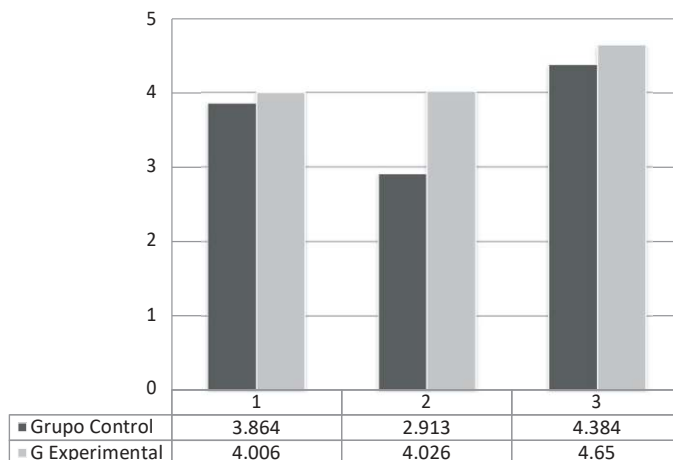


Figura 7. Escala 1 Aprendizaje Activo, escala 2 conceptos computacionales, escala 3 diversión.

### *Análisis descriptivo*

Los resultados que se obtienen por parte del grupo experimental aportan unos datos de interés (Figura 7) que nos permiten resaltar que desde esta integración de elementos se propicia un Aprendizaje Activo en gran medida. La media de la escala aprendizaje activo es 4.006. En este sentido, los alumnos aprenden contenidos utilizando estos materiales, identificaron los temas centrales y se interesaron en gran medida en el tema (4.37). Además participaron activamente (4.20) en estas tareas que contribuyen a su aprendizaje (4.20). El grupo de control obtuvo también valores muy positivos por lo que no hay grandes diferencias.

En cuanto a Conceptos Computacionales (media 4.03), se aportan valores muy altos por parte del grupo experimental en lo que respecta a comprensión de secuencias (3.83), bucles (3.94), paralelismos (3.79) y eventos. Las posibilidades lúdicas en el proceso de aprendizaje también se ven reforzadas y mejoradas a través de la posibilidad de compartir con juegos, además de las posibilidades creativas del mencionado enfoque que aporta valores particularmente altos (4.46).

La Diversión (media 4.65) del enfoque planteado registra medias y valores considerablemente altos en el grupo de control y el grupo experimental, superando los cuatro puntos en todos los factores analizados de esta escala. En este sentido, es evidente que los alumnos disfrutaban trabajando con el enfoque planteado en la intervención, se divierten y están motivados en las diferentes tareas.

### *Inferencia estadística: Test U de Mann-Whitney*

Debido a que los datos obtenidos son cualitativos, de escala de medida ordinal, se usan pruebas no paramétricas. En este caso se hace uso de la prueba no paramétrica de rangos *U* de Mann-Whitney, para las muestras independientes. De este modo se comparan datos para destacar si hay diferencias significativas a partir de los resultados obtenidos.

Tabla 5. Escala 1. Rangos Test *U* de Mann-Whitney. Ítems con mejoras estadísticamente significativas.

1.3. Se interesaron más en el tema			
	Grupo Experimental	Grupo de Control	Total
<i>N</i>	109	35	144
Media se rangos	84.60	34.81	
Suma de rangos	92221.50	1218.50	

En la escala 1 Aprendizaje activo se aprecia que el grupo de control, y experimental obtienen valores altos y similares en lo que respecta a: aprender contenidos de un modo eficaz, identificación de los temas centrales, participación, y tareas de aprendizaje. Por tanto, no hay diferencias entre un enfoque planteado en el grupo de control (con instrumentos musicales sin tecnologías) y el planteamiento del grupo experimental (utilizando las tecnologías, la programación y recursos). Las diferencias significativas se perciben en el interés en el tema, debido a que en el que el grupo experimental mejora significativamente su resultado (Tabla 5).

En lo que respecta a la escala 2 Conceptos computacionales se destaca que el grupo experimental obtiene resultados considerablemente altos (próximos a cuatro de media). Sin embargo el grupo de control obtiene valores bajos en lo que respecta a secuencias, bucles, paralelismos y creación.

No hay diferencias estadísticamente significativas en lo que respecta la capacidad lúdica a la hora de trabajar en las sesiones de educación artística y la capacidad de comunicación, debido a que en el grupo de control sin tecnologías, los alumnos son capaces de obtener buenos valores en estos factores.

Se aprecian por tanto, a partir del Test *U* de Mann-Whitney, que hay mejoras significativas en lo que respecta a secuencias para crear música. También se aprecian mejoras estadísticamente significativas en el uso de bucles, paralelismos y la posibilidad de crear música a través de tecnologías (Tabla 6).

En la escala 3 relativa a la Diversión, se puede apreciar que se obtienen valores considerablemente altos desde el grupo de control y el grupo experimental. Se puede asegurar que los alumnos se divierten bastante en las sesiones con música, independientemente de que se utilicen las tecnologías.

No obstante, se destacan 2 elementos en los que existen mejoras significativas reflejadas en el Test *U* de Mann-Whitney (Tabla 7). El entusiasmo se ve incrementado en el uso de tecnologías y dispositivos que hacen muy atractivo el desarrollo de las sesiones de educación artística y musical.

Otro elemento que adquiere valores estadísticamente superiores en el grupo experimental es la motivación del alumnado. El hecho de contar con la novedad de las tecnologías, explorar e interactuar con diferentes dispositivos, aporta un aliciente que propicia una motivación y compromiso en el alumnado, que queda reflejado estadísticamente en el mencionado test.

Tabla 6. Escala 2. Rangos Test *U* de Mann-Whitney. Ítems con mejoras estadísticamente significativas.

2.1. Comprendidas secuencias para crear música			
	Grupo Experimental	Grupo de Control	Total
<i>N</i>	109	35	144
Media se rangos	88.12	23.86	
Suma de rangos	9605.00	835.00	
2.2. Incluidos bucles que permitan un producto multimedia adecuado.			
	Grupo Experimental	Grupo de Control	Total
<i>N</i>	109	35	144
Media se rangos	89.09	20.84	
Suma de rangos	9710.50	729.50	
2.3. Añadidos paralelismos y eventos que permiten la creación de interfaz.			
	Grupo Experimental	Grupo de Control	Total
<i>N</i>	109	35	144
Media se rangos	88.53	22.57	
Suma de rangos	9650.00	790.00	
2.6. Potenciada la posibilidad de crear actividades musicales			
	Grupo Experimental	Grupo de Control	Total
<i>N</i>	109	35	144
Media se rangos	79.45	50.86	
Suma de rangos	8660.00	1780.00	

Tabla 7. Escala 3. Rangos Test *U* de Mann-Whitney. Ítems con mejoras estadísticamente significativas.

3.3. Yo estaba entusiasmado			
	Grupo Experimental	Grupo de Control	Total
<i>N</i>	109	35	144
Media se rangos	78.76	53.01	
Suma de rangos	8584.50	1855.50	
3.4. Me sentí motivado			
	Grupo Experimental	Grupo de Control	Total
<i>N</i>	109	35	144
Media se rangos	79.98	49.21	
Suma de rangos	8717.50	1722.50	



### *Entrevistas y grupos de discusión*

En consonancia con las características de una Investigación Basada en el Diseño, se destaca el impacto en las prácticas educativas reales para justificar el valor en los enfoques teóricos. Además se plantean instrumentos con valores estadísticos de carácter cuantitativo y una triangulación de datos como estrategia, valorando los datos de carácter cualitativo derivados de las entrevistas estructuradas y los grupos de discusión. El hecho de aplicar diferentes instrumentos y llegar a resultados similares refuerza notablemente la validez del estudio. Se llevan a cabo:

- Entrevistas a 13 profesores de cuatro colegios de la muestra
- Dos grupos de discusión con cuatro y cinco profesores respectivamente en dos colegios de la muestra.

Se detallan valores en dos grupos de discusión con cuatro y cinco profesores respectivamente. Se procede a grabaciones de audio de la entrevistas y de ambos grupos de discusión para ser analizadas posteriormente a través del programa HyperResearch V. 2.83. En este análisis se destacan las frecuencias más altas detalladas en ambos instrumentos (Figura 8).

Se destaca a través de estos instrumentos que hay más diversión y entusiasmo debido a la novedad y al carácter atractivo de las tecnologías. Se dedica bastante tiempo a comprender conceptos computacionales, por lo que no se puede desarrollar esta práctica con alumnos que no estén iniciados en este sentido.

Puede considerarse un inconveniente que se dedica tiempo al uso de dispositivos, tecnología y programación en detrimento de contenido centrado en la didáctica de la expresión musical.

Se destacan ventajas muy importantes en creatividad, colaboración y posibilidades colaborativas e interactivas. El trabajo con programación es beneficioso en la práctica, aporta numerosas posibilidades a la hora crear y utilizar dispositivos.

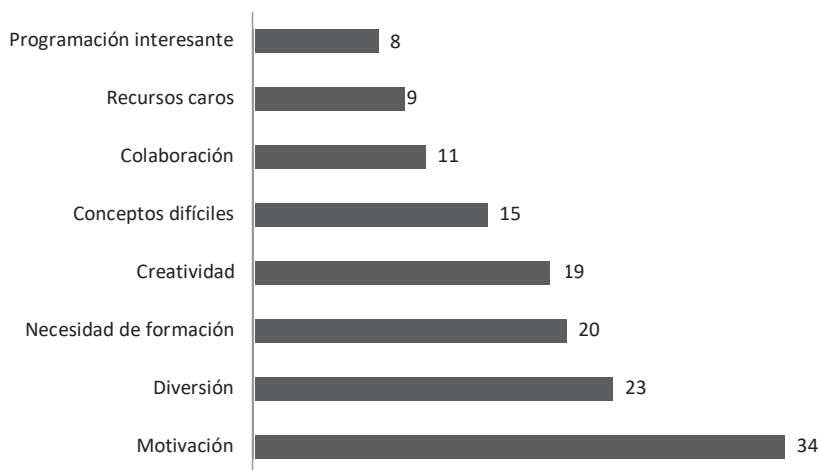


Figura 8. Frecuencias obtenidas en entrevistas y grupos de discusión.

No todos los docentes serán capaces de manejar estos recursos, para este enfoque se necesita formación específica. Se destaca la dificultad como un factor presente en estas prácticas por la necesidad de aprender conceptos computacionales y relacionarlos con los dispositivos que su utilizan. La formación docente es crucial desde esta perspectiva. Los docentes entrevistados y participantes en discusiones destacan que hay un consenso en las ventajas relativas a motivación y diversión por parte de los alumnos al utilizar la intervención aplicada en el grupo experimental.

## Conclusiones

A partir de los diferentes análisis desarrollados enmarcados en una Investigación Basada en el Diseño, se obtienen una serie de conclusiones respecto a las destrezas que adquieren los alumnos en el desarrollo de la Competencia Digital y la Competencia Cultural y Artística, que mejoran en el proceso numerosos elementos y factores a considerar. Después de aplicar un programa detallado relativo al uso de programación y dispositivos en las sesiones de música en Educación Primaria se destaca:

- (1) Los resultados derivados la escala Aprendizaje activo son bastante altos, con una media de 4.006. Los alumnos aprenden contenidos utilizando las tecnologías, identificando los temas centrales a estudiar (ítems 1.1 y 1.2). Por otra parte, participan activamente en las tareas planteadas (1.4) que contribuyen en gran medida en su aprendizaje (1.5). Desde una perspectiva sin uso de tecnologías, los valores son también muy positivos, por tanto no hay diferencias estadísticamente significativas en lo que respecta aprendizaje y participación.
- (2) En el factor en el que las tecnologías sí aportan un valor estadísticamente y significativamente más alto es en el interés activo en las tareas realizadas (ítem 1.3) como demuestra el test  $U$  de Mann-Whitney.
- (3) La capacidad de compartir, jugar y comunicar con los contenidos es muy positiva, desde las valoraciones del análisis descriptivo (ítems 2.4 y 2.5). Sin embargo, no hay mejoras estadísticamente significativas, por lo que los alumnos comparten, juegan y se comunican perfectamente 'con' o 'sin' tecnologías
- (4) En lo que respecta a secuencias, bucles y paralelismos (ítems 2.1, 2.2 y 2.3) para crear música, se detallan mejoras estadísticamente significativas al aplicar programación y dispositivos. Por tanto, la intervención es adecuada y propicia una mejora en estos factores a través de la integración de pensamiento computacional y el uso de tecnologías en las aulas.
- (5) La posibilidad de crear actividades musicales (ítem 2.6, entrevistas y grupos de discusión) también se ve mejorada estadísticamente con la implementación de las tecnologías. El trabajo con programas y recursos

favorece la posibilidad de crear y experimentar en contextos educativos con una mejora notable.

- (6) El hecho de que los estudiantes trabajan en un ambiente relajado, cómodo y feliz (ítems 1.1, 1.2 y 1.5) se mantiene en ambos grupos con tecnologías y sin tecnologías, por lo que no hay diferencias en este sentido.
- (7) No obstante, en lo que respecta a la motivación y el entusiasmo al trabajar con tecnologías, programación y dispositivos, se aprecian mejoras significativas (ítems 1.3 y 1.4. Entrevistas y grupos de discusión), por lo que se destaca que los alumnos cuentan con un compromiso, entusiasmo y motivación adicional al trabajar en el contexto planteado en la intervención.

En definitiva, una vez que se superan cuestiones relativas a los recursos y formación docente, teniendo en cuenta los obstáculos en cualquier programa relacionado con el uso de las tecnologías y las resistencias clásicas que éstas implican (Sáez López, 2012), se puede destacar que en un aprendizaje activo del alumno, se aprecian ventajas en el interés del alumno, su motivación y compromiso a la hora de llevar a cabo las tareas de aprendizaje. El manejo de sensores y programación en contextos educativos aporta un valor añadido en el entusiasmo y la motivación.

El trabajo con programación y dispositivos aporta una ventaja adicional en el desarrollo del pensamiento computacional y la competencia digital. Además aporta un beneficio de interés en la competencia artística vinculado a la capacidad de crear música a partir de los elementos mencionados. El hecho de que los alumnos creen sus instrumentos y programen para crear música, propicia el desarrollo de la creatividad en un ámbito tecnológico y artístico.

Dadas las numerosas ventajas demostradas en este caso con diferentes instrumentos, se recomienda a líderes, impulsores y responsables en políticas educativas que se planteen implementaciones piloto en contextos educativos en los últimos niveles de Educación Primaria con una integración de arte, música y tecnologías. Ello permitirá un desarrollo integral del alumnado desde una perspectiva interdisciplinar y completa en el desarrollo de competencias, valorando las posibilidades creativas, interactivas, de participación y aprovechando el impulso de la motivación y entusiasmo intrínseco en el alumnado al trabajar con estos enfoques.

#### Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors. / *Los autores no han referido ningún potencial conflicto de interés en relación con este artículo.*

#### References / Referencias

- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41, 16–25. doi:10.3102/0013189X11428813
- Ausubel, D. (1978). In defense of advance organizers: A reply to the critics. *Review of Educational Research*, 48, 251–257. doi:10.3102/00346543048002251
- Baytak, A., & Land, S. M. (2011). An investigation of the artifacts and process of constructing computers games about environmental science in a fifth grade classroom.

- Educational Technology Research and Development*, 59, 765–782. doi:10.1007/s11423-010-9184-z
- Berry, M. (2013). *Computing in the national curriculum: A guide for primary teachers*. Retrieved from: <http://www.computingatschool.org.uk/data/uploads/CASPrimaryComputing.pdf>
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals, handbook 1 cognitive domain*. New York, NY: David McKay.
- Brennan, K. (2012). *Best of Both Worlds: Issues of Structure and Agency in Computational Creation, in and out of School*. PhD dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). *Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design*. American Educational Research Association meeting, Vancouver, BC. Retrieved from [http://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan\\_Resnick\\_AERA2012\\_CT.pdf](http://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA2012_CT.pdf)
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42. doi:10.3102/0013189X018001032
- Bruckman, A. (2006). Learning in online communities. In K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 461–472). New York, NY: Cambridge University Press.
- Bruner, J. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Clark, J., Rogers, M. P., Spradling, C., & Pais, J. (2013). What, no canoes? Lessons learned while hosting a “Scratch” summer camp. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 28, 204–210.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York, NY: Harper Perennial.
- European Parliament and Council. (2006). Key competences for lifelong learning – A European framework. Official Journal of the European Union on 30 December 2006/L394. Retrieved from [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2006/l\\_394/l\\_39420061230en00100018.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2006/l_394/l_39420061230en00100018.pdf)
- Fu, F.-L., Wu, Y.-L., & Ho, H.-C. (2009). An investigation of cooperative pedagogic design for knowledge creation in web-based learning. *Computers & Education*, 53, 550–562. doi:10.1016/j.compedu.2009.01.004
- Gagne, R. M., Briggs, L. J., & Wager, W. W. (1992). *Principles of instructional design* (4th ed.). Fort Worth, TX: Harcourt Brace Jovanovich.
- George, D., & Mallery, P. (1995). *SPSS/PC+Step by: A simple guide and reference*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing.
- Goetz, J. P., & LeCompte, M. D. (1988). *Ethnography and qualitative design in educational research*. Madrid: Ediciones Morata.
- Hair, J. F., Jr., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1998). *Multivariate data analysis* (5th ed.). Englewood, NJ: Prentice-Hall.
- Hiltz, S. R., Coppola, N., Rotter, N., & Turoff, M. (2000). Measuring the importance of collaborative learning for the effectiveness of ALN: A multi-measure, multi-method approach. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 4(2), 103–125.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2014). *NMC horizon report: 2014 K-12 edition*. Austin, TX: The New Media Consortium. Retrieved from <http://www.nmc.org/pdf/2014-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>
- Jonassen, D. H. (1977). Approaches to the study of visual literacy: A brief survey for media personnel. *Pennsylvania Media Review*, 11, 15–18.
- Kolodner, J., Camp, P., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., . . . Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12, 495–547. doi:10.1207/S15327809JLS1204\_2

- Kwon, D. Y., Kim, H. S., Shim, J. K., & Lee, W. G. (2012). Algorithmic bricks: A tangible robot programming tool for elementary school students. *Education, IEEE Transactions*, 55, 474–479. doi:10.1109/TE.2012.2190071
- Lambert, L., & Guiffre, H. (2009). Computer science outreach in an elementary school. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 24(3), 118–124.
- Laros, F. J. M., & Steenkamp, J.-B. E. M. (2005). Emotions in consumer behavior: A hierarchical approach. *Journal of Business Research*, 58, 1437–1445. doi:10.1016/j.jbusres.2003.09.013
- Lee, Y. J. (2011). Empowering teachers to create educational software: A constructivist approach utilizing Etoys, pair programming and cognitive apprenticeship. *Computers & Education*, 56, 527–538. doi:10.1016/j.compedu.2010.09.018
- Leman, M. (2008). *Embodied music cognition and mediation technology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The “Scratch” programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(4), 1–15. doi:10.1145/1868358
- Maya, I., Pearson, J. N., Tapia, T., Wherfel, Q. M., & Reese, G. (2015). Supporting all learners in school-wide computational thinking: A cross-case qualitative analysis. *Computers & Education*, 82, 263–279. doi:10.1016/j.compedu.2014.11.022
- Ministerio de Educación y Cultura y Deporte, MECD. (2014). *Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria*. Retrieved from <http://www.boe.es/boe/dias/2014/03/01/pdfs/BOE-A-2014-2222.pdf>
- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart*. New York, NY: Basic Books.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York, NY: Basic Books.
- Sáez López, J. M. (2012). Valoración de la persistencia de los obstáculos relativos al uso de las tecnologías de la información y la comunicación en educación primaria. *Educatio siglo XXI: Revista de la facultad de educación*, 30(1), 253–274. Retrieved from <http://revistas.um.es/educatio/article/view/149231>
- Sáez-López, J. M., & Cózar, R. (in press). Programación visual por bloques en Educación Primaria: Aprendiendo y creando contenidos en Ciencias Sociales. *Revista Complutense de Educación*.
- Sáez López, J. M., & Miyata, Y. (2013). Integrating “Scratch” in primary education. In *Scratch connecting worlds*. 25-27 July. Retrieved from <http://scratch2013bcn.org/node/173>
- Sáez-López, J. M., Román, M., & Vázquez, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school. A two year case study using “Scratch” in five schools. *Computers & Education*, 97, 129–141. doi:10.1016/j.compedu.2016.03.003
- Wenger, E., & Snyder, W. M. (2000). Communities of practice: The organizational frontier. *Harvard Business Review*, 1, 139–145.
- Wilson, A., & Moffat, D. C. (2010). Evaluating “Scratch” to introduce younger school children to programming. In *Proceedings of the 22nd Annual Psychology of Programming Interest Group*. Leganes: Universidad Carlos III de Madrid.
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. doi:10.1145/1118178.1118215