



**Universitat**  
de les Illes Balears

## **TREBALL DE FI DE MÀSTER**

# **LA IMPORTÀNCIA DEL PENSAMENT COMPUTACIONAL EN L'EDUCACIÓ DEL FUTUR**

**Xavier Contestí Coll**

**Màster Universitari en la Formació del Professorat**

**(Especialitat/Itinerari de Tecnologia i Informàtica)**

**Centre d'Estudis de Postgrau**

**Any Acadèmic 2021-22**

# **LA IMPORTÀNCIA DEL PENSAMENT COMPUTACIONAL EN L'EDUCACIÓ DEL FUTUR**

**Xavier Contestí Coll**

**Treball de Fi de Màster**

**Centre d'Estudis de Postgrau**

**Universitat de les Illes Balears**

**Any Acadèmic 2021-22**

Paraules clau del treball:

Pensament computacional, Papert, Wing, constructivisme, programació, computació, robòtica.

*Nom Tutor/Tutora del Treball :Esther Micó Amigó*

## **Resum**

Aquest treball pretén mostrar la importància que representa la introducció del pensament computacional a les escoles quant a la preparació dels nostres alumnes cap a les necessitats de la societat del futur. La primera part del treball s'endinsa dins les teories pedagògiques que varen donar lloc al naixement del concepte als inicis dels anys vuitanta i ens mostra les diferents definicions o interpretacions del concepte que s'han identificat fins arribar al ressorgiment actual del mateix. Mantenint un punt de vista crític neutral i en base a diverses referències bibliogràfiques consultades d'articles de recerca es discuteix també sobre els avantatges de les metodologies que treballen el pensament computacional i la conseqüent possible transferència de destreses interdisciplinària o entre diferents dominis.

La segona part del treball intenta enfocar un punt de vista més pràctic i mostra uns exemples d'activitats que podem dur a terme a les escoles per treballar cadascuna de les diferents destreses que conformen el pensament computacional en cada una de les seves diferents dimensions o interpretacions conegudes.

Es proposen activitats per treballar dins l'aula cadascuna de les destreses d'aquesta nova competència utilitzant exemples basats tant en disciplines tecnològiques com la programació i la robòtica com d'altres no tant tecnològiques com són les ciències naturals o l'educació física.

També es dedica un apartat a presentar les diferents interpretacions errònies del concepte que s'han identificat en el temps les quals es troben presents entre la literatura. Un altre apartat es dedica a l'estudi de la multidisciplinarietat del concepte.

Finalment les conclusions evidencien la importància de la incorporació de metodologies basades en pensament computacional a les escoles. Es justifica mitjançant una petita enquesta el baix arrelament del PC dins les aules i s'analitza la necessitat d'una reforma del currículum del context educatiu actual (LOMCE).

## **índex**

1. Introducció.
2. Objectius del treball
3. Estat de la qüestió.
  - 3.1 Pensament computacional.
    - 3.1.1 El pensament computacional segons Papert.
    - 3.1.2 El pensament computacional segons Wing, ISTE i CSTA.
4. Desenvolupament de la proposta.
  - 4.1 Treballar el pensament computacional utilitzant eines computacionals o aplicacions existents.
  - 4.2 Treballar el pensament computacional desenvolupant eines computacionals a partir d'entorns de programació adaptats.
  - 4.3 Treballar el pensament computacional desenvolupant eines computacionals a partir d'entorns de programació no adaptats (alt nivell).
  - 4.4 Treballar el pensament computacional sense l'ús d'eines computacionals.
  - 4.5 Activitats exemple.
    - 4.5.1 Activitat per treballar el pensament computacional utilitzant eines computacionals o aplicacions existents.
    - 4.5.2 Activitat per treballar el pensament computacional desenvolupant eines computacionals a partir d'entorns de programació adaptats.
    - 4.5.3 Activitat per treballar el pensament computacional sense l'ús d'eines computacionals.
5. Discussió.
6. Conclusions.
7. Referències

## 1. Introducció.

Tots els individus d'una societat civilitzada travessen des de ben petits per una important etapa, l'educació, la qual els nodrirà amb coneixement i destreses per poder afrontar tots aquells reptes que els esdevindrà la vida. Podríem definir el concepte d'educació com aquell procés o etapa mitjançant el qual l'individu adquireix destreses, coneixements, creences i valors els quals, entre altres, contribuiran finalment en la formació del seu coneixement i la seva personalitat. El sistema educatiu conjuntament amb la família és un dels grans pilars fonamentals dins l'etapa educativa el qual sospena la important responsabilitat d'aconseguir la capacitació de l'individu en diverses disciplines i l'adquisició de destreses. El sistema educatiu es regeix per les lleis d'educació les quals defineixen les finalitats de l'educació, els objectius a aconseguir, les competències clau a assolir i els continguts a treballar. En altres paraules i de manera generalitzada podríem dir que la naturalesa del sistema educatiu d'avui marcarà d'una manera o altra la naturalesa de la societat de l'endemà.

Així doncs sembla -a priori- molt prudent pensar que molts d'estudiants d'avui d'una manera o l'altra dependran de la computació en un futur no gaire llunyà i per tant, en conseqüència, sembla també molt recomanable començar a preveure el tipus de necessitats de la societat del futur per començar a treballar avui les competències que la societat necessitarà l'endemà. Alguns esforços importants s'estan fent en el camp de l'autoaprenentatge o en la competència d'aprendre a aprendre, una competència imprescindible per als joves de cara a un futur en un món a on la informació cada vegada es troba més accessible d'una forma més senzilla i immediata, però a on els manca el coneixement i capacitat per a processar-la i aprofitar-la,

Vivim en una societat tecnològica que cada vegada presenta una major dependència del món digital i de mètodes computacionals. A les escoles s'està introduint molt positivament l'ús d'eines tecnològiques com l'ordinador o tablet per poder treballar continguts i desenvolupar exercicis o activitats disponibles a

la Internet i d'aquesta manera treballar les competències digitals de forma transversal. Però aturem-nos a pensar...Com estan els joves utilitzant aquestes eines?. Podríem dir que l'ús d'aquestes eines com a simples mitjans de visualització de continguts o eines d'ofimàtica bàsica els serà realment profitosa per a un futur, o en canvi estem davant d'un aprenentatge massa elemental que es considerarà llavors obvi i superflu?.

Podem dir que els alumnes estan traient tot el potencial a aquestes eines digitals -un potencial els permetria solucionar problemes de gran complexitat- o només els estan infrautilitzant com a simples mitjans de visualització de continguts digitals?.

D'aquestes preguntes es pot reflexionar sobre la necessitat d'anar un pas més enllà en l'educació d'avui i incorporar metodologies que treballin el pensament computacional i d'aquesta manera millorar el potencial resolutiu dels alumnes d'avui en benefici de la societat de l'endemà.

## **2. Objectius del treball.**

El present treball es redacta dins el marc educatiu de la LOMCE i pretén aconseguir tres objectius clars i diferenciats. El primer objectiu queda cobert en la primera part del treball i consisteix en esclarir la difusa amalgama de dimensions que envolten el concepte de pensament computacional, les quals, sovint constitueixen una font de controvèrsia i d'interpretacions errònies de l'essència del concepte. A la vegada es pretén també donar a conèixer la vertader significat del mateix en les seves dues dimensions més conegudes. Amb aquesta intenció en ment i amb l'objectiu de traslladar a aquest treball unes interpretacions del concepte sense distorsionar i en línia amb les idees dels seus descobridors s'han consultat nombrosos articles escrits per els pares del pensament computacional. Aquestes interpretacions queden resumides en el tercer apartat Estat de la qüestió.

El segon objectiu, manco teòric i més pràctic, pretén guiar als professors en la introducció el pensament computacional a les aules i com adaptar el seu currículum i metodologia per a que es treballi dins l'aula aquesta nova competència. Amb aquesta finalitat es presenten i s'analitzen detalladament diverses activitats dissenyades en el context de diferents disciplines les quals representen exemples del treball dels processos del pensament computacional (PC). Aquestes activitats queden resumides en el quart apartat Desenvolupament de la proposta.

Finalment, el tercer objectiu consisteix en justificar la necessitat de canvi de les metodologies educatives cap a metodologies que introdueixin el PC. Per aconseguir aquesta finalitat s'ha realitzat una petita enquesta a alumnes de Batxiller i grau superior de FP. Dels resultats obtinguts s'extreuen indicadors sobre coneixement actual del alumnes en conceptes tecnològics, afinitats dels mateixos cap a la tecnologia, arrelament del PC dins l'aula i l'estat actual de l'ús de la tecnologia dins les aules entre altres. Tant l'enquesta com els seus resultats es poden consultar a l'Annex I i es presenten resumits en l'apartat de Discussió..

### **3. Estat de la qüestió.**

La primera referència al concepte de pensament computacional (PC) la va fer Seymour Papert, l'any 1980. Però tot i la importància transcendental del concepte, la seva aplicació pràctica a les escoles no es va materialitzar de forma important en el segle XX a causa de diferents factors socials, tecnològics i educatius. En la primera dècada del segle XXI i a partir d'un assaig escrit per Jeanette Wing l'any 2006, el concepte de pensament computacional ha ressorgit de nou però aquesta vegada amb importants connotacions que enfatitzen aspectes diferents d'un mateix concepte. Tot i que la interpretació de PC de Wing és manco profunda i més elemental que la interpretació de Papert, la primera en canvi és la més estesa i coneguda avui en dia perquè s'adapta millor al

funcionament de la societat. No obstant això, cal entendre que ambdues dimensions del concepte de PC que es presentaran més endavant presenten la mateixa rellevància i cap de les dues es pot obviar. (Lodi, 2021).

Aquest treball introdueix el pensament computacional com una nova forma de pensar -alguns autors la defineixen com una nova competència (Zapata-Ros, 2020)- la qual es solapa amb altres competències ja existents com la competència digital, matemàtica o aprendre a aprendre i que té la finalitat, en la seva interpretació més actual, que els alumnes aprenguin a enfrontar-se a problemes de diferent naturalesa i solucionar els mateixos emprant processos computacionals. Per aconseguir semblant finalitat cal plantejar les possibles solucions als problemes d'una manera un poc diferent i innovadora, una manera que permeti que aquestes solucions siguin computables per un agent processador si escau (ja sigui una màquina o un humà) i d'aquesta manera aprofitar al màxim els avantatges que la ciència de la computació ens pot donar. El pensament computacional aprofita processos de pensament molt presents en la ciència de la computació, com l'organització lògica, la modelització, la descomposició, la capacitat d'abstracció, la simulació, el pensament algorítmic, el reconeixement de patrons, la recursivitat, el pensament probabilístic... Tot i això, el pensament computacional és una destresa universal i multidisciplinària que en major o menor mesura tots tenim i que podem desenvolupar i perfeccionar amb l'ajut de l'aprenentatge.

Així doncs, la seva aplicació no queda només reservada a problemes de naturalesa tecnològica, sinó que aquesta forma de pensar és extrapolable també a problemes de qualsevol naturalesa i en qualsevol disciplina.



### 3.1.1 El pensament computacional segons Papert.

Seymour Papert, científic computacional, matemàtic i educador, es va nodrir de coneixements adquirits de la teoria del constructivisme de Jean Piaget amb qui va ser col·laborador. Papert va crear una teoria sobre l'aprenentatge anomenada construccionisme basada en la teoria del constructivisme de Piaget. Per Piaget, la forma amb què l'individu aprèn els coneixements és la que determina quant de valuosos són aquests coneixements per



*Figura 1-Seymour Papert amb kits de robòtica educativa.*

l'individu. Aquesta teoria justifica la necessitat de l'aprenentatge actiu o mitjançant l'experiència perquè es produeixi l'aprenentatge. El coneixement ha de ser construït per el propi subjecte, qui aprèn mitjançant l'acció i l'experiència. Considera llavors que les activitats de construcció i confecció d'objectes o artefactes són facilitadores de l'aprenentatge. Les estructures intel·lectuals de l'aprenentatge són construïdes per l'alumne mitjançant l'experimentació més que ensenyades per el professor. (Papert,1980)

El construccionisme de Papert comparteix les bases del constructivisme de Piaget però va un pas més enllà. Considera que l'aprenentatge és especialment efectiu quan l'individu construeix objectes i artefactes que són realment significatius per al mateix.

La interpretació del PC de Papert està impregnada llavors de constructivisme. Més que pensar computacionalment es tracta de **construir computacionalment** (Lodi, 2021). Papert proposa l'ús de la programació com a eina que permet a cada l'individu construir un entorn computacional que el motiva intrínsecament i que li permet construir versions concretes de problemes -per exemple matemàtics o físics- de naturalesa abstracta i complexa. Un entorn d'**idees** d'allà on aflorarà aprenentatge i el desenvolupament de destreses. Alguns recercadors

educatius com Eleanor Duckworth associen el concepte d'idea, al concepte de revelació.

El construccionisme proposa que la tecnologia, els ordinadors així com la robòtica tenen un poder educatiu molt poderós especialment quan s'utilitzen com a mitjans que suporten el disseny, la construcció i la programació d'objectes que presentin un significat personal (Papert,1980). Quan construïm un objecte sobre el qual reflexionem, les persones també construïm coneixement intern (Bers,2008)

Papert conjectura que les destreses adquirides en aquest procés constructiu i d'aprenentatge són també transferibles entre diferents dominis i transcendeixen al simple detall tècnic d'aprendre a programar algorítmica i programació. La programació i la algorítmica només son senzilles eines que proporcionen -en un entorn de motivació intrínseca- la possibilitat de concretar i sintetitzar problemes de naturalesa abstracta i complexa -una idea- i per tant permeten crear un aprenentatge el qual en absència d'aquestes eines computacionals no seria possible. Entendre el pensament computacional només com programació o com conceptes relacionats amb programació és una gran limitació. (Lodi, 2021)

En base a aquest pensament i com a primer pas per a l'introducció pràctica del PC a les escoles Seymour Papert va dirigir a principis dels anys 80 la creació d'un llenguatge de programació educatiu d'alt nivell anomenat LOGO amb la intenció que els més petits construïssin amb ell els seus coneixements i sobre tot, **desenvolupessin les seves idees**, tal com esmenta en el seu llibre "Mindstorms: Children, Computer and Powerful ideas" (Papert S.,1980).

Computers offer new ways of representing and interacting with information and an entirely new category of "objects to think with" (Papert, 1980)
--

Papert vaticinava que el pensament computacional produiria una revolució tecnològica a les escoles, però malauradament les seves innovadores idees es varen malinterpretar i sobre-simplificar. El seu treball es va materialitzar com una

simple introducció de la computació al les escoles. Es parlava de computadors i de nins, però es va obviar el pilar fonamental que marcava l'essència del treball de Papert: el desenvolupament de les idees utilitzant aquestes eines computacionals.

Tot i que LOGO va ésser dissenyat per a posar als nens en el paper de dissenyadors, creadors, descobridors i productors de projectes personalment significatius, no sempre es va utilitzar com era la intenció dels dissenyadors. Un pla d'estudis massa jeràrquic, una pedagogia massa instructivista i el desconeixement dels principis constructivistes per part del professorat el convertiren en una eina molt diferent dins les aules. Va mancar pedagogia de com emprar el Logo (Bers,2008).

La revolució tecnològica a les escoles va ser mínima al segle XX i en conseqüència mínima també la implantació del pensament computacional en les metodologies educatives. L'entusiasme per la computació no va perdurar i el computador es va convertir en un senzill instrument per accedir a informació digital (Resnick, 2014). No obstant això, Papert en la conclusió del seu article "Whats the big idea?" (Papert S.,2000), vaticinà un canvi important en la implantació del pensament computacional a les escoles en les primeres dècades del segle XXI. Dos motius conduïren a aquesta reflexió: (1) L'estructura rígida i conservadora de l'escola entrava en discordança amb una societat que s'estava modernitzant. (2) L'increment de la disponibilitat dels mitjans tecnològics per desenvolupar el pensament computacional.

En reconeixement a Papert i a les seves idees pedagògiques recollides en el llibre “Mindstorms: Children, Computer and Powerful ideas” (Papert S.,1980) la coneguda casa comercial LEGO ha batejat com Lego Mindstorms, el seu producte de robòtica educativa.



*Figura 2- Producte de la línia Mindstorms de la casa Lego*

Noves dimensions del pensament computacional estan ressorgint en l'actualitat possiblement a causa dels arguments anteriors esmentats per Papert.

### **3.1.2 El pensament computacional segons Wing, ISTE i CSTA.**

Jeannette Wing, enginyera en ciències de la computació va escriure un assaig l'any 2006 a on hi plasmava la seva visió personal de pensament computacional.



*Figura 3-Jeannete Wing*

L'essència del concepte de PC de Wing es basa en entendre el PC com el substracte de totes aquelles competències tècniques que te l'individu, en altres paraules, un recull de categories que permeten a l'individu entendre els processos algorítmics i computacionals del món actual (Lodi,2021).

Tot i la senzillesa de l'article, aquest va servir de trampolí per a diverses iniciatives que pretenien la impulsió de les ciències de la computació a la educació K-12 als Estats Units (Lodi, 2021). El ISTE (Societat Internacional de Ciències d'Educació) i la CSTA (l'Associació de professors de ciències de la computació dels Estats Units) en són un exemple. Cal esmentar també que la pèrdua de supremacia tecnològica a nivell mundial dels Estats Units davant altres noves potències

tecnològiques com la Xina, va ser un important desencadenant d'aquesta necessitat d'impulsió tecnològica a les escoles.

L'article de Wing pretén també ressaltar els avantatges que presenta aprendre a pensar com un científic de les ciències de la computació (Lodi, 2021) -per les destreses que s'adquireixen quan es sap pensar a diferents nivells d'abstracció- no només en les disciplines de naturalesa tecnològica sinó també en qualsevol altres. En la mateixa línia i amb la incorporació de metodologies que treballen el pensament computacional es pretén també millorar la capacitat resolutiva i de pensament crític de l'individu, les quals s'amplien aprofitant l'avantatge que representa la potència de la computació. (ISTE\_CT\_Leadership\_Toolkit, 2011b). La definició vigent de pensament computacional sembla un poc més específica, concreta i consensuada que la establerta per Papert als anys 1980. Segons Wing, l'ISTE i el CSTA el pensament computacional es defineix de la següent manera. (CSTA, & ISTE, 2011a).

**Pensament computacional:** és un procés per a la solució de problemes que inclou (però no està limitat a) les següents característiques:

- Formular problemes d'una manera que ens permeti utilitzar un agent computador (màquina o humà) o altres eines per a obtenir la/les solucions.
- Analitzar i organitzar lògicament les dades.
- Representar les dades utilitzant abstraccions ja sigui utilitzant el modelat (models matemàtics, físics,..) o la simulació.
- Automatitzar les solucions utilitzant el pensament algorítmic (una sèrie de passos ordenats).
- Analitzar i identificar possibles solucions amb l'objectiu d'obtenir la combinació de passos i recursos més eficient.
- Generalitzar i transferir aquest procés de solució de problemes a diferents tipus de problemes (diferent naturalesa).

El concepte de pensament computacional va lligat a les següents destreses:

- Seguretat en la gestió de la complexitat.
- Persistència durant el treball amb problemes complexos.
- Tolerància a la ambigüitat.
- La habilitat per a treballar amb problemes oberts.
- La habilitat per a treballar amb altres per arribar a l'obtenció d'una solució comú.

Podríem sintetitzar el pensament computacional com el procés de solució de problemes que inclou els següents **sub-processos**:

**-Adquisició de dades:** Procés amb el qual s'adquireix la informació.

**-L'abstracció:** Procés mental amb el qual reduïm la complexitat o simplifiquem la informació amb l'objectiu de representar o definir una idea o concepte principal.

**-La descomposició:** Procés mental amb el qual es divideix el problema original en una combinació de problemes simplificats.

**-L'anàlisi:** Procés mental amb el qual identifiquem patrons i trobem un sentit a les dades.

**-Representació:** Procés amb el qual organitzem les dades d'una forma visual amb l'ajut de gràfics, imatges, paraules...

**-Simulació:** Procés mitjançant el qual amb l'ajut de models representem el funcionament d'una variable o experimentem amb ella.

**-Raonament algorítmic:** Execució d'una sèrie de passos ordenats i preestablertes amb l'objectiu d'aconseguir alguna finalitat.

**-Automatització:** Procés amb el qual fem ús de la tecnologia per a la realització de tasques complexes o repetitives.

**-Paralelització:** Procés amb el qual organitzem els recursos per a la realització de tasques simultànies amb les quals aconseguim un objectiu comú.

Així doncs, podem dir amb certa cautela però amb el risc de mal interpretar l'essència del concepte de CT que tota metodologia dissenyada per a transferir un currículum treballant tots o la majoria dels processos descrits amb anterioritat és una metodologia que treballa el pensament computacional.

Alguns investigadors consideren que la ciència de la computació o la informàtica és -entre altres competències digitals- la disciplina més adequada per a treballar el pensament computacional perquè la majoria d'aquests processos mentals descrits amb anterioritat ja es troben adherits intrínsecament a la disciplina mateixa. Alguns autors com Nardelli, referencien el PC com aquell joc de destreses mentals i cognitives obtingudes en l'estudi i la pràctica de la ciència de la computació (Nardelli, 2019).

A països com Anglaterra, la ciència de la computació ja es treballa des de l'any 2015 per a les etapes KS3 i KS4 (dels 11 als 16 anys). Tot i això, el currículum no defineix el concepte de PC (Nardelli, 2019).

Un camí similar va seguir els Estats Units quan al 2016 es va aprovar una iniciativa educacional que integra la ciència de la computació des de pre-escolar fins batxiller (Nardelli, 2019).

Així doncs, la tendència internacional sembla indicar que els països avantguardistes en reforma educativa consideren la ciència de la computació com la disciplina científica a ensenyar per treballar la competència del pensament computacional. La ciència de la computació o informàtica, s'hauria d'explicar a les escoles sobre el substrat del pensament computacional la qual permetrà als alumnes entendre la naturalesa digital del món actual (Lodi, 2021).

#### **4 Desenvolupament de la proposta.**

Amb la intenció de proporcionar solidesa a la proposta s'ha confeccionat una petita enquesta la qual s'ha desplegat als alumnes de dos cicles superiors. Un curs de Batxiller i un curs d'un mòdul de Tècnic Superior en Radiologia de la FP respectivament. Ambdós impartits en dues escoles concertades diferents del municipi de Palma.

Si analitzem els resultats obtinguts de l'enquesta, la qual es pot consultar a l'Annex I, podem extreure una sèrie de conclusions interessants:

- La tecnologia i processos computacionals tenen poca presència dins les aules. (Pregunta 1,3,4)
- La majoria dels alumnes desconeixen el concepte de PC.(Pregunta 8)
- Els processos computacionals estan poc integrats dins la mentalitat de la majoria dels alumnes de cicles superiors a causa que no s'han treballat durant les etapes educatives prèvies. (Pregunta 2,3,4,5)
- La majoria dels alumnes consideren que s'infraprofita dins les aules el potencial de les eines tecnològiques com tablets o computadors els quals, si hi són presents, s'utilitzen principalment com a mitjans de consulta d'informació. (Pregunta 9)
- La majoria d'alumnes coneixen què és la programació però no saben programar. (Pregunta 5)
- Existeix un interès majoritari per treballar amb més profunditat matèries tecnològiques dins l'aula.(Pregunta 6,10)
- La majoria d'alumnes considera que la tecnologia hi és present a les pràctiques.(Pregunta 7)

Així doncs els resultats obtinguts semblen justificar el tercer objectiu d'aquest treball el qual consisteix en la necessitat de canvi educatiu encaminada a la



introducció el pensament computacional dins les aules i alhora la proposta per aconseguir-ho. Ara bé, cal tenir en compte que existeixen diferents aproximacions de com treballar el pensament computacional dins l'aula cadascuna amb les seves particularitats les quals poden entrar o no en conflicte amb el disseny del currículum educatiu actual i per tant necessitar de la seva renovació i/o actualització.

A continuació es presenten els diferents escenaris que s'han identificat que afavoreixen la proposta de com treballar el PC dins les aules:

#### **4.1 Treballar el pensament computacional utilitzant eines computacionals , plataformes online o aplicacions existents.**

Tot i que l'essència del pensament computacional de Jeannette Wing pretén que siguin els alumnes els que tinguin la capacitat de crear les aplicacions i els algorismes de processat que els permetin computar les solucions als seus problemes, aconseguir aquest objectiu sense una reforma important del currículum educatiu a on es flexibilitzi el mateix i a on es reforci considerablement la matèria de la ciència de la computació esdevé molt complicat o gairebé una utopia.

Així doncs una solució per a treballar el pensament computacional sense haver de modificar i reforçar el currículum amb una càrrega d'informàtica o programació important consisteix en utilitzar les eines computacionals que ja existeixen en el mercat i integrar-les de forma transversal amb les matèries les quals es vulguin treballar. D'aquesta manera podem aprofitar una gran quantitat d'aplicacions o plataformes virtuals existents a l'Internet -com els simuladors entre altres- per a treballar competències del pensament computacional sense la necessitat de conèixer conceptes avançats de la ciència de la computació com la programació. Aquest fet a més afavoreix el treball de matèries no tecnològiques. En l'Activitat

1 del punt 4.5 es presenta un exemple de com utilitzant un simulador de jardins de la casa comercial Gardena es poden treballar competències del PC en la matèria de Geologia i Biologia

Tot i això, i més enfocat als alumnes entre 6 i 15 anys ens trobem al mercat eines o plataformes virtuals desenvolupades expressament per a guiar els alumnes en el treball de competències del pensament matemàtic i computacional (MA-CO). Aquestes eines no solen treballar el pensament computacional des de la matèria de la ciència de la computació sinó que ho fan des d'una aproximació més atractiva per als més petits . Es plantegen situacions més properes a la realitat de l'alumne, problemes divertits en un entorn gràfic adaptat, allà on l'alumne haurà d'aplicar processos lògic-deductius per arribar a la solució. És el cas de la plataforma Progentis del grup Mentora-Progentis. Nombroses escoles en l'actualitat utilitzen aquesta plataforma online com a complement per aconseguir treballar des de casa o dins l'aula competències i processos del



Figura 4-Activitat exemple per al treball del pensament computacional de la plataforma comercial Progentis.

pensament matemàtic i computacional, entre altres, des de un punt de vista aliè a la ciència de la computació.

Un altre exemple de plataforma online dissenyada per al treball del pensament computacional per a la etapa de primària però en aquest cas des de el punt de vista de la ciència de la computació o informàtica és la plataforma csunplugged disponible <https://www.csunplugged.org/>. Una plataforma creada per el grup de Ciències de la Computació del la Universitat de Canterbury de Nova Zelanda amb l'objectiu d'ensenyar als mes petits els conceptes bàsics de la ciència de la computació.

Una plataforma que segueix la filosofia d'ensenyar als més petits els conceptes fonamentals de la ciència de la computació o informàtica sense cap suport computacional com ordinador o tablet i que té l'objectiu d'ensenyar les bases dels processos computacionals que existeixen al darrera de la ciència de la computació o informàtica. Amb l'ajut de la programació treballada en etapes posteriors el alumnes adquiriran la capacitat de transcriure problemes del món real al món digital, una capacitat necessària per aconseguir que un computador ens ajudi en el procés de solució de problemes (interpretació de PC de Wing).

## Binary Candles or Normal Candles on your Cake

**Literacy: Writing**


On a birthday cake we often use one candle for each year of age.

But since each candle can be either lit or not lit, we could use them to show a binary representation of your age. For example, 14 years old is 11110 in binary, so you could represent it with four candles.

Persuade people to start using binary candles on their birthday cake.

- What are the advantages of using binary candles?
- Why do binary candles get better when you get older?
- Are there any disadvantages of using binary candles and how would you overcome them?

(By the way, the traditional system is called unary, or base one. Each candle is worth one times as much as the previous one!)



**Heads up!**  
To do this activity it's expected you understand the content covered in the following:

- **Binary numbers:** How binary digits work (8 to 10)

Figura 6. Exemple d'aplicació del concepte de nombre binari en la vida quotidiana de l'alumne

# Computer Science without a computer

CS Unplugged is a collection of free teaching material that teaches Computer Science through engaging games and puzzles that use cards, string, crayons and lots of running around.

New online course for educators available - [Click here to learn more](#)



What is Computer Science?



How do I teach CS Unplugged?

For educators

Topics

At home

Activities

For students

Plugging it in


[www.csunplugged.org/en/how-do-i-teach-cs-unplugged/](http://www.csunplugged.org/en/how-do-i-teach-cs-unplugged/)

## Topics

Open a topic to see all related unit plans, lessons, curriculum integrations, and programming challenges.


**Binary numbers**

Ages 5 to 10  
6 lessons  
7 curriculum integrations  
23 programming challenges




**Data structures for searching**

Ages 11 to 14  
1 lesson




**Error detection and correction**

Ages 5 to 10  
3 lessons  
5 curriculum integrations  
24 programming challenges




**Image Representation**

Ages 5 to 10  
1 lesson



**Kidbots**

Ages 5 to 10  
4 lessons  
4 curriculum integrations  
50 programming challenges



**Searching algorithms**

Ages 5 to 10  
6 lessons  
4 curriculum integrations




Figura 5. Portal de la Plataforma online csunplugged

## **4.2 Treballar el pensament computacional desenvolupant eines computacionals a partir d'entorns de programació adaptats.**

Més en línia amb el PC de Jeannete Wing existeix la possibilitat de treballar el PC utilitzant eines de la ciència de la computació que s'han adaptat gràficament –anomenats entorns de programació d'alt nivell- les quals permeten aconseguir un aprenentatge més ràpid i intuïtiu dels conceptes bàsics de la mateixa com son l'algorítmica i la programació.

És molt important que els professors comencin a aprendre a adaptar els seus currículums per poder treballar també les destreses computacionals de manera transversal. Per aquest motiu s'han dissenyat algunes activitats exemple.

En les activitats 2 i 3 del punt 4.5 es presenten dos exemples. El primer d'ells, dissenyat dins la matèria de Tecnologia de 4rt d' Eso utilitza el llenguatge d'alt nivell anomenat Crumble per a programar un robot seguidor de línies per a que aconseguixi una determinada finalitat. El segon, en la matèria d'Educació Física de 1r fins a 4rt ESO, utilitza un motor de programació de videojocs d'alt nivell anomenat Scratch, per aconseguir la simulació d'una jugada de Basket, que es practicarà en hores lectives.

## **4.3 Treballar el pensament computacional desenvolupant eines computacionals a partir d' entorns de programació no adaptats. (programació de baix nivell)**

L'essència del PC de Jeannete Wing pretén aconseguir l'ambiciós objectiu consistent en que els alumnes desenvolupin la capacitat de replantejar els problemes de forma que aquests siguin processables per un computador. En aquest escenari, entra en joc la capacitat de cadascun per  **sintetitzar i transcriure els problemes**  del món real al món digital -en altres paraules,

**programar-** i la capacitat de desenvolupament de les eines computacionals necessàries per aconseguir tal finalitat. És evident que aquest ambiciós objectiu no es pot aconseguir sense un important reforç en recursos tecnològics de les escoles lligats de la mà d'una important reforma curricular en matèria tecnològica. Una suposada reforma del currículum educatiu que integri transversalment el PC en totes les disciplines o que estableixi la matèria de la ciència de la computació al mateix nivell que altres disciplines com les matemàtiques, les ciències o la llengua present en totes les diferents etapes educatives com l'educació primària, secundària o Batxiller.

Tot i que en alguns països com Anglaterra les reformes educatives semblen anar encaminades en aquesta direcció, al nostre país aquest escenari encara no és compatible amb el marc educatiu vigent. Per tant, aquest treball no s'endinsa dins aquesta complexa dimensió del PC, i per tant no es proporcionen exemples educatius d'activitats en el marc de la programació i algorítmica de baix nivell aplicables al nostre marc educatiu actual.

#### **4.4 Treballar el pensament computacional sense l'ús d'eines computacionals.**

Tot i que la ciència de la computació o la robòtica son les disciplines més adequades per a treballar el pensament computacional no tots els centres disposen de recursos tecnològics suficients per aconseguir aquesta finalitat. Afortunadament el PC també es pot treballar dins l'aula sense haver de recórrer a aquestes disciplines (recordem la propietat d'universalitat que enrevolta al concepte de pensament computacional i al fet que la definició del PC de Wing fa referència a que l'element computador de la solució pot ser màquina però també **humà**). Aquesta definició valida la possibilitat de treballar el PC sense l'ús de computadores artificials, utilitzant només el cervell humà com a computador natural.

En aquest cas però el preu a pagar és un esforç addicional per part del professor en el correcte disseny de les activitats. En aquest escenari el disseny de les activitats i la metodologia utilitzada es converteixen en un factor clau que marcarà la diferència entre l'èxit o el fracàs. Les activitats s'hauran de dissenyar de manera que els alumnes treballin en algun moment cadascuna -o una majoria- de les destreses del pensament computacional definides en el punt 3.1.2. En cas contrari, les activitats deixaran de poder-se considerar com activitats que treballen el PC en totes les seves destreses, tal com passa amb moltes activitats STEM, les quals treballen profundament alguns conceptes o destreses tecnològiques però la majoria no compleixen amb tot el ventall de destreses requerides per el PC.

## 4.5 Activitats exemple.

### 4.5.1 Exemple per treballar el pensament computacional utilitzant eines computacionals existents. (Context disciplinar no tecnològic. Biologia i Geologia, 1r ESO)

**Activitat 1:** Disseny d'un jardí.

**Destreses computacionals treballades:** Abstracció, descomposició, anàlisi, representació, seqüenciació, raonament algorítmic (optimització del jardí), automatització (no pràctica) (disseny sistema de reg automàtic).

**Requisits tecnològics:** Programa de disseny de jardins myGarden de la casa comercial Gardena disponible a <https://my-garden.gardena.com/es#>

**Nivell recomanat:** 1r ESO

**Descripció de l'exemple:** Partint d'una plataforma comercial de disseny de jardins de la casa Gardena es realitza el disseny d'un jardí . Es seleccionen els seus components vegetals tenint en compte una sèrie de directrius que s'han de complir:

- La terrassa de la casa ha de tenir sol a l'hivern i ombra a l'estiu
- No hi pot haver arbres caducifolis vora la piscina. (les fulles embossen els skimmers).
- No hi pot haver arbres que facin ombra a la piscina.(és mes agradable nedar amb sol).
- No hi pot haver pins vora de la casa ni de la piscina. (les arrels aixequen el terra i espenyen la piscina).
- A l'hort hi ha d'haver espècies de plantes que proporcionin fruits comestibles.
- Seleccionar la ubicació de l'hort de forma que estigui protegit del fred. (les espècies de l'hort son sensibles al fred i es recomana que estiguin al sud, protegides per la casa).



- No hi pot haver arbres que facin ombra a l'hort. (sense sol les plantes no creixen perquè no realitzen bé la fotosíntesi).*
- No es pot posar reg automàtic a espècies que no necessiten reg com els cactus. (les arrels es podreixen i es moren).*
- Les espècies que necessiten molta humitat com el bambú, han de tenir reg instal·lat o ésser sembrades vora l'estany. (Necessiten tenir sempre la terra humida).*
- S'han d'instal·lar al manco 5 espècies diferents d'arbre i 3 d'arbusts al jardí i 2 tipus de verdures/fruïtes i una de tuberculs a l'hort.*
- Perimetralment a la parcel·la, s'ha d'instal·lar una paret vegetal que sigui perenne i es pugui podar quedant aquesta una paret molt tupida que doni intimitat a la casa.*

### **Desenvolupament de l'activitat:**

*L'activitat es dissenya per a ésser impartida en la matèria de Biologia i Geologia de 1r ESO i consta de diferents nivells de concreció:*

**Primer nivell de concreció :** *Explicació de l'entorn myGarden de Gardena i elaboració de la plantilla de treball amb els elements immobles (Casa, caminals, terrasses, piscina...).*

*Els alumnes es familiaritzaran amb l'entorn de disseny myGardena i podran adaptar al seu gust la plantilla proporcionada per defecte però sempre hauran de respectar la disposició original dels elements immobles com la casa, piscina, terrasses i els caminals.*



Figura 7. Exemple d'una plantilla amb els elements immobles i sense cap element vegetal.

L'entorn de disseny és molt senzill i intuïtiu. Està format per una barra d'elements ubicada a la zona esquerra de la pantalla d'allà a on es poden seleccionar i arrossegar cap a la zona de disseny, localitzada a la zona dreta.

En aquest nivell els alumnes aprendran a que qualsevol entorn ja sigui una casa o un jardí es pot **simular computacionalment** amb un software (**simulació**). En aquest cas particular realitzaran l'**abstracció** del concepte de disseny de jardí. Fruit d'aquesta abstracció, la complexa tasca que suposa a priori el disseny del jardí, queda simplificada a l'arrossegament d'elements vegetals d'una barra d'eines a un entorn de disseny seguint una sèrie de directrius predefinides. El fet de disposar d'una plantilla predefinida i no treballar sobre un entorn real suposa l'acceleració de l'activitat. En canvi, aquest fet també suposa deixar de treballar la destresa computacional de l'adquisició de dades la qual es podria haver treballat si els alumnes haguessin confeccionat la plantilla a partir d'un entorn real.

### **Segon nivell de concreció. Selecció del elements vegetals del jardí.**

En aquest nivell els alumnes hauran de realitzar la tasca d'**anàlisi** tant dels diferents tipus d'elements vegetals que disposa el programa com de cadascuna de les directrius que ha de complir el disseny. S'espera que l'alumne mitjançant processos mentals basats en l'**algorítmica** o la prova i l'error sigui capaç de **convergir iterativament** diferents seleccions d'elements vegetals que compleixen amb part de les directrius, i poc a poc anar perfeccionant-les fins **arribar a la solució final**, una selecció d'elements vegetals que compleix amb la totalitat d'aquestes directrius.

Aquests **processos mentals** hauran de treballar amb nombroses variables de forma simultània i provocaran que l'alumne s'hagi de plantejar la recerca de certa informació de la qual no disposa i que és imperativa per a l'obtenció d'una solució vàlida. En altres paraules, l'alumne haurà de **decomposar** el problema en elements més senzills i recercar cadascun d'aquests. Per exemple, el cas de la directriu que ens demana no tenir ombra sobre la terrassa a l'hivern i a tenir-hi ombra l'estiu condiciona directament a l'alumne a **decomposar** el problema en diferents parts. L'alumne haurà de demanar-se en primer lloc quin serà llavors l'orientació de la casa respecte els punts cardinals, quin tipus de fulla (perenne o caduca) de l'element vegetal serà el més adequat per a complir amb el requeriment, el nombre d'aquests a posar, l'alçada d'aquests elements respecte la seva distància a la terrassa, tenir en compte la variació de l'angle d'elevació solar entre estiu i hivern...i tot això sense incomplir cadascuna de les directives especificades a l'activitat.

Un cop feta l'elecció amb la incorporació de l'element vegetal seleccionat al plànol del jardí, l'alumne treballarà la **representació**.

El resultat d'aquesta part de l'activitat s'espera sigui un jardí amb una disposició d'elements vegetals que compleixi amb els requisits establerts. Una de les moltes solucions possibles es mostra a continuació.



Figura 8: Plantilla una vegada s'han representat els elements vegetals que compleixen els requeriments

### **Tercer nivell de concreció.**

En aquest nivell els alumnes hauran de concretar el sistema de reg autmàtic del jardí i hauran de **representar** les fases del mateix, el qual s'ha dissenyat en les anteriors parts. S'hauran d'incloure les ubicacions punts d'aigua temporitzats, la ubicació de la toma d'aigua principal i els tubs que els comuniquen segons les següents directives:

- Els elements vegetals de la mateixa espècie o que requereixin condicions d'humitat del terra similars, s'hauran d'agrupar dins la mateixa fase de reg (**identificació de patrons similars, anàlisi**).
- No es poden concatenar més de dos punts de reg dins la mateixa fase.
- Es poden incorporar tantes fases com siguin necessàries.
- S'hauran d'enumerar les fases i establir els temps de reg per cada dia de la setmana de cadascuna segons les necessitats d'humitat dels elements vegetals connectats a cada fase.

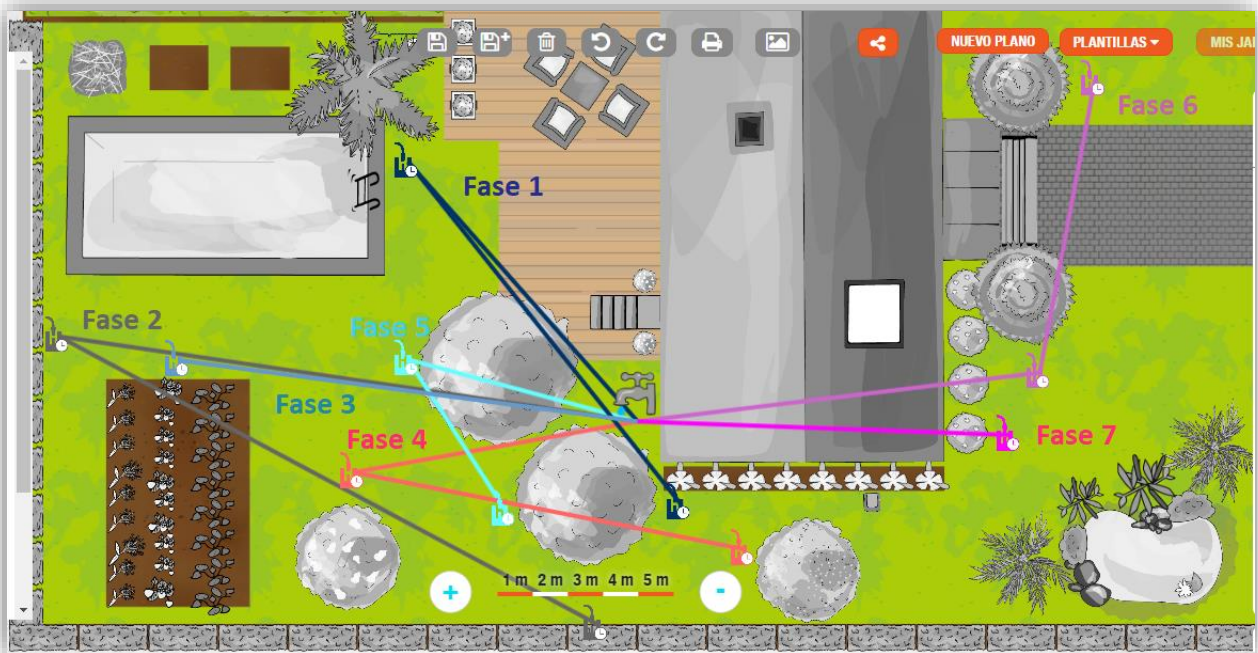


Figura 9. Plantilla del jardí amb les connexions de les fases de regiment.

De la mateixa manera que en les anteriors parts els alumnes hauran ara d'**analitzar** els requeriments de reg de cadascuna de les espècies vegetals que han incorporat al jardí, i agrupar en la mateixa fase aquelles espècies que requereixin condicions d'humitat similars. En cas de no conèixer aquests requeriments, s'hauran de recercar i justificar. S'espera que fruit d'aquest anàlisi els alumnes se n'adonin de les diferents necessitats de reg entre les estacions d'estiu i hivern i seleccionin el dies i temps de reg de manera adient. En aquestes sessions els alumnes exercitaran les destreses computacionals de **la representació , la planificació i la automatització (només teòrica)**.

<i>Nombre de fase</i>	<i>Elements vegetals</i>	<i>Temps diari de reg (estiu/hivern)</i>	<i>Dies de la setmana (Estiu/hivern)</i>
1	<i>Palmera i tulipans</i>	<i>30 min/10 min</i>	<i>LXVD/MJ</i>
2	<i>Barrera vegetal de Boix</i>	<i>60 min/20min</i>	<i>LXVD/MJ</i>
3	<i>Hort (pastanaga/patata/fresa)</i>	<i>60 min/20 min</i>	<i>LXVD/MJ</i>
4	<i>Perera i cirerer</i>	<i>50 min/15 min</i>	<i>LXVD/MJ</i>
5	<i>Arbres caducifolis (Moreres bordes)</i>	<i>60 min/20 min</i>	<i>LXVD/MJ</i>
6	<i>Xiprers entrada</i>	<i>60 min/20 min</i>	<i>LXVD/MJ</i>
7	<i>Rosers</i>	<i>30 min/10 min</i>	<i>LXVD/MJ</i>

### **Conclusió a l'activitat:**

*Aquesta activitat demostra com es poden treballar a l'aula algunes destreses del pensament computacional sense haver de dependre de disciplines tecnològiques com la robòtica o la programació. Cal fer referència una altra vegada a la propietat multidisciplinarietat del PC i la universalitat dels seus processos.*

*En aquesta activitat s'han treballat els següents sub-processos del PC:*

**-Abstracció:** *Reduir la complexitat de l'acció i la simplifiquem.*

*Disseny d'un jardí=Organitzar elements vegetals al simulador seguint una sèrie de directrius pre-establertes.*

**-Descomposició:** *Dividim l'objectiu global amb una sèrie d'objectius específics.*

*No tenir ombra a la terrassa en hivern i tenir ombra en estiu= Sembrar arbres de fulla caduca+ sembrar-los en la orientació Sud de la terrassa +*

*alçada suficient per tapar el sol d'estiu+ distancia a la terrassa dependent de la seva alçada.*

**-Adquisició de dades:** *Adquisició de la plantilla de la casa a partir d'un cas real. (si aplica)*

**-Representació:** *Representació visual de la informació.*

- *Representació dels elements vegetals del jardí i els punts d'aigua.*
- *Representació de les dades adquirides de la casa en forma de plantilla (si aplica).*

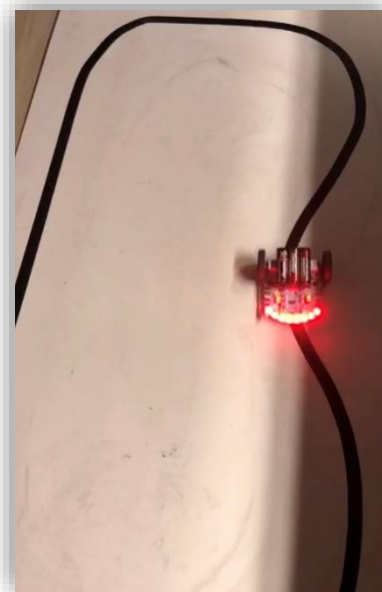
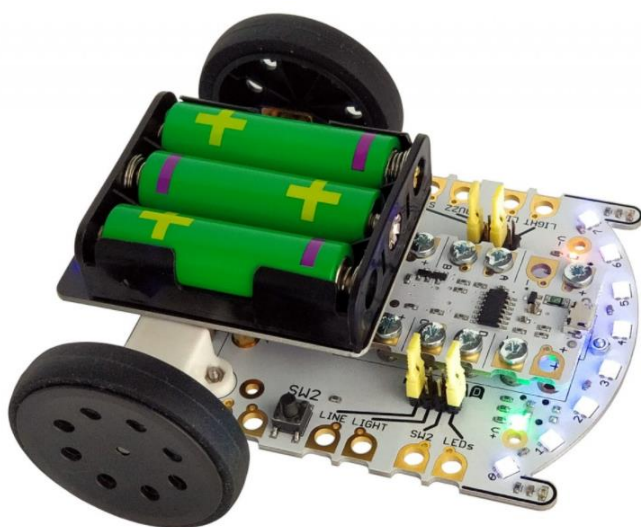
**-Automatització:** *S'haurà aconseguit amb l'ús de la tecnologia que un dispositiu de reg realitzi una acció de forma autònoma i repetitiva.*

#### **4.5.2 Activitat exemple per treballar el pensament computacional desenvolupant eines computacionals a partir d'entorns de programació adaptats. (Context disciplinar tecnològic, Tecnologia 4rt ESO)**

**Activitat 2:** *Programació d'un robot seguidor de línies per aconseguir una determinada finalitat.*

**Destreses computacionals treballades:** Abstracció, descomposició, anàlisi, representació, raonament algorítmic, seqüenciació i automatització.

**Requisits tecnològics:** Kit robot complubot, un pc amb l'entorn de programació Crumble instal·lat, tauler conglomerat de 1mx1m, pintura blanca i cinta adhesiva negra.



*Figura 10. Imatge del prototip de robot seguidor de línies i del circuit.*

**Nivell recomanat:** 4rt ESO Tecnologia endavant.

**Descripció de l'activitat:** Partint d'una plataforma educativa comercial com el kit Complubot es sintetitza aquesta activitat exemple que pretén treballar diferents punts del pensament computacional.

L'activitat consisteix en la programació d'un robot amb el **programa crumble** amb l'objectiu d'aconseguir que el robot sigui capaç de seguir una línia negra dibuixada sobre un fons blanc sense que aquest es surti de la línia.

Aquesta és compatible per a ser impartida en grups, de forma individual i amb una metodologia orientada a projectes, en funció dels recursos econòmics i del nombre d'unitats del kit que disposi l'escola.



### **Desenvolupament de l'activitat:**

L'activitat es dissenya per a ésser impartida en la matèria de Tecnologia de 4rt ESO i es divideix en diferents nivells de concreció.

#### **Primer nivell.:** Elaboració del circuit.

En aquest primer nivell de concreció s'introduirà la finalitat de l'activitat i es l'elaboració del circuit. Els alumnes han d'imaginar i representar damunt una pista de tauler contraxapat el circuit el qual ha de ser seguit per el robot. Hauran d'imaginar, simplificar i sintetitzar físicament un circuit d'entre totes les possibles combinacions (**Abstracció**) per a que sigui fàcilment identificable pel robot. Això implica que els alumnes hauran d'analitzar si una corba massa tancada és adequada o no per el robot i més encara analitzar si la velocitat del robot pot tenir algun efecte positiu o negatiu, a banda d'identificar els colors tant de la línia com del fons del circuit que optimitzen el funcionament dels sensors òptics del robot. (**Anàlisi**). En base a les conclusions anteriors els alumnes hauran de representar el circuit (**Representació**) de forma òptima per a que el robot sigui capaç de seguir la línia negra sense problemes.

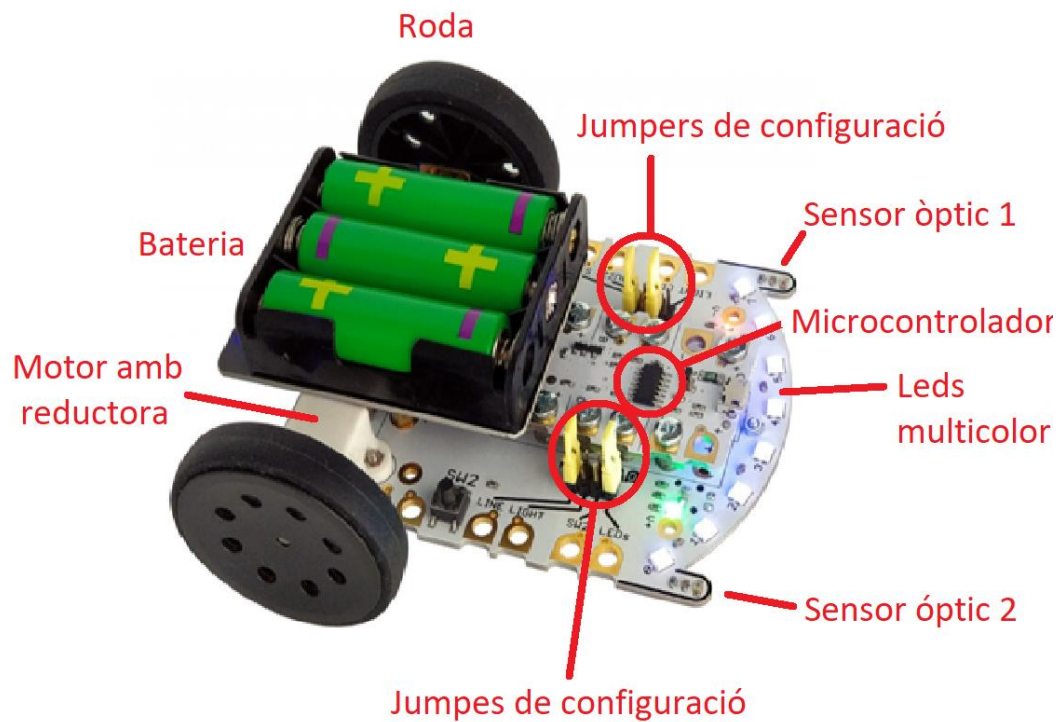
#### **Segon nivell de concreció:** Explicació de les parts del robot.

En aquest segon nivell es mostra als alumnes l'estructura interna del robot i les seves diferents parts: sensors de llum o fototransistors, motors, buzzer, jumpers, microcontrolador de control,... S'espera que els alumnes facin un exercici de comprensió de cadascunes de les diferents parts del robot. Es pretén crear un entorn allà on un dispositiu complex es divideix en parts més senzilles (**Decomposició**) de forma que si es compren el funcionament individual de cadascunes de les parts, s'entendrà l'estructura total del robot una vegada

aquestes

s'integrin

conjuntament.



*Figura 11-Descripció de les parts del robot.*

De forma addicional s'explicarà la configuració dels jumpers del robot els quals permeten habilitar cadascuna de les seves parts independents i s'han de configurar en funció de la tasca que es desitja fer (habilitar sensors, buzzer, LED's o sparkles...). Un procés que es resumeix en el següent requadre.

Utilitzant els jumpers configurem la funció de la entrada o la sortida en els pins A/B/C/D. Per configurar el robot per al seguiment d'una línia hem de configurar A i C com a entrada de senyal que prové del sensor de llum que detecta la línia. Per aquest motiu, posem un jumper al pont LINE de la entrada A, i un altre pont a la entrada LINE de la entrada C. Si volem utilitzar els Sparkles (leds davanters), s'ha d'instal·lar també un pont entre la sortida D y el pin LEDS). Si volem utilitzar el Buzzer, cal instal·lar el jumper al pont BUZZ de la entrada/sortida B.

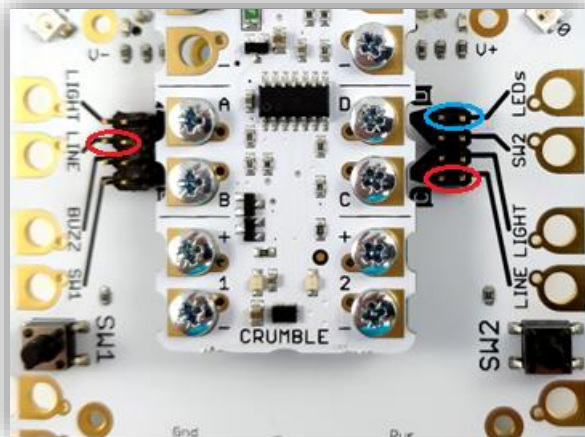


Figura 12: Detall jumpers i entrades/sortides

**Tercer nivell de concreció:** Introducció a l'entorn del programació Crumble i primers exemples de programació del robot (I).

En aquest tercer nivell els alumnes es familiaritzaran amb l'entorn de programació Crumble i aprendran les comandes del llenguatge de programació d'alt nivell necessàries per programar el robot. Entre elles trobam comandes per llegir l'estat del sensor òptic tant dret com esquerra, comandes per ordenar el moviment del motor en sentit horari i antihorari i a un determinat percentatge de velocitat, comandes que permeten la realització de bucles i comandes que ens permeten realitzar comparacions. En aquest nivell es pretén que els alumnes facin un exercici de **seqüenciació i raonament algorítmic** i siguin capaços d'escriure una sèrie de comandes ordenades seqüencialment (programa) el qual amb la seva execució es permeti assolir l'objectiu esmentat el qual consisteix en que el robot segueixi la línia correctament de forma indefinida.

S'explicarà l'entorn de programació crumble el qual permet d'una forma molt senzilla, la configuració d'un programa mitjançant l'arrossegament amb el punter del ratolí una sèrie de comandes de la part esquerra (barra de comandes) a la part dreta (àrea de programa).

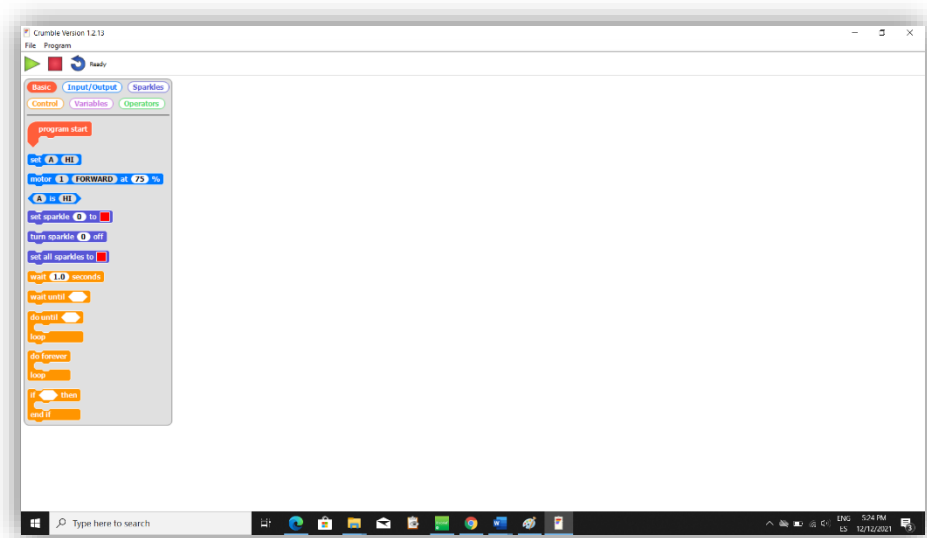
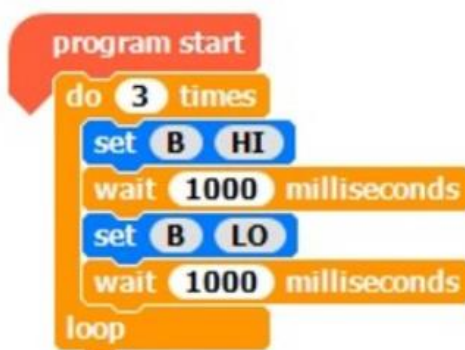


Figura 13 Detall de l'entorn programació.

Es recomana començar amb un programa molt senzill per exemple el següent el qual fa sonar el buzzer del robot 3 vegades amb una durada d'1 segon entre cadascuna d'elles, i que els alumnes amb l'ajut del professor estudiïn pas a pas cadascuna de les comandes del programa per a la correcta interpretació de la seqüenciació de les comandes.



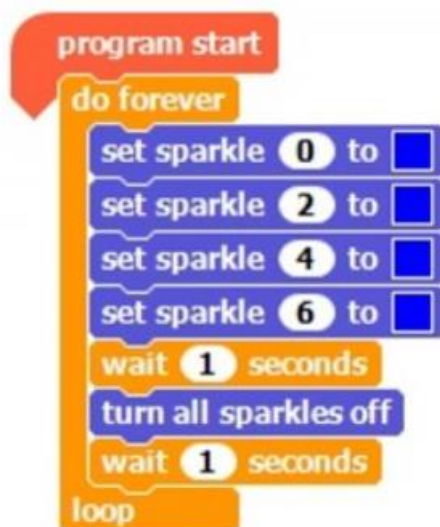
Un cop explicat el programa es programarà el robot amb el programa estudiat com a demostració del seu funcionament.

**Quart nivell de concreció:** Introducció a la programació del robot (II).

En aquest nivell els alumnes profunditzen en la complexitat de la programació i hauran de realitzar dos exercicis. El primer exercici consistirà en programar el robot per a que avanci en línia recta tres segons amb els motors al 75% i llavors pari.



El segon exercici consisteix en programar el robot perquè de forma indefinida encengui en color blau els led 0,2,4 i 6, esperi un segon amb els leds encesos, els apagui, esperi un segon i torni a començar.



Ambdós exercicis es pot realitzar damunt la pantalla de l'ordinador o damunt paper en cas de no disposar dels mitjans tecnològics suficients, de forma individual o grupal. S'espera que els alumnes practiquin la destresa de compondre un programa senzill a on es treballin les destreses de la **seqüenciació i la algorítmica**. Ambdós programes es programaran en el robot per a observar el seu funcionament.

**Cinquè nivell de concreció.** Disseny del programa seguidor de línies.

En aquest darrer nivell s'espera que els alumnes treballin la destresa de **l'automatització** desenvolupant el programa que té la finalitat de realitzar el moviment d'un objecte mecànic amb una finalitat concreta que consisteix en el seguiment d'una línia negra per part del robot. Si la tasca es realitza en grups, el pensament del programa es pot realitzar de manera paral·lela entre tots els integrants del grup amb la intenció posterior de seleccionar el programa òptim de manera que estem treballant també la **paral·lelització**.

S'espera que els alumnes aprenguin la capacitat d'integrar les destreses treballades que els permetin confeccionar el programa següent el qual programa el robot per al seguiment de la línia.



### Conclusió a l'activitat:

En la deducció d'aquest programa els alumnes hauran treballat :

**-Abstracció:** Treballem l'abstracció quan reduïm la complexitat de l'acció i la simplifiquem.

Moviment del robot=Moviment dels motors.

Trepitja línia?=Lectura del sensors i comprovar si hi ha algun sensor activat.

**-Decomposició:** Treballem al decomposició quan dividim l'acció global amb una sèrie d'accions específiques.

Seguiment de línia= (Lectura dels sensors, determinació de quin sensor es troba activat, correcció de velocitat de gir en el motor adequat i tornada a començar).

**-Adquisició de dades:** Lectura dels sensors amb la instrucció adequada.

**-Seqüenciació i algorítmica:** Realització dels programes a on una sèrie de comandes i bucles correctament executats determina l'èxit de l'operació.

**-Representació:** Representació visual de la informació.

- Representació del programa de forma visual en l'entorn gràfic.
- Representació de l'estat d'activació del sensor mitjançant l'activació de tots es led d'un color verd o vermell.

Sensor esquerra activat: Leds en vermell

Sensor dret activat: Leds en verd

**-Automatització:** S'haurà aconseguit amb l'ús de la tecnologia que un dispositiu realitzi una acció de forma autònoma i repetitiva.

Aquest exemple teòric que s'ha explicat es va re formular en la pràctica en forma d'activitat dividida en diferents sessions i es va aplicar durant el període de pràctiques d'aquest Màster a l'escola Santa Magdalena Sofia de Palma. Malauradament els mitjans tecnològics eren limitats, només disposava dos kits educacionals de Complubot i un pc de la meva propietat, el desenvolupament del programa i la conseqüent programació del Robot s'havia d'explicar mitjançant la projecció en la pissarra. Tot i que el nombre de sessions va ser inferior al que hauria desitjat, el resultat de l'activitat va ser excepcional, amb un alt grau d'interès i entusiasme per part de l'alumnat. Al disposar de dues unitats programades i funcionals, vaig observar especial interès en els alumnes per fer competicions entre robots, una activitat que vaig veure que els motivava intrínsecament. Així doncs, la competició entre robots podria ser un altre manera de continuar amb la introducció del pensament computacionals en nivells posteriors.



**Activitat 3:** Simulació de l'estratègia d'una jugada de Basket amb el motor de videojocs Scratch.

**Destreses computacionals treballades:** Abstracció, descomposició, anàlisi, representació, seqüenciació, raonament algorítmic (optimització de la jugada), automatització(simulació).

**Requisits tecnològics:** Entorn bàsic de programació de videojocs Scratch. Disponible gratuïtament online. Un tablet per alumne o grups d'alumnes.

**Nivell recomanat:** 1r-4rt ESO.

**Descripció de l'activitat:** Partint d'una plataforma comercial de disseny de videojocs creada per el M.I.T anomenada Scratch, es planteja als alumnes la necessitat de simular l'estratègia d'una jugada de Basket que hauran de portar a terme en la pràctica a la pista. L'activitat es realitzarà en grups de dues persones. Aquesta és compatible per a ser impartida també de forma individual i amb una metodologia orientada a projectes en funció dels recursos econòmics i del nombre de tablets que disposi l'escola.

**Desenvolupament de l'activitat:**

L'activitat es dissenya per a ésser impartida en la matèria d'Educació Física especialment en aquells dies de pluja a on no es poden dur a terme les activitats programades per a l'exterior. Es divideix en diferents nivells de concrecció

**Primer nivell de concrecció:** Introducció del motor de videojocs Scratch.

En aquest primer nivell els alumnes es familiaritzaran amb l'entorn de programació Scratch. El professor els mostrarà el funcionament del senzill entorn de programació i s'explicaran les comandes bàsiques més importants per al compliment de l'activitat.

El motor de videojocs Scratch és una eina que utilitza un llenguatge de programació d'alt nivell basat en comandes i events que ens permeten controlar les accions dels personatges que es representen dins un entorn/escenari visual.

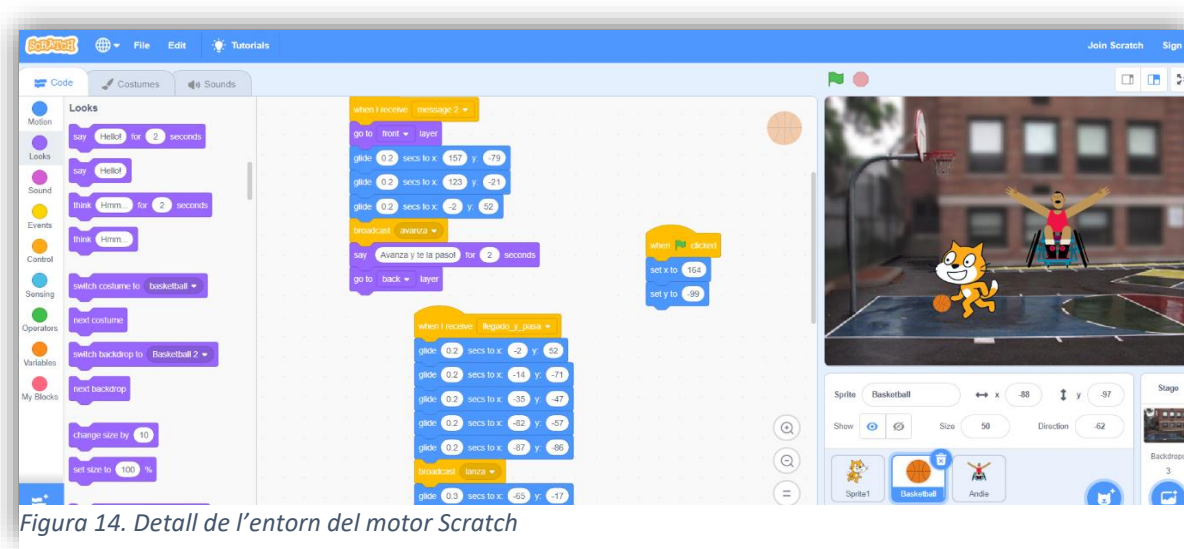


Figura 14. Detall de l'entorn del motor Scratch

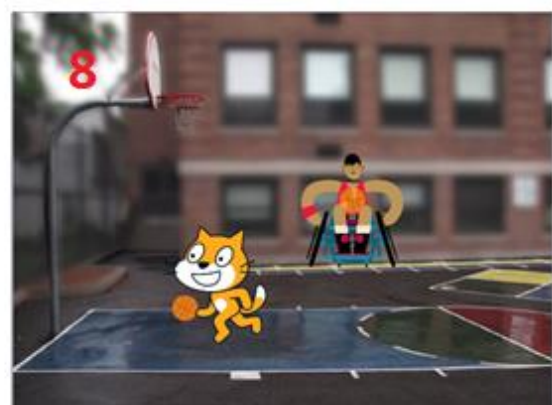
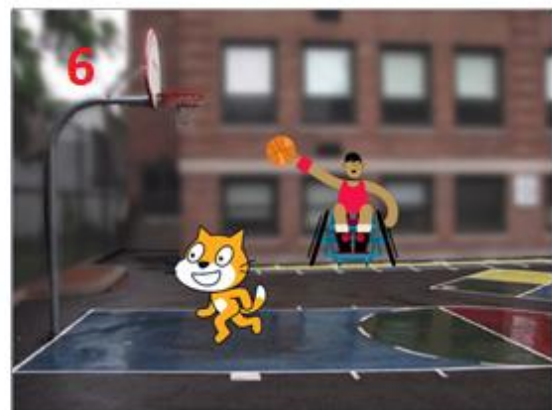
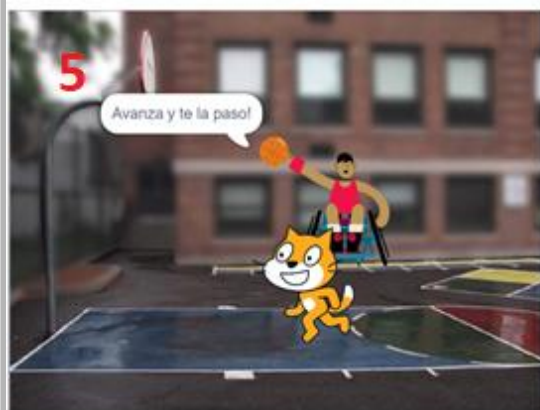
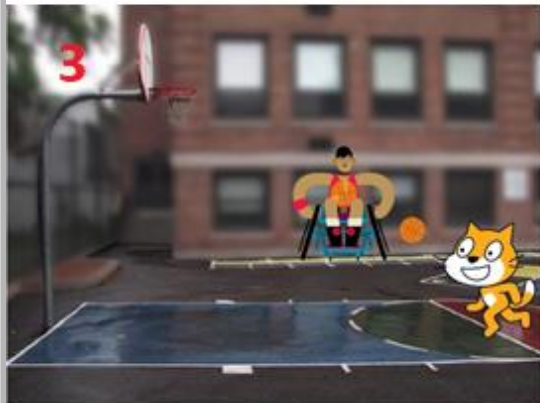
L'entorn de programació es divideix en tres zones. Una barra esquerra de comandes on hi trobem comandes de control de moviment, d'apariència, de sò, d'events, de detecció, d'operadors i de variables. Una zona central de programació, allà on s'arrosseguen les comandes i es confecciona el programa. Finalment, una banda dreta observem l'escenari allà on transcorre l'acció programada. Un botó en forma de bandera verda posarà en marxa l'execució seqüencial dels events programats i un botó en forma d'Estop l'atura.

Durant aquest primer nivell s'espera que els alumnes comencin a practicar la **seqüenciació** de les tasques i la **representació** de les accions programades fruit de la seva execució per el processador.

**Segon nivell de concreció:** Simulació de l'estratègia de la jugada de Basket.

En aquest segon nivell s'espera que els alumnes ja hagin desenvolupat l'autonomia per seqüenciar comandes d'accions individuals les quals reproduïdes de forma seqüencial poden representar una acció continuada en el temps, en aquest cas una **simulació** d'una jugada de Basket. (una assistència) S'espera que els alumnes facin un **exercici d'abstracció i d'anàlisi i descomposició** per determinar quines són les accions individuals que han de **seqüenciar** i **programar** amb la finalitat de **representar** visualment l'acció global de l'assistència.

En aquest exemple es mostra com s'ha **programat** una jugada que consisteix en una assistència a un jugador per aconseguir l'encistellament de la pilota. A continuació es mostra una selecció mostrejada de fotogrames de la seqüència completa:

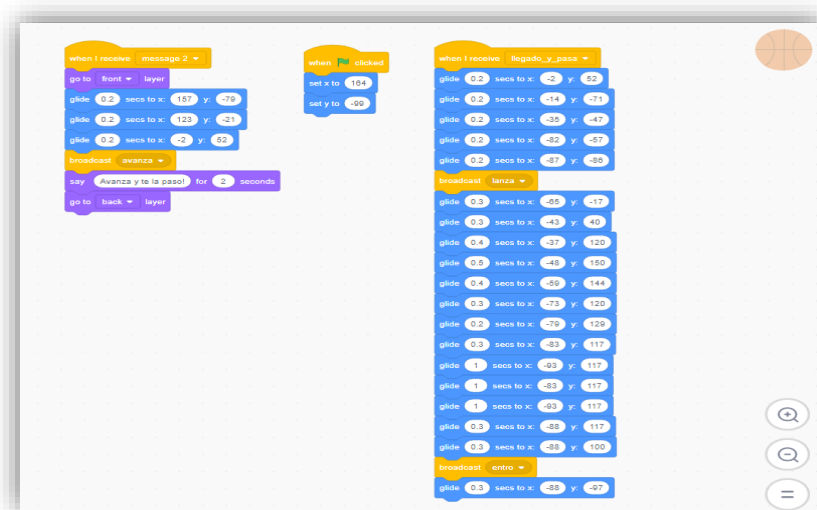




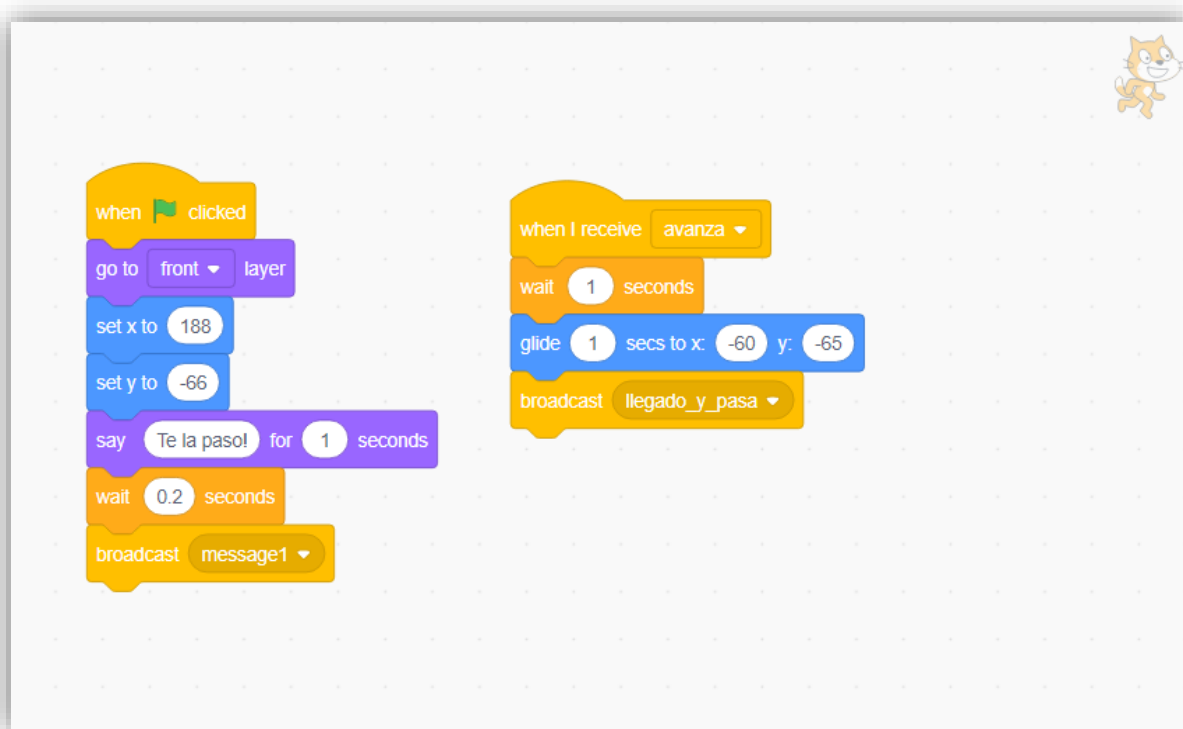
*Figura 15. Seqüència de fotogrames de la representació de la jugada de Baquet.*

A continuació es mostra el codi que s'ha programat per aconseguir l'execució de la seqüència anterior:

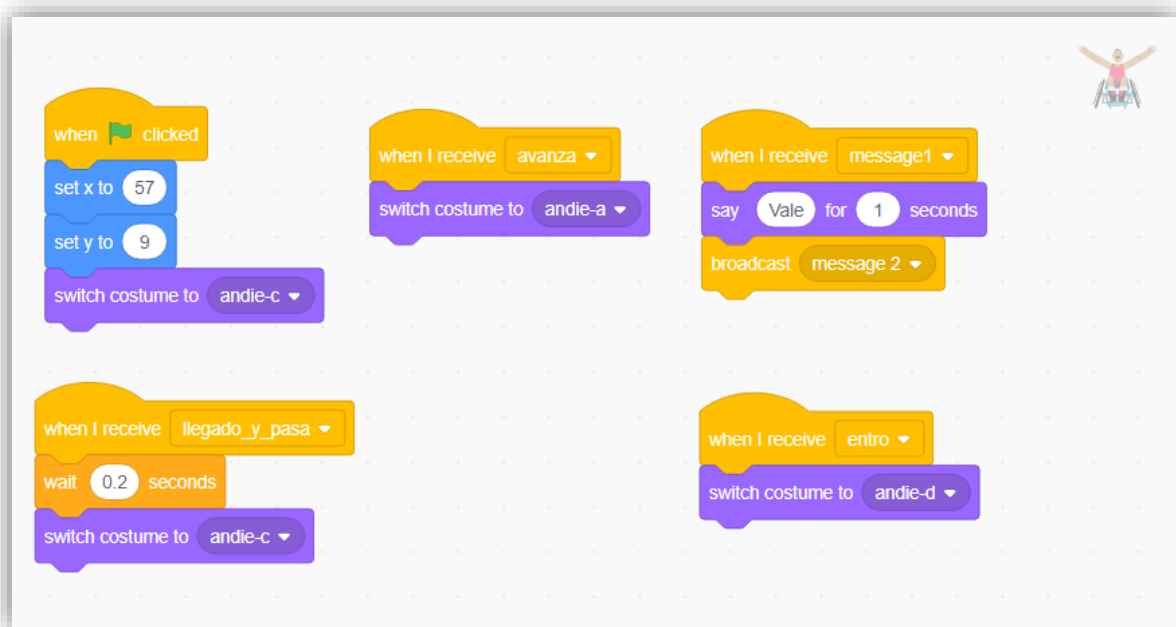
## Programació de l'element Pilota



## Programació de l'element Moix:



## Programació de l'element Andie:



### Conclusió a l'activitat:

En aquest exemple s'ha representat l'estratègia d'una jugada de Basket mitjançant el treball de competències del PC. Aquesta activitat pretén mostrar com es pot treballar de forma transversal el PC en disciplines tan llunyanes del fet tecnològic com és l'Educació Física.

En el desenvolupament de l'activitat s'han treballat les següents destreses del PC:

**-Abstracció:** Treballem l'abstracció quan reduir la complexitat de l'acció i la simplifiquem.

Representació de la jugada=Seqüenciació d'accions visuals i individuals de cadascun dels participants en la jugada.

**-Anàlisi:** Treballem l'anàlisi en el moment en que identifiquem la funcionalitat de cadascuna de les comandes del llenguatge i associem la seva execució a un efecte.

**-Descomposició:** Treballem la descomposició quan dividim l'acció global amb una sèrie d'accions específiques.

La jugada d'assistència es divideix en: -El moix passa la pilota a Andie.

-El moix avança.

-Andie passa la pilota al moix.

-El moix encistella.

**-Adquisició de dades:** Treballem l'adquisició en el moment que seleccionem la plantilla gràfica que conformen l'escenari i cadascun dels elements participants (fons del pati amb cistella, gat, nen i pilota de basket) utilitzant les llibreries de gràfics predefinits al programa.

**-Representació:** Treballem la representació en el moment que posicionem cadascun dels elements en l'espai visual de l'entorn de programació o escenari.

**-Seqüenciació/ Raonament algorítmic:** Treballem la seqüenciació o el raonament algorítmic en el moment que decidim l'ordre de les comandes que s'han d'executar de manera independent i consecutiva per aconseguir la representació amb sentit de la acció global desitjada (representar una jugada d'assistència de Basket).

**-Paral·lelització.** La programació Scratch -a diferència amb la programació seqüencial de l'entorn Crumble de l'exemple 2- permet la programació de les accions de diversos personatges davant un determinat esdeveniment. Aquest fet representa una particularitat d'aquest llenguatge que permet la **paral·lelització** d'accions i per tant permet treballar aquest procés clau del PC.



### 4.5.3 Activitat per treballar el pensament computacional sense l'ús d'eines computacionals.

(Context disciplinar tecnològic. Tecnologia 4rt ESO)

**Activitat 4:** Deducció del component elèctric que causa la fallida d'un circuit sense utilitzar cap tipus d'instrument de mesura i només utilitzant processos lògics deductius.

**Destreses computacionals treballades:** Abstracció, descomposició, anàlisi, raonament algorítmic, seqüenciació.

**Requisits tecnològics:** Diagrama de blocs del circuit

**Nivell recomanat:** 4rt ESO Tecnologia endavant.

**Descripció de l'activitat:** Es parteix d'un diagrama de blocs que representa una petita part d'un equip mèdic format per tres components. Es coneix que un dels tres components és defectiu i impossibilita el funcionament del sistema. Els alumnes hauran de deduir d'una forma lògica una estratègia de diagnòstic que hauria permès localitzar el component defectiu en una situació real i sense l'ajut de cap mitjà tecnològic.

El professor presenta el següent diagrama de blocs d'un bus de comunicació format per dos links unidireccionals de fibra òptica que comuniquen els tres components, un equip mèdic TAC amb una interfície i un ordinador.

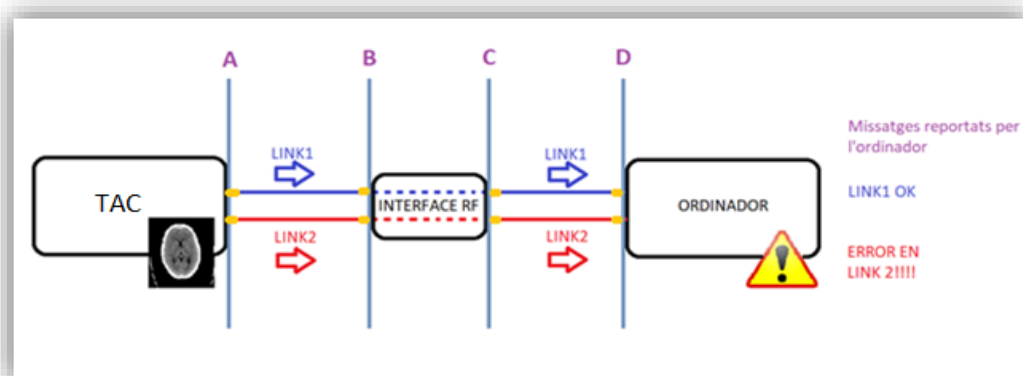


Figura 16. Diagrama de blocs del circuit proposat

L'ordinador sempre monitoritza l'estat d'ambdós links i enregistra un error en cas de que algun dels dos falli. En aquest cas particular detecta que el LINK2 (representat en vermell) està fallant a causa del problema existent en el mòdul INTERFACE RF. Sense utilitzar cap ajut extern i suposant que es sap que l'error és causat per l'Interface RF els alumnes hauran de deduir una estratègia lògica que hauria permès diagnosticar aquest component com a causa del problema en cas d'haver-ho desconegut. (La norma és que únicament es poden desconnectar i creuar cables entre links en les posicions ABCD, tantes vegades com es vulgui. No es pot realitzar cap altra acció diferent).

Un cop plantejat el problema s'espera que els alumnes facin un exercici d'**abstracció, anàlisi i descomposició** del problema i siguin capaços de plantejar el problema d'una manera més simple que pugui ser computada no per un ordinador en aquest cas sinó mitjançant processos mentals lògic-deductius. En aquest cas l'estratègia que s'espera assoleixin fruit de **l'abstracció, anàlisi i descomposició** del problema és la següent:

*Estratègia de diagnòstic a la qual es vol arribar*

**Component defectiu**=Component que queda després d'haver descartat tots els components que funcionen correctament.

**Per descartar un grup de components**= Creuar els cables a la seva entrada o sortida. Si l'error monitoritzat per l'ordinador canvia de link, l'error es troba localitzat aigües amunt del punt on s'ha realitzat el creuament. Si l'error monitoritzat per l'ordinador no canvia de link, l'error es troba localitzat aigües avall.

**Per descartar un component determinat**=Realitzar un **procés iteratiu** de creuament de cables - i observació de l'error a l'ordinador- en els diferents punts marcats ABCD, fins que s'hagi obtingut informació suficient per a descartar el component.

Un cop desxifrada l'estratègia a seguir, la localització del component que falla passa per seguir un **procés seqüencial i iteratiu (algorítmic)**, a on en cada iteració es descarta un o una part dels components, fins que es convergeix en una solució en la qual tots els components menys un s'han descartat.

Exemple:

De cara a poder explicar l'estratègia a seguir suposem que el component defectiu és l'RF Interface, però en una situació real no disposaríem d'aquesta informació. Quin procés iteratiu hauríem de seguir per a diagnosticar que aquest component presenta el problema?. Aquesta és l'estratègia a la que hem d'arribar.

**Primera iteració:** Creuar els cables dels links en el punt A i observar si canvia l'error enregistrat a ordinador. Observem que l'error no canvia, segueix en el link2.

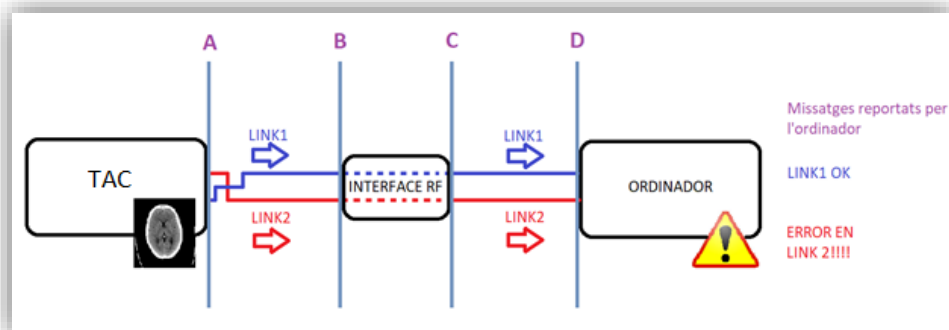


Figura 17- Representació del creuament de cables realitzat a la iteració 1.

**Part descartada en aquesta iteració:** El TAC

El link 2 segueix fallant però l'error ara no pot ser causat per el TAC perquè hem permutat els links en el punt A i l'error no ha canviat.

**Part no descartades en aquesta iteració:** Cablejat A-B-C-D, INTERFACE RF i ORDINADOR

**Segona iteració:** Revertim a la configuració original i creuem els cables del links en el punt C i observar si canvia l'error enregistrat a ordinador. Observem que l'error sí canvia de link, ara apareix error en el link1.

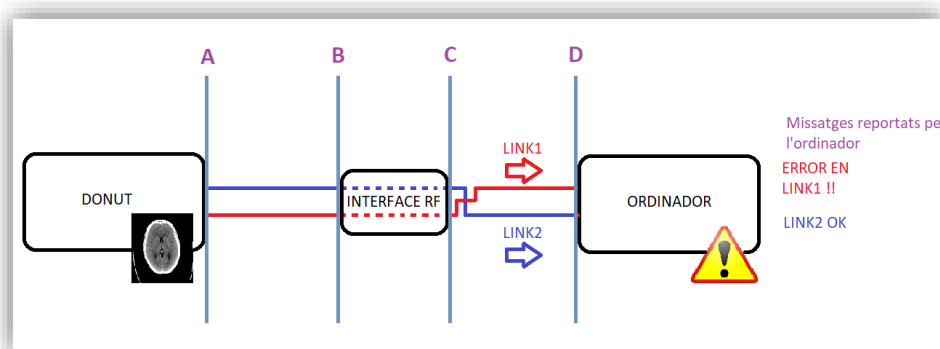


Figura 18- Representació del creuament de cables realitzat a la iteració 2.

**Parts descartades en aquesta iteració :** Tram de cablejat C-D i ordinador. El tram C-D i la boca de l'ordinador del link1 ara son part del link que està fallant. Però tenim la certesa de que aquest components no són la causa del problema perquè abans del canvi, en la iteració anterior funcionaven bé.

**Parts no descartades en aquesta iteració:** INTERFACE-RF , tram de cablejat A-B i TAC

**Parts descartades en iteracions anteriors:** TAC

**Tercera iteració:** Revertim a la configuració original i creuem els cables al punt B. Observem que l'error no canvia.

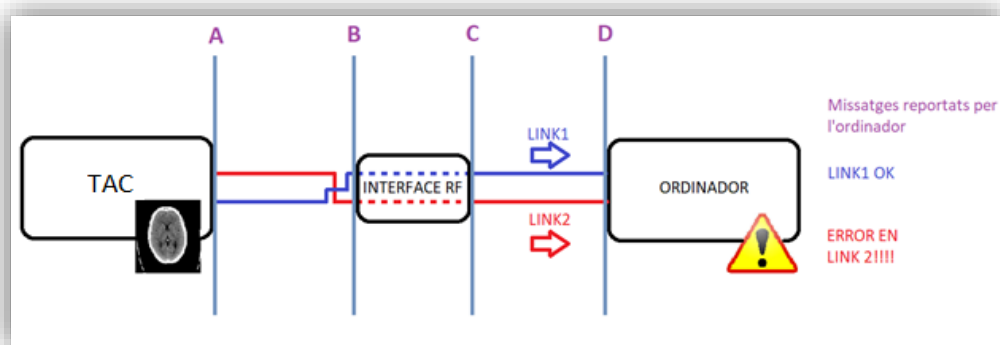


Figura 19- Representació del creuament de cables realitzat a la iteració 3.

**Parts descartades en aquesta prova:** Cablejat A-B i TAC

**Parts no descartades: en aquesta prova:** Interface Rf, Cablejat C-D i Ordinador.

**Parts descartades en iteracions anteriors:** TAC, Cablejat C-D i ordinador.

Amb aquestes tres iteracions ja hem pogut esbrinar que totes les parts manco l'Interface RF funcionen correctament, per tant, per eliminació el problema ha d'estar en aquesta peça Interface RF.

En el desenvolupament de l'activitat s'han treballat les següents destreses del PC:

**-Abstracció:** Treballem l'abstracció quan reduim la complexitat de l'acció i la simplifiquem.

En aquest cas fruit de l'abstracció s'arriba a la conclusió que trobar el component defectiu implica abans descartar tots els components que funcionen correctament.

**-Anàlisi:** Fruit de l'anàlisi arribem a la conclusió que es pot descartar un component creuant les seves entrades o sortides i observar com varia la detecció de l'error a l'ordinador.

**-Adquisició de dades:** Es realitza adquisició de dades o de nova informació cada vegada que iterem i observem si l'error detectat a l'ordinador canvia de link o no. Cada iteració ens aporta nova informació que ens permetrà concloure en un diagnòstic.

**-Seqüenciació/ Raonament algorítmic:** El raonament algorítmic o la seqüenciació ens ha permès adoptar la idea de per cada cicle de seqüenciació – per cada iteració- obtenim nova informació que ens permetrà descartar part dels components

**-Descomposició:** Treballem la descomposició quan dividim l'acció global amb una sèrie d'accions específiques. El raonament algorítmic el qual permet anar poc a poc descartant components a mesura que les iteracions avancen és un exemple de descomposició iterativa d'un problema global i complex en problemes individuals més senzills.

## **5. Discussió.**

El PC és un concepte molt difús en la seva definició. Alguns autors com Lodi (Lodi, 2021) coincideixen que el pensament computacional es troba sotmès a moltes interpretacions errònies que distorsionen la profunditat del concepte. En aquest apartat analitzem algunes possibles interpretacions del concepte que són font de discussió i controvèrsia:

A. El pensament computacional és el mateix que programar.

A causa que la disciplina d'informàtica o ciència de la computació és la disciplina normalment preferida per a treballar destreses i processos del pensament computacional sorgeix llavors el risc de considerar erròniament el pensament computacional com el fet de treballar exclusivament la programació o la informàtica.

És molt comú trobar aquesta confusió en la literatura quan en realitat, així com s'ha explicat en els punts anteriors, les interpretacions del PC tant de Papert com de Wing són molt més profundes i van molt més enllà que el detall tècnic de programar mateix.

Evidentment, la validesa de l'afirmació anterior dependrà en gran mesura del nombre de destreses i processos computacionals que es treballin a la disciplina d'informàtica i -en línia amb l'essència del treball de Papert- també del grau de

desenvolupament de les idees individuals concretades en l'entorn digital. Per tant, de forma anàloga, es pot donar el cas que es treballi la disciplina d'informàtica sense que es treballin moltes de les destreses i processos del pensament computacional.

Tot i la claredat en la distinció del paràgraf anterior, avui en dia es corre el risc de caure desintencionadament en aquest error quan s'intenta incorporar el pensament computacional a les escoles. Hem d'entendre que el pensament computacional no és fàcilment compatible amb un escenari d'educació tradicional excessivament transmissiva tant característica d'escoles conservadores i poc innovadores. Enlloc d'aconseguir l'objectiu d'invertir l'aprenentatge, els objectes computacionals (ordinadors, tablets) queden llavors integrats dins la pràctica *estàndard* i conservadora de l'escola tradicional i perden d'aquesta forma tot el seu potencial revolucionari. (Lodi, 2021).

#### B. El pensament computacional canvia la forma de pensar.

Altres interpretacions superficials del concepte, especialment quan parlem del pensament computacional de Papert, condueixen a afirmacions errònies molt presents entre la literatura com el fet de dir que *treballar la programació canvia la forma de pensar dels alumnes*. Estem davant d'un error d'interpretació de la essència del concepte. Segons Papert, el pensament computacional no canvia la forma de pensar, sinó que proporciona estratègies de pensament -probabilístic-, les quals -vaticina- es poden transferir de forma interdisciplinària. L'autor en el seu article anomenat "What's the big idea" (Papert S.,2000) fa especial referència a aquest desviament en la interpretació del concepte de pensament computacional.

Deixant de banda la dimensió de Papert, ens centrem en la dimensió més actual del pensament computacional representada per Wing. En la literatura sovint

trobem referències al fet que *pensar computacionalment consisteix en pensar tal com ho faria un científic de les ciències de la computació.* (Nardelli 2019). Tot i que la afirmació està molt estesa, aquesta afirmació pot induir a una mal interpretació. El PC no pretén canviar la forma de pensar de cadascú. No es considera llavors que la forma de pensar d'un científic computacional sigui millor o pitjor que la de qualsevol altra persona. El que la afirmació pretén reflectir és que la forma de pensar d'un científic computacional representa un nou paradigma mental de conceptes que ens proporcionen una visió complementària de la realitat.(Denning, Rosenbloom, 2009), la qual ens podrà ajudar a entendre i afrontar problemes des d'un nou punt de vista.

C. El pensament computacional només es pot aplicar en disciplines tecnològiques.

L'ISTE defineix al pensador computacional com aquell creador, dissenyador i desenvolupador de les eines tecnològiques i sistemes que estan contribuint avui en dia als grans avanços en el camp del **coneixement humà**. (ISTE\_CT\_Leadership\_Toolkit, 2011b). Així doncs seguint la definició de l'ISTE i en vista que el **coneixement humà és multidisciplinari** és evident que també ho serà el context d'aplicació del pensament computacional.

D'altra banda, l'ISTE especifica que l'objectiu dels professors ha de ser identificar el potencial del PC dintre de **totes les disciplines** i per tant s'han d'identificar formes que facilitin l'aprenentatge dins les mateixes, amb l'objectiu que els alumnes adquireixin destreses que els permetin la solució dels reptes actuals i futurs. (ISTE\_CT\_Leadership\_Toolkit, 2011b).

Queda clar doncs que segons un dels organismes pioners en la definició del PC, el context d'aplicació del PC és multidisciplinari i per tant es pot treballar – a les



escoles- transversalment a totes les matèries si es segueix una estratègia educativa adequada.

#### D. El pensament computacional no es pot treballar en cursos elementals.

A priori pot semblar evident que el treball dels processos computacionals requereix d'un cert grau de maduresa cognitiva i desenvolupament de destreses. Disciplines com la programació o la robòtica requereixen d'un alt desenvolupament de certes funcions cognitives com l'atenció, persistència, capacitat d'abstracció, planificació o paciència a la vegada que requereixen un determinat nivell tècnic, destreses que els alumnes dels nivells més elementals no han encara desenvolupat. A priori podríem pensar que aquesta discordança entre la maduresa cognitiva de l'alumne i l'exigència tècnica i cognitiva d'aquestes tasques podria conduir a la desmotivació i a la falta de compromís amb les mateixes per part del jove alumnat d'educació primària

Si ens centrem en la dimensió de CT més tradicional -construccionista- cal esmentar que s'ha realitzat certa recerca en aquest camp. Alguns treballs fruit d'aquesta (Bers, 2008) demostren resultats satisfactoris en la incorporació de la robòtica a cursos d'educació primària i infantil. Aquests semblen demostrar que alumnes tan joves fins quatre o sis anys poden construir i programar -dintre de les seves capacitats- simples projectes robòtics així com aprendre idees poderoses de l'enginyeria, tecnologia i programació mentre que a la vegada construeixen les seves destreses de pensament computacional.

Com a exemple, amb la incorporació d'un engranatge o pinyó als seus dissenys, els alumnes treballen el concepte matemàtic de relació o "ratio". Amb la

incorporació de sensors els alumnes treballen el concepte de feedback amb el món real. Amb la programació del moviment de totes aquestes parts mecàniques els alumnes experimenten el concepte de causa i efecte. Tot i que aquests conceptes s'estudiaran posteriorment en etapes més avançades d'una forma molt més abstracta les primeres connexions i estructures del coneixement amb els mateixos ja quedaran establertes (Bers, 2008).

Així doncs, les iniciatives en robòtica són una alternativa que ajuden als més petits a aprendre conceptes matemàtics i el mètode científic de la recerca. També permeten desenvolupar la fluïdesa tecnològica amb la introducció de l'enginyeria i la programació. (Bers, 2008).

Si ens centrem en la dimensió de CT més actual -l'establerta l'ISTE- observem també una tendència a introduir el pensament computacional en els primers cursos de primària. Però en aquest cas i en els nivells més elementals, els processos computacionals es treballen des d'un entorn més proper a la realitat de l'alumne i manco abstracta, un entorn aliè a la complexitat intrínseca de la programació o la robòtica. (ISTE\_CT\_Leadership\_Toolkit, 2011b p14). En aquests cas, els processos computacionals treballats mantenen encara tota l'essència, però s'han dissenyat en un context de proximitat i senzillesa que evita la necessitat de suport tecnològic complex a la vegada que permet que les tasques siguin fàcilment desenvolupables i assimilables per l'alumne. S'aposta per a que l'alumne sàpiga identificar, localitzar i utilitzar les aplicacions digitals que li permetran arribar a l'objectiu desitjat o a la solució del problema.

Però si ens centrem a la vertadera essència del concepte de PC de Wing esdevé llavors la necessitat que l'alumne ha de ser capaç de plantejar el problema d'una forma que aquest sigui computable i processable per un computador. Aquest fet implica que l'alumne ha de ser capaç de decomposar i sintetitzar el problema de forma que aquest, en part o en la seva totalitat, es pugui codificar en un llenguatge

de programació que pugui ser entès per un computador. Una situació que condiona a l'alumne conèixer conceptes avançats de la ciència de la computació, la informàtica i la programació. Resulta ben evident llavors, que per aconseguir arribar a aquest ambiciós objectiu del PC de Wing, s'ha de passar per una reforma del currículum educatiu d'educació primària i secundària a on serà necessari la introducció i el reforç de disciplines com la ciència de computació o la informàtica (programació).

Com a resposta a aquest ambiciós objectiu han sorgit algunes ambicioses iniciatives que intenten aplicar el PC en tota la seva essència i aposten per que els més petits comencin a treballar el pensament computacional utilitzant els conceptes que la ciència de la computació o informàtica. Així doncs en aquestes iniciatives trobem activitats que treballen conceptes tan característics de la ciència de la computació com són els nombres binaris, els algoritmes, l'ordenació de xarxes, mètodes de correcció d'errors o la representació d'imatge, entre altres. Cal esmentar que aquesta estratègia exigeix d'un especial i minuciós disseny quant a metodologia, flexibilitat del currículum educatiu i una adaptació de la complexitat de la tasca al nivell de desenvolupament cognitiu de l'alumnat.

Troblem un exemple al site <http://www.csunplugged.org/en/topics/> a on podem consultar un conjunt d'estratègies i exemples de com podem treballar a l'aula conceptes específics de la ciència de la computació d'una forma propera i atractiva per els alumnes de primària.

#### E. El PC afavoreix la transferència entre dominis disciplinars.

Molt s'ha debatut sobre la transferència interdisciplinària de destreses en els darrers anys i encara avui en dia, la transferència automàtica interdisciplinària constitueix un important focus de recerca i debat.

Un dels aspectes més interessants del treball de Papert és que, segons comenta l'autor al seu llibre "Mindstorms", el fet d'aprendre a programar pot reforçar la forma amb què els alumnes tenen d'aprendre altres disciplines. (Papert, 1980). En aquest context, l'autor es refereix al fet que programar, permet desenvolupar un alt grau de pensament probabilístic el qual pot afavorir l'aprenentatge en altres dominis on es treballin altres disciplines.

Altres autors reforçaren també la teoria que la programació facilita la transferència interdisciplinària. Minsky, en el seu article "Form and content in the Computer Science" (Minsky, 1970) assegurava que el concepte o idea de procediment -referint-se a algoritme- és transferible entre diferents dominis.

Però la recerca actual es mostra en canvi més escèptica. Alguns articles resultat de recerca moderna (Lewis, 2017) són molt crítics amb la idea de la transferència interdisciplinària de destreses. L'article argumenta amb referències a altres autors, la baixa probabilitat existent en la transferència interdisciplinària de destreses com la persistència o la tolerància a l'error, quan es treballa directament en el domini de la programació. (Lewis, 2017). Quant a la transferència de coneixement entre el domini computacional i el matemàtic, l'autora també es mostra molt escèptica i fa referència a altres autors argumentant que aquesta transferència entre dominis és improbable. Lewis, considera que enlloc de dir que programar transfereix coneixement al domini matemàtic, hauríem de dir que la programació té beneficis en l'aprenentatge del domini matemàtic quan aquesta s'hi integra. O en altres paraules, que tota aquella matemàtica que s'integra en el context de la programació, és transferible a un context no computacional. (Lewis, 2017). El motiu d'aquesta afirmació es

basa en que el fet de programar afegeix un factor de valor emocional, motivació i mediació.

Tot i el criticisme cap a la teoria construccionista de Papert, cal esmentar que Lewis en el seu article només parla de dos dels tres pilars de la teoria construccionista: parla de nens o joves, parla de la programació, però no parla d'idees. No queda clar en quin context (de motivació intrínseca) es treballaren aquestes ni en quina profunditat. Per aquest motiu tampoc es pot concloure si pot existir -o no- transferència interdisciplinària. Cal recordar que el context en el qual es desenvolupa la idea és un dels factors claus de l'èxit en la transferència de aprenentatge segons Papert

*[...] the problem of transfer: If you learn something in one context, can you use it in another? [...] The answer is simple: depends on what you actually learned. Of course the skill won't transfer if what you learned was a meaningless ritual [...]. But if you understood the principles, and if you have an attitude of self-confidence in trying and modifying, your old experience will let you find out quickly what to do in the new situation. Transfer is not something that happens to you. It's something you do.*

(Papert 1996, p. 125 )

Independentment de l'existència o no de transferència interdisciplinària quan es treballa el pensament computacional utilitzant la ciència de comptadors no es pot negar el que resulta obvi. El fet que mitjançant la programació podem simular (fer concret) diferents processos abstractes, converteix la programació en una eina amb un especial rol educatiu. (Lodi, 2021).

## **6. Conclusions.**

És responsabilitat del sistema educatiu d'avui saber preparar els futurs membres de la societat per afrontar els reptes de l'endemà. Entre aquests reptes, el fet tecnològic esdevindrà un dels més importants en els propers anys. No cal fer referència a cap article científic per adonar-se'n. Només cal aixecar la vista, observar el funcionament de la societat i analitzar les necessitats educatives demandades per els nostres alumnes (veure enquesta en l'Annex). La tecnologia hi és omnipresent dins la societat.

Els resultats de l'enquesta evidencien de manera molt clara la baixa qualificació dels nostres alumnes en processos científic-tecnològics, computacionals, la manca de tecnologia dins les aules i la demanda dels nostres alumnes de formació en matèries científic-tecnològiques. Aquests resultats justifiquen la necessitat de preparar els nostres alumnes en matèries tecnològiques i en el mètode científic gairebé des de ben petits amb la intenció de fer-los competents en aquelles destreses les quals es requeriran en la societat del futur. Un preparació que els ensenyarà a aprofitar al màxim els beneficis que els ofereix la ciència i la tecnologia en la solució de reptes o problemes personals i professionals.

Tot i que el pensament computacional és un concepte difús en la seva definició i presenta diferents interpretacions gairebé totes elles van encaminades cap al mateix objectiu: preparar a les noves generacions per a maximitzar el profit i aprenentatge obtingut de la tecnologia. El PC representa un recull de destreses i processos de pensament que són inherents al mètode científic -o en altres paraules- són processos que es troben interioritzats dins la mentalitat científica i tecnològica. La ciència de la computació o la informàtica conjuntament amb la robòtica, a causa de la seva naturalesa tecnològica són les disciplines que ens permeten treballar millor tots aquests processos del pensament computacional

dins l'aula. Tot i això, els processos del PC són multidisciplinaris i per tant existeixen alternatives que permeten treballar també aquests processos des de un punt de vista no tecnològic.

En general els grans canvis no són senzills i sovint es troben alentits per altres factors aliens que no els afavoreixen. La introducció del PC dins el sistema educatiu no n'és una excepció. En funció de la profunditat amb què es vulgui introduir el PC dins l'aula la conjuntura del sistema educatiu (Lleis d'educació en vigor) juntament amb l'estat tecnològic de la societat determinarà en gran mesura el seu èxit o el seu fracàs.

El marc educatiu establert per la LOMCE -a causa de la rigidesa del currículum educatiu- obliga en l'actualitat a treballar el PC des de un punt de vista més conservador i poc dinàmic la qual cosa dificulta la seva introducció i creixement dins les aules. Afortunadament existeixen estratègies educatives -tal com s'ha argumentat a l'apartat de Discussió- que ens permeten començar a treballar competències del PC d'una forma transversal a les matèries a la vegada que es respecta el compliment del rígid currículum educatiu que marca la Llei d'educació LOMCE. Aquestes estratègies educatives solen ajudar-se d'aplicacions ja desenvolupades per tercers com poden ser simuladors, plataformes online o entorns de programació molt adaptats els quals permeten aconseguir treballar processos del PC d'una manera ràpida i senzilla i sense un alt grau d'especialització tecnològica de l'alumnat. No obstant això, en casos molt particulars -i amb requeriment d'un major esforç en el disseny de la metodologia per part del professor- es poden treballar processos del PC sense recórrer a cap tipus de suport tecnològic i en diferents disciplines.

Però cal tenir present que per obtenir em màxim aprenentatge a partir del PC aquest s'ha de treballar dins les aules en tota la seva essència -fidels a la interpretació de Papert o Wing. Els alumnes hauran llavors de desenvolupar

destreses importants en la programació per saber transcriure els seus problemes o reptes personals del món real al món computacional, un fet que els permetrà treure profit del poder dels computadors per aconseguir les desitjades solucions.

Cal esmentar també que l'assoliment d'aquestes destreses computacionals requereix d'un alt nombre de recursos tecnològics, hores lectives de formació en ciència de la computació i el treball per projectes tecnològics en totes les etapes de l'educació sota un escenari purament competencial. Una metodologia educativa que pot entrar en conflicte amb la rigidesa del currículum educatiu i en alguns casos amb metodologies educatives clàssiques d'alguns centres educatius bassades en una excessiva transmissivitat conceptual i baix requeriment competencial. Existeix en aquests casos una incompatibilitat que s'haurà de solucionar. Sorgeix la necessitat d'una reforma curricular a on la programació i les matèries tecnològiques agafin més rellevància i s'entrellacin amb les existents. Reformes educatives realitzades recentment en països avantguardistes com Anglaterra, Països Baixos o els Estats Units semblen indicar que aquesta és l'estratègia elegida per els governs per a integrar el PC dins el sistema educatiu.

A Espanya la nova Llei d'Educació que entrarà en vigor al curs 2022 -2023 anomenada LOMLOE pretén aconseguir un canvi educatiu en consonància amb les reformes educatives realitzades en aquests països d'avantguarda. La reforma aposta per la incorporació d'un model curricular més dinàmic i flexible a la vegada que impulsa el protagonisme de competències molt en línia amb el concepte de PC com són la competència digital, la matemàtica o la científic-tecnològica en totes les etapes educatives des de primària fins a batxillerat. Dins el nou marc educatiu s'incorporen diverses noves matèries anomenades Tecnologia i Digitalització en l'etapa educació secundària i Tecnologia i Enginyeria I i II a l'etapa de batxillerat amb l'objectiu d'aconseguir que l'alumnat



en acabar ambdues etapes tingui la capacitat de desenvolupar aplicacions informàtiques que puguin solucionar problemes concrets o proporcionar solucions tecnològiques a reptes personals.

Així doncs, és molt possible que amb el nou escenari educatiu siguem testimonis en un futur no molt llunyà del sorgiment i l'aplicació pràctica de metodologies que tant de manera específica -en les matèries de Tecnologia- com de manera transversal -en la resta de matèries- integren processos del pensament computacional de manera més profunda en totes les etapes de l'educació, inclosa l'educació primària. La plataforma online csunplugged (<http://www.csunplugged.org/en/topics/>) és un ambiciós exemple d'una d'aquestes noves iniciatives la qual permet introduir i treballar conceptes de la ciència de la computació en l'etapa d'educació primària sense la necessitat de dependre de cap recurs tecnològic com ordinador o tablet.

Per finalitzar aquest treball fem com a docents una petita reflexió. Recordem que no existeix canvi sense voluntat ni esforç. Tot i que s'estan fent esforços considerables en aquesta direcció a tots els nivells dependrà en gran mesura de la voluntat de canvi, l'esperit de renovació del conjunt de tots els docents i dels recursos tecnològics disponibles aconseguir un sistema educatiu que integri exitosament el pensament computacional com una nova competència que presenti la mateixa rellevància que altres competències existents. Un esforç en favor de l'estatus tecnològic de la nostra futura societat. Assumim com a bons professionals -docents i tecnòlegs- aquest meravellós repte amb la millor de les il·lusions!

“Ubiquitous computing was yesterday’s dream that became today’s reality; computational thinking is tomorrow’s reality.”

“Computational thinking will be a fundamental skill used by everyone worldwide by the middle of the 21st Century”

Wing, Jeannette. (2006).

## 7. Referencies

Bers, M. U. (2008). *Blocks, robots and computers: Learning about technology in early childhood*. New York: Teacher’s College Press

Bers, M.U., Flannery, L.P., Kazakoff, E.R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Comput. Educ.*, 72, 145.

CSTA, & ISTE (2011a). Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education. <http://www.iste.org/docs/pdfs/Operational-Definition-of-Computational-Thinking.pdf>

CSTA, & ISTE (2011b). Computational Thinking in k-12 education. Leadership toolkit. [https://cdn.iste.org/www-root/2020-10/ISTE\\_CT\\_Leadership\\_Toolkit\\_booklet.pdf](https://cdn.iste.org/www-root/2020-10/ISTE_CT_Leadership_Toolkit_booklet.pdf)

Denning, P.J. and Rosenbloom (2009) , P.S. Computing: The fourth great domain of science. *Commun. ACM* 52, 9, 2729.

Lodi, M., Martini, S. Computational Thinking, Between Papert and Wing. *Sci & Educ* 30, 883–908 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5>

Minsky, M. (1970). Form and content in computer science (1970 ACM Turing lecture). *Journal of the ACM*, 17(2), 197–215.

Nardelli, E. (2019). Do we really need computational thinking? *Communications of the ACM*, 62(2), 32–35

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.

Papert, S. (1996). *The connected family: Bridging the digital generation gap*. Atlanta, GA: Long Street Press.

Papert, S. (2000). What's the big idea? Toward a pedagogy of idea power. *IBM Systems Journal*, 39(3&4), 720–729.

Wing, Jeannette. (2006). Computational thinking. *Commun. ACM*. 49. 33-35.

Resnick, M. (2014). Forward. In Y. B. Kafai & Q. Burke, *Connected code: Why children need to learn programming*. (pp. xi-xiii). MIT Press.

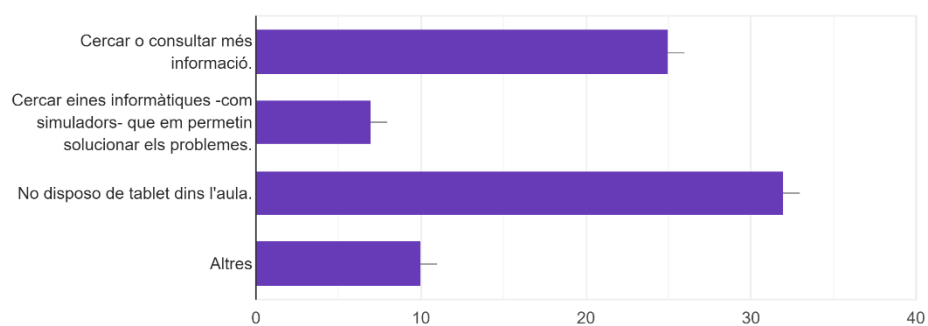
Zapata-Ros, M. (2020). El pensamiento computacional, una cuarta competencia clave planteada por la nueva alfabetización. 10.13140/RG.2.2.15575.91049.

## ANNEX I RESULTATS ENQUESTA

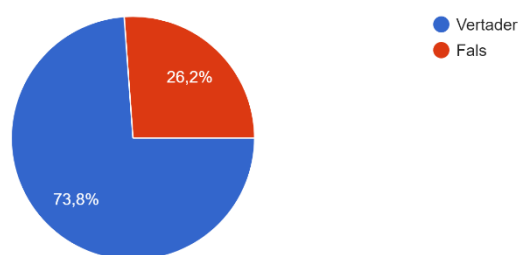
Participació: 65 alumnes

Nivells involucrats : ESO, cicle superior FP i primer de Batxiller

Pregunta1. Dins l'aula utilitzo el pad o la tablet majoritàriament per:  
65 respuestas

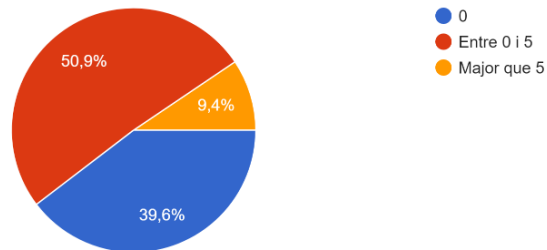


Pregunta 2. Conec com funciona un programa informàtic però no he programat mai un ordinador.  
65 respuestas



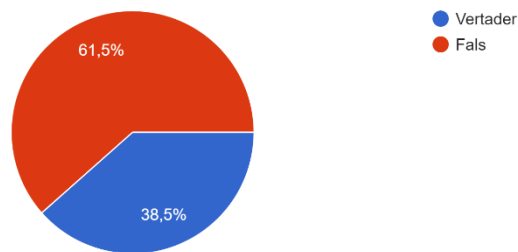
Pregunta 3. El nombre de matèries en les quals utilitzo dins l'aula programes -com simuladors- per aconseguir fer la tasca encomanada és:

53 respuestas



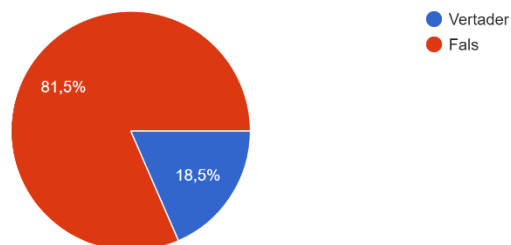
Pregunta 4. Durant les etapes educatives d'ESO, FP o Batxiller (si apliquen) que he cursat fins l'actualitat he trobat matèries en les quals s'han t...epes tecnològics com la programació o la robòtica.

65 respuestas



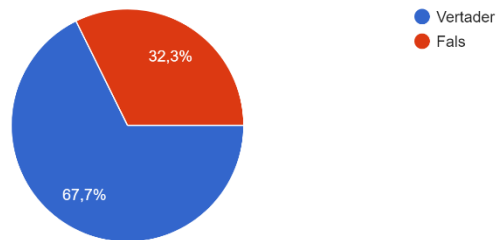
Pregunta 5. Amb els coneixements de programació que tenc sabria com fer un programa que calculés el factorial d'un nombre sencer. (aplica qualsevol llenguatge de programació que coneguis)

65 respuestas



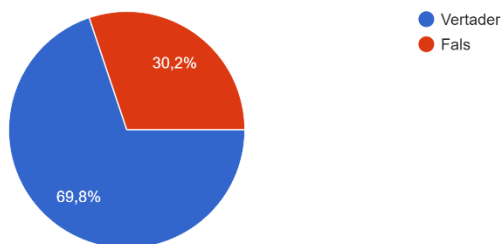
Pregunta 6. M'agradaria fer una assignatura en la que es treballés la programació i la robòtica i que a la vegada m'ensenyés a pensar com un científic.

65 respuestas



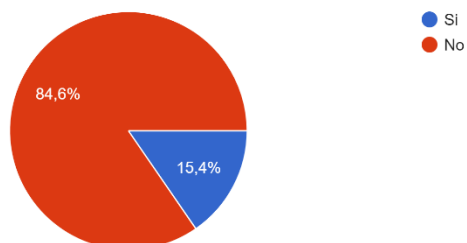
Pregunta 7. Durant les pràctiques tenc la possibilitat d'interactuar amb elements tecnològics com màquines, simuladors, computadors,...

63 respuestas



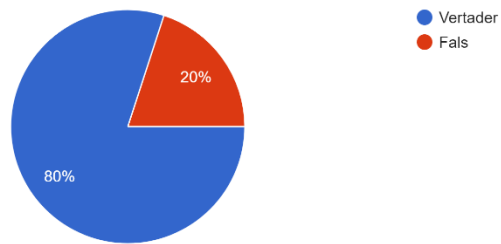
Pregunta 8. Has sentit parlar mai del Pensament Computacional?

65 respuestas



Pregunta 9. Crec que amb l'ús que es fa de la tecnologia dins les aules (tablets, pc,...) no s'aprofita tot el seu potencial.

65 respuestas



Pregunta 10. M'agradaria que l'escola m'inicialitzés en el desenvolupament bàsic d'eines tecnològiques. Selecciona la que més t'agradaria si escau:

65 respuestas

