



Màster universitari en **Formació del Professorat d'Educació Secundària
Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes**

Treball de fi de màster

Títol: L'Scratch com a suport educatiu d'introducció a la programació en la classe de matemàtiques

Cognoms: CONFALONIERI

Nom: ROBERTO

Titulació: Màster en Formació del Professorat d'Educació Secundària Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes

Especialitat: MATEMÀTIQUES

Directora: MARIA ROSA MASSA ESTEVE

Data de lectura: 26/06/2013

ÍNDEX

1 INTRODUCCIÓ	6
2 DEFINICIÓ I CONTEXT DEL PROBLEMA	8
2.1 Scratch	9
2.1.1 L'Entorn de programació.....	10
2.1.2 La Interfície	10
2.1.3 Instruccions principals.....	11
2.1.4 Conceptes de programació.....	12
2.1.5 ScratchEd	13
2.2 Aprendre amb l'Scratch	13
2.3 Aprendre la informàtica amb l'Scratch	16
2.4 Discussió	18
3 DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ	19
3.1 Per què introduir l'Scratch a les classes de matemàtiques?	19
3.2 Portar l'Scratch a les classes de matemàtiques	19
3.3 Limitacions	20
3.4 Context a Catalunya	20
4 RESULTATS	22
4.1 Descripció dels recursos	22
4.2 Descubrim els polígons regulars amb l'Scratch	23
4.2.1 Fitxa Professorat.....	23
4.2.1.1 Fitxa Activitat.....	23
4.2.1.2 Context Matemàtic	23
4.2.1.3 Implementació amb l'Scratch.....	25
4.2.1.4 Implementació a la classe.....	27
4.2.2 Fitxa Alumnat: Descubrim els polígons regulars.....	27
4.3 Practiquem les progressions aritmètiques amb l'Scratch	40
4.3.1 Fitxa Professorat.....	40
4.3.1.1 Fitxa Activitat.....	40
4.3.1.2 Context matemàtic	40
4.3.1.3 Implementació amb l'Scratch	41
4.3.1.4 Implementació a la classe.....	41
4.3.2 Fitxa alumnat	41
4.4 El mètode d'Heró d'Alexandria per calcular l'arrel quadrada de un nombre	41
4.4.1 Fitxa Professorat.....	41
4.4.1.1 Fitxa Activitat.....	41
4.4.1.2 Context Matemàtic	42
4.4.1.3 Implementació amb l'Scratch	42
4.4.1.4 Implementació a la classe.....	42
4.4.2 Fitxa alumnat	43

4.5 Estudiem el creixement de les plantes amb l'Scratch	44
4.5.1 Objectius i competències bàsiques.....	45
4.5.2 Continguts i connexions amb altres matèries	45
4.5.3 Avaluació	46
4.5.4 Implementació al centre.....	46
4.6 Resultats d'una experiència a l'aula	47
5 CONCLUSIONS	49
REFERÈNCIES	51

Índex de les figures

Figura 1: La “espiral” del procés de disseny de projectes.....	8
Figura 2: interfície de l'Scratch.....	11
Figura 3: Exemple de creació d'un programa Scratch per moure un objecte fins que no toqui el límit de l'escenari	13
Figura 4: Xarxa de l'escoles a Catalunya que fan servir l'Scratch	21
Figura 5: Un polígon regular i els seus elements.....	24
Figura 6: Algorisme Scratch per dibuixar polígons regulars donat un perímetre amb l'exemple d'un hexàgon.....	25
Figura 7: Angles interiors i exteriors d'un triangle equilàter	33
Figura 8: a) Angles i triangles isòsceles d'un pentàgon. b) Un triangle isòsceles.....	36
Figura 9: La tarja “PicoBoard” permetre connectar diferents sensors amb l'Scratch.....	44
Figura 10: Resultats de l'enquesta sobre l'ús de l'Scratch en la unitat didàctica de “Successions i Progressions ”en un grup d'alumnes de 3r d'ESO	48

Índex de les taules

Taula 1: instruccions principals de l'Scratch	12
Taula 2: Conceptes de programació principals de l'Scratch	13
Taula 3: Competències bàsiques de l'ESO i Scratch.....	16
Taula 4: Competències informàtiques i matemàtiques	17
Taula 5: Objectius i competències del projecte " <i>Estudiem el creixement de les plantes amb l'Scratch</i> "	45
Taula 6: Continguts i connexions amb altres matèries del projecte " <i>Estudiem el creixement de les plantes amb l'Scratch</i> "	46

1 Introducció

L'ús de les tecnologies de la informació i la comunicació (TICs) en l'escola secundària obligatòria (ESO) tracta de millorar els processos d'ensenyament i d'aprenentatge que, de forma quotidiana, es desenvolupen a l'aula.

En l'ensenyament de les matemàtiques una de les eines que es fa servir més habitualment és el GeoGebra. Tot i que el GeoGebra és sense cap dubte un excel·lent suport per la didàctica de les classes de matemàtiques a l'ESO, no posseeix la transversalitat necessària per permetre als alumnes crear projectes que quedin més a prop dels seus interessos personals, com poden ésser el dibuix, la música, la creació de històries interactives i els jocs, que els puguin motivar força i, per tant, es pugui millorar l'aprenentatge.

D'altra banda, la teoria d'aprenentatge del construccionisme [15] sosté que les persones aprenen elaborant nou coneixement des de les experiències que viuen, i que el seu aprenentatge és molt més eficaç quan s'involucren activament en tasques pràctiques, com pot ésser la creació d'un programa d'ordinador. La programació amb ordinador té una dimensió educativa important perquè pot fomentar el disseny de projectes [20]. El disseny de projectes pot produir oportunitats riques perquè els alumnes puguin aprendre. A més, fomenta, entre altres, la resolució de problemes d'una manera creativa i la recerca de múltiples estratègies com solucions diverses a un problema determinat [20][12]. A més, en una societat on un canvi metodològic cap una nova mena d'aprenentatge mitjançant l'ús de les noves tecnologies és inevitable, sorgeix la necessitat de proporcionar als alumnes nous recursos tecnològics que poden fomentar el seu pensament creatiu i crític i enriquir-ne les competències digitals cap l'adquisició d'una fluïdesa digital [19].

En aquest sentit, el "Technology Garden" del "Massachusetts Institute of Technology" (MIT) ha desenvolupat l'Scratch, un entorn (lliure) de programació amb la finalitat d'afavorir la didàctica de diferents disciplines en diferents etapes educatives mitjançant la creació de projectes de programació d'ordinador. L'Scratch és l'evolució del LOGO [16]. A diferència del LOGO, l'Scratch proporciona un llenguatge de programació visual, més intuïtiu, que facilita la creació de històries interactives, jocs i animacions i permet compartir-les amb altres usuaris en la xarxa.

Des del punt de vista de la didàctica, l'Scratch proporciona una eina innovadora per treballar diferents continguts fomentant la motivació personal dels alumnes i, consegüentment, millorant-ne l'aprenentatge. Per tant, és interessant explorar les potencialitats que l'Scratch ofereix per treballar les competències bàsiques matemàtiques i informàtiques dels alumnes a l'ESO. En aquest treball explorarem i analitzarem l'ús de l'Scratch com a suport educatiu de les matemàtiques i de la informàtica a secundària.

L'objectiu principal d'aquest treball és proporcionar recursos per millorar l'aprenentatge dels alumnes i poder treballar les competències matemàtiques i informàtiques fent servir un entorn de programació visual i intuïtiu com l'Scratch. En particular, aquest objectiu es desplega en:

- Proporcionar materials innovadors que facilitin l'aprenentatge de les matemàtiques per treballar les competències matemàtiques dels alumnes fent servir l'Scratch.
- Proposar un projecte de recerca interdisciplinari per treballar continguts de matemàtiques, tecnologia i informàtica amb l'Scratch.
- Identificar les característiques de l'Scratch per treballar les competències bàsiques del currículum de l'ESO.
- Proposar tant les habilitats informàtiques que es poden desenvolupar com les competències informàtiques que es poden assolir introduint la programació a secundària amb l'Scratch.

El document està organitzat de la manera següent: al capítol 2 explorem i analitzem l'ús de l'Scratch com a suport educatiu de les matemàtiques i de la informàtica a secundària. Per fer això, identifiquem quines són les característiques de l'Scratch que es poden fer servir per assolir les competències bàsiques de l'ESO i proposem les competències informàtiques que pensem poden desplegar i afinar la competència de tractament de la informació i competència

digital del currículum de l'ESO. Al capítol 3 identifiquem els conceptes matemàtics que es poden treballar amb l'Scratch i les modalitats amb les quals l'Scratch es pot portar a les classes de matemàtiques. Al capítol 4 proposem tres activitats Scratch per portar a l'aula per treballar algunes competències matemàtiques en els blocs de continguts del currículum de l'ESO de Numeració i Càlcul, Mesura, Espai i Forma i Canvi i Relacions i presentem els resultats de l'activitat de Canvi i Relacions portada a l'aula, conjuntament als resultats d'una enquesta sobre l'ús de l'Scratch en un grup d'alumnes de 3r ESO. També proposem un projecte de recerca interdisciplinari per treballar diversos continguts del currículum d'una manera transversal. Finalment, al capítol 5 traiem algunes conclusions sobre l'ús de l'Scratch a l'escola i l'experiència de portar l'Scratch a les classes de matemàtiques. Els Annexes complementen el document amb les descripcions completes de les activitats que al capítol 4 apareixen només com a fitxa pel professor.

2 Definició i context del problema

La metodologia a emprar en l'ensenyament de les matemàtiques a l'escola secundària obligatòria sempre ha estat objecte de discussió entre els experts de didàctica com entre els professors de matemàtiques. Amb la introducció de les competències i de les proves PISA, s'està produint un canvi d'una metodologia tradicional, estructurada amb pissarra, llibreta i problemes típicament matemàtics, a una metodologia més innovadora i transversal que faci ús d'eines informàtiques, que connecti les matemàtiques amb les altres matèries i amb problemes de la vida quotidiana, tot amb la finalitat de millorar l'ensenyament de les matemàtiques.

El currículum de l'ESO defineix les competències bàsiques i matemàtiques que els alumnes han de desenvolupar i assolir en l'etapa acadèmica de l'escola obligatòria [5][8]. Aquestes competències suposen l'adquisició d'un conjunt d'habilitats perquè els alumnes aprenguin a afrontar els problemes que trobaran en la vida quotidiana i a continuar la seva formació acadèmica amb èxit. El currículum de l'ESO estableix d'una manera explícita i clara que dues de les competències que els alumnes han d'assolir són la competència *matemàtica* i la competència del *tractament de la informació i competència digital*.

Tot i que la competència matemàtica es desplega en el currículum de les *competències bàsiques matemàtiques* [5], detallant una llista de totes les habilitats matemàtiques que els alumnes haurien de desenvolupar al cursar l'ESO, no es fa el mateix pel que fa la competència digital, deixant-la com la simple habilitat de fer servir l'ordinador només per el tractament de la informació. Aquesta mancança en el nivell de detall de la competència digital reflecteix el fet que encara en la societat, com també s'observa a [22], no es dona una importància suficient a la *fluïdesa digital* dels nens.

La fluïdesa digital és la capacitat no només de fer servir les tecnologies per tractar la informació sinó de crear coses noves amb elles [19]. En una societat on un canvi metodològic cap a una nova mena d'aprenentatge mitjançant l'ús de les noves tecnologies és inevitable, sorgeix la necessitat de proporcionar recursos tecnològics que puguin fomentar el pensament creatiu i crític en els nens i de expandir-ne les seves competències digitals.

Una manera de fer això és incorporant en el procés d'aprenentatge dels nens eines que fomentin el disseny de projectes [20]. El disseny de projectes forma part d'una filosofia educativa coneguda com a *construccionisme* segon la qual l'aprenentatge és més eficaç quan les persones es comprometen en la realització d'alguns artefactes, siguin aquests el disseny d'un producte, la construcció d'un castell de sorra o l'escriptura d'un programa d'ordinador [15].¹ El procés de disseny d'un projecte és un procés continu i es pot representar en la manera següent (Figura 1).

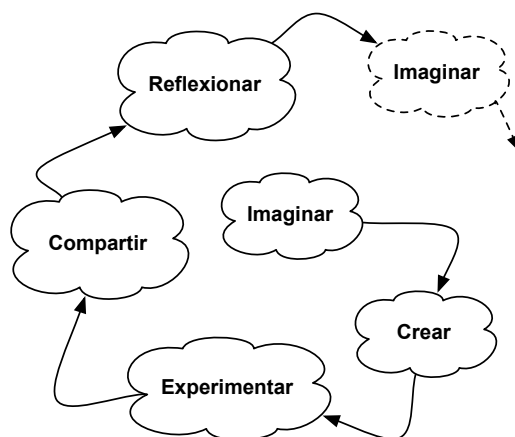


Figura 1: La "espiral" del procés de disseny de projectes

¹ El *construccionisme* és basa en la teoria *constructivista* segon la qual l'aprenentatge és un procés actiu en què les persones aprenen des de les pròpies experiències.

Típicament, es comença amb una idea (imaginar), es passa a la seva realització o implementació (crear) i es comprova que funcioni (experimentar). L'experimentació és seguida per una fase de subdivisió del propi disseny i/o producte (compartir). Aquesta fase és molt important, ja que permet rebre feedback d'altres persones i construir crítiques constructives per poder millorar el propi projecte (reflexionar). Com es pot veure en el diagrama, el disseny de projecte és un procés cíclic i continu ja que els passos es repeteixen.

El disseny de projectes pot produir riques oportunitats d'aprenentatge dels alumnes. Per exemple [20][12]:

- El disseny de projectes involucra els alumnes com participants actius, i per tant poden controlar més el seu procés d'aprenentatge.
- El disseny de projectes és normalment interdisciplinari i pot reunir conceptes d'arts, de matemàtiques i de ciències.
- El disseny de projectes fomenta la resolució de problemes d'una manera creativa.
- El disseny de projectes fomenta el pensament crític i sistemàtic i la recerca de múltiples estratègies com solucions diverses a un problema determinat.
- El disseny de projectes fomenta la reflexió i així s'aconsegueix que l'alumne reflexioni, revisi i fins i tot estengui els seus models sobre el món que l'envolta.
- El disseny de projectes fomenta la capacitat empàtica del nen, ja que necessita pensar com els altres entendran les seves construccions.

Amb aquests objectius, el "Technology Garden" del "Massachusetts Institute of Technology (MIT) ha creat l'Scratch, un entorn de programació que permet la creació de programes d'ordinador, fomentant la creativitat, la capacitat de resoldre problemes i el pensament computacional en els joves [31]. Per tant és interessant analitzar quines són les característiques de l'Scratch i perquè és un bon suport per a la didàctica a l'escola, i a les classes de matemàtiques.

Aquest capítol està organitzat en la manera següent. Després d'una breu descripció de l'entorn de l'Scratch (Secció 2.1), en la secció 2.2 analitzem com es poden treballar amb l'Scratch les competències bàsiques de l'ESO. En la secció 2.3 fem una proposta de les competències informàtiques que pensem podrien completar la competència digital de l'ESO i les comparem amb les competències matemàtiques.

2.1 Scratch

L'Scratch és un llenguatge de programació visual desenvolupat pel MIT. És la millora del LOGO [16], un llenguatge de programació introduït a les escoles en els anys 80. A diferència del LOGO, l'Scratch té una sintaxi intuïtiva, facilita la creació de històries interactives, jocs i animacions i permet compartir-les amb altres usuaris en la Web. El projecte de l'Scratch va començar a 2003. La primera versió del llenguatge Scratch i la Web² van ser llançats a 2007. L'Scratch és gratuït i el seu èxit és indiscutible; al dia de avui a la Web es poden contar ja diferents milions de projectes.

El desenvolupament de l'Scratch va ser motivat per la necessitat de crear un entorn de programació visual i intuïtiu que afavorís l'adquisició d'una fluïdesa digital ("digital fluency") en nens de 8 a 16 anys [21]. L'Scratch va ser el resultat d'un projecte d'educació no formal que feia programes extraescolars per a l'alfabetització informàtica de nens en zones socioeconòmiques desfavorides dels Estats Units [21][23].

L'Scratch és fàcil d'usar, els estudiants poden crear projectes Scratch, simplement arrossegant blocs gràfics sense fer servir la sintaxi dels típics llenguatges de programació tradicionals. D'aquesta manera, l'Scratch fa que la programació sigui més accessible i més atractiva per a un públic molt més ampli. Les característiques principals de l'Scratch són [13]:

- *Disseny de projectes:* l'Scratch ofereix la possibilitat de desenvolupar projectes més a prop dels interessos dels nens i que ells siguin els creadors. Això els pot motivar i millorar el seu aprenentatge.

² <http://scratch.mit.edu/>

- *Programació basada en blocs*: un programa està constituït per uns blocs de diferents formes. Cadascun dels blocs representa una comanda o un tipus de dada. Els blocs encaixen només si la sintaxi és correcta i això elimina la possibilitat de cometre errors sintàctics que són una de les causes de frustració en la programació. Per afegir un bloc a un programa, el usuari l'arrossega des d'una paleta que conté diferents funcionalitats.
- *Manipulació d'objectes multimèdia*: a banda de poder manipular nombres i textos, l'Scratch facilita la manipulació d'objectes multimèdia com imatges 2D, animacions, vídeos i so. Això permet arribar més a prop dels interessos dels nens estimulants la seva creativitat.
- *Subdivisió i col·laboració*: tant els elements creats en un projecte Scratch com el projecte mateix, poden ser compartits a la xarxa Scratch directament des de l'entorn de programació. Això afavoreix la subdivisió, l'exploració i el "remix" de projectes existents.
- *Integració en el món físic*: es poden incorporar i controlar dispositius amb l'Scratch. Això permet la creació i l'exploració de noves possibilitats d'interacció amb el món físic.
- *Multi-llengua*: l'Scratch està traduït en més de 50 llengües per afavorir-ne la difusió.

Les avantatges de l'Scratch són que és fàcil d'usar ("low floor"), que es poden crear projectes complexos ("high ceiling") i que dona suport a la realització de projectes molt diferents ("wide walls") [22].

2.1.1 L'Entorn de programació³

L'entorn de programació de l'Scratch permet als nens aprendre conceptes de computació importants com instruccions seqüencials, iteratives i condicionals, el concepte de variable, i de variables booleans, els operadors lògics i (AND), o (OR) i no (NOT), i diferents tipus de dades. Com hem dit prèviament, el públic destinatari de l'Scratch són nens de 8 a 16 anys, per tant, el seu ús està pensat perquè sigui senzill i intuïtiu.

Un projecte Scratch està construït amb *objectes programables* ("sprite") que es poden personalitzar modificant el seu aspecte. Un objecte és essencialment una imatge que es pot dibuixar, importar des de una galeria d'imatges de l'ordinador o arrossegar des de una pàgina Web.

Un objecte Scratch es controla mitjançant *instruccions*, que en determinen el moviment i el comportament. Per exemple es pot controlar un objecte dient-li que es mogui o toqui música o que reaccioni a altres objectes. Per dir-li a un objecte què fer, s'encaixen blocs gràfics formant una sèrie d'instruccions o *script*. Un o més scripts formen un *programa*. Quan s'executa un programa, Scratch executa en ordre els blocs des de la part superior del programa cap avall.

Els objectes viuen en un *escenari*. L'escenari és el lloc on el programa cobra vida, o sigui, on els objectes es mouen i interactuen entre ells. L'escenari té 480 unitats d'ample i 360 unitats d'alt i està dividit en un sistema de coordenades xy. El centre de l'escenari correspon a les coordenades (0,0). La unitat de mesura de l'escenari són els *passos*.

2.1.2 La Interfície

Al obrir l'Scratch, es visualitza un projecte buit amb un objecte que representa un gatet. Es poden distingir diverses parts (Figura 2). A grans trets són:

³ Aquesta secció no pretén ésser una guia de referència a l'ús de l'Scratch, i es descriuen només els conceptes principals. Per una guia completa consulteu [27].

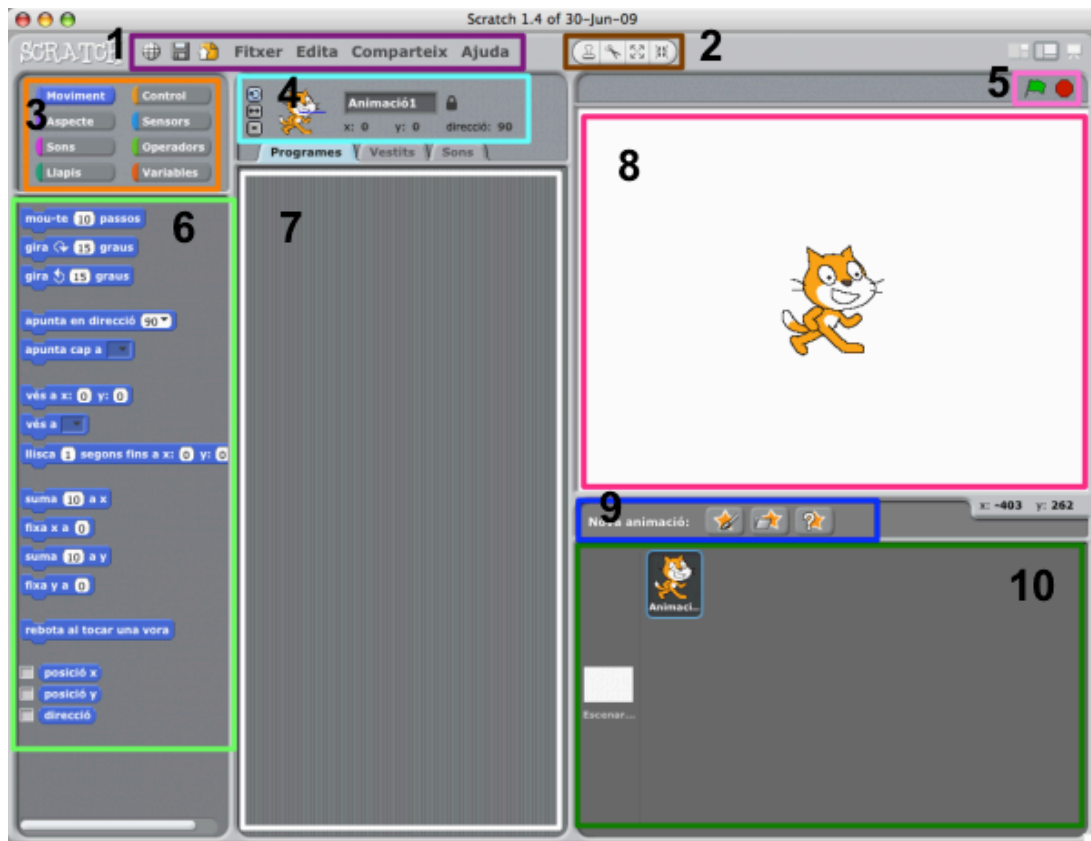


Figura 2: interfície de l'Scratch

1. *Menú principal*: el menú principal del programa permet canviar la llengua, obrir en un projecte existent, crear un projecte nou, i compartir un projecte.
2. *Manipulació dels objectes*: botons per manipular els objectes de l'escenari per moure'ls, retallar-los, etc.
3. *Blocs d'instruccions*: les diferents categories de les instruccions, com moviment, aspecte, sons, llapis, control, sensors, operadors i variables.
4. *Característiques de l'objecte*: un objecte triat a la zona d'objectes té certes propietats com la seva posició en l'escenari i la seva direcció (angle).
5. *Control del programa*: botons per engegar i aturar l'execució del programa.
6. *Instruccions*: les instruccions corresponents a la categoria seleccionada en 3.
7. *Zona de programació*: on s'arrossegueuen les diferents instruccions.
8. *Escenari*: espai on els objectes es mouen i interactuen. És on tindran lloc les animacions creades.
9. *Personalització dels objectes i del l'escenari*: botons per modificar els objectes de l'escenari i l'escenari (canviar l'aspecte, importar noves imatges, etc.)
10. *Zona d'objectes i fons de l'escenari*: on apareixen tots els objectes que es fan servir en el projecte Scratch.

2.1.3 Instruccions principals

L'entorn de l'Scratch té moltes instruccions que es poden fer servir en la creació d'un programa. Les instruccions estan dividides en els 8 blocs següents:

Bloc	Explicació	Exemple
moviment	instruccions per controlar el moviment d'un objecte	"mou-te" "ves a x:-20 y:20" "gira 90°" "apunta en direcció 45°"
aspecte	instruccions per canviar l'aspecte d'un objecte	"digues 'Hola' durant 2 segons" "fixa la mida a 75%"
sons	instruccions per afegir i controlar el	"toca el so gat"

Bloc	Explicació	Exemple
	son d'un objecte i/o del projecte	"puja el volum a 50"
llapis	instruccions per dibuixar	"baixa el llapis" "puja el llapis" "augmenta 5 la mida del llapis"
control	instruccions per engegar i aturar un programa i controlar la seva execució	"al prémer" "atura el bloc" "repeteix fins" "si <i>condició</i> ", si no"
sensors	instruccions d'interacció amb el teclat i el ratolí	"pregunta i espera" "resposta" "tocant punter del ratolí"
operadors	instruccions matemàtiques i booleans	+, -, *, / <, >, = i (AND), o (OR), no (not) sin, cos, tan, log, arrel
variables	suporta la creació de variables i llistes	x, y, z [x,y,z,w,...]

Taula 1: instruccions principals de l'Scratch

2.1.4 Conceptes de programació

La creació d'un projecte Scratch conté diferents conceptes de programació. Els més comuns són els següents:

Concepte	Explicació	Exemple
seqüència	un programa Scratch és una seqüència sistemàtica (amb un ordre) de instruccions	"vés a x:0 y:0" "apunta en direcció 90°" "mou-te 50 passos" "gira 90°" "mou-te 50 passos"
estructura iterativa o de repetició	la iteració permet repetir una sèrie d'instruccions més d'una vegada. Les instruccions "repeteix", "repeteix fins" i "per sempre" serveixen per això.	"repeteix 4" "mou-te 25 passos" "gira 90°"
estructura condicional	l'estructura condicional controla l'execució d'un programa dependent del valor d'una certa condició ("Si" i "Si..Si no")	"Si 4<5" "digues '4 és menor que 5" "Si no" "digues '4 no és menor que 5"
condicions	Una condició és un confront?? que torna un valor booleà (cert o fals)	"4<5" (cert) "4=5" (fals) "4>5" (fals)
operadors booleans	i (AND), o (OR), no (NOT) determinen el valor lògic d'una combinació de condicions	"Si 4<5 i 4<6" "digues '4 és menor que 5 i que 6" "Si no(4<5)" "digues '4 no és menor que 5"
variable	Una variable és un contenidor per a un valor (un text o un nombre). El bloc d'instruccions "variable" permet crear variables.	"variable x" "fixa 0 a x" "repeteix 5" "suma 5 a x" "digues x"
llista	Una llista és una estructura per desar i recuperar una sèrie de variables. El bloc d'instruccions "llista" permet crear llistes.	"llista valors" "variable x" "fixa 0 a x" "repeteix 5" "suma 5 a x"

Concepte	Explicació	Exemple
		“afegeix x a valors” “Si ‘llista conté 30” “”digues error” “Si no” “digues correcte!”

Taula 2: Conceptes de programació principals de l'Scratch

Un programa Scratch es crea arrossegant les instruccions dels diferents blocs disponibles. Com en el cas del LEGO®, la forma de cadascuna de les instruccions suggereix com es poden combinar. El sistema impedeix de combinar blocs de manera que no tinguin sentit, i així es defineix la sintaxi del llenguatge Scratch d'una manera visual i intuïtiva.



Figura 3: Exemple de creació d'un programa Scratch per moure un objecte fins que no toqui el límit de l'escenari

Per exemple, a la Figura 3 (esquerra) podem veure com els blocs d'instruccions tenen forma i color diferents. El color es refereix a la mena del bloc (moviment, aspecte, etc.). La forma suggereix com el bloc pot encaixar amb els altres. Per exemple, la forma de la instrucció “Al prémer” ens transmet la idea que només es podrà fer servir al principi d'un programa, i similarmet “atura el bloc” al final. En canvi “repeteix fins” ens suggereix que és una instrucció que s'ha d'encaixar amb altres. El mateix val per les instruccions “mou-te”, “digues”, “vés” i “apunta en direcció”.

Algunes instruccions tenen una àrea ja que esperen un paràmetre. En l'Scratch un paràmetre pot assumir tres formes o tipus de dades possibles: un nombre, un text o un booleà. Cadascun d'aquests tipus té una forma determinada: rodona per als nombres, rectangular per als textos i hexagonal per als booleans. Aquestes tipus de dades són proporcionats per blocs especials que tenen una forma hexagonal o rodona anomenats reporters. Aquests blocs estan dissenyats per encaixar en l'àrea dels altres blocs, respectivament com reporters de condicions booleanes i d'informació. És important observar com un reporter rodó no pot ser arrossegat dins l'àrea hexagonal d'un altre bloc que espera un paràmetre booleà (Figura 3 centre) i s'haurà de encaixar amb un paràmetre del mateix tipus d'àrea (“ratolí x” en “mou-te”). Quan la combinació d'un reporter i d'un paràmetre és correcta, l'Scratch ens avisarà amb un feedback visual (Figura 3 dreta).

2.1.5 ScratchEd

ScratchEd és una pàgina Web que recull les experiències didàctiques amb l'Scratch de persones de tot arreu [3]. Aquesta pàgina és molt útil per a educadors i professors que volen fer servir l'Scratch en la seva pràctica docent. Conté diferents documents amb idees, consells i recursos que es poden buscar fàcilment ja que estan organitzats per matèries, nivells escolars i continguts.

2.2 Aprendre amb l'Scratch

Però què poden aprendre o quines competències poden treballar els alumnes creant històries interactives, animacions, jocs, música i art amb l'Scratch?

Per poder respondre a aquesta pregunta, és important recordar el context en què ha estat creat l'Scratch. La ràpida evolució de les noves tecnologies i la seva disponibilitat per a tothom, va demanar a Estats Units un canvi radical en la manera d'entendre l'aprenentatge dels alumnes i les noves tecnologies que es feien servir a l'escola. Es va plantejar el *com, què, on i quan* les persones han d'aprendre. Es va començar a parlar del concepte de "fluïdesa digital" entesa com la capacitat no només de fer servir les tecnologies sinó de crear coses noves amb elles [19]. Per tant, va néixer la necessitat de proporcionar recursos que poguessin fomentar el pensament creatiu i crític en els joves.

A 2003, es va publicar una llista de competències, anomenades competències del segle XXI, nascudes amb l'objectiu d'incorporar una nova visió de l'aprenentatge dels alumnes (que com veurem poden ésser facilitades per l'entorn de l'Scratch). Les competències del segle XXI, que en aquest document anomenarem competències bàsiques del segle XXI, són nou i són organitzades en tres blocs principals [19]:

- **competència comunicativa i de la informació:**
 - competència d'alfabetització multimèdia: saber analitzar, manipular, integrar, avaluar i crear informació en formats diferents i en diferents mitjans de comunicació i entendre'n el rol en la societat.
 - competència comunicativa: saber entendre, manipular, i crear continguts multimèdia en formats i contextos diferents.
- **competència en la resolució de problemes:**
 - competència de pensament crític i sistemàtic: saber raonar per entendre problemes complexos, prendre decisions, i entendre les relacions entre problemes diferents.
 - competència en la identificació, formulació i solució d'un problema: saber separar, analitzar i solucionar problemes diferents.
 - competència de pensament creatiu: saber desenvolupar, realitzar i comunicar noves idees, mantenint una mentalitat oberta a perspectives noves i diferents.
- **competència interpersonal i d'auto-aprenentatge:**
 - competència interpersonal i col·laborativa: saber treballar cooperativament, demostrant habilitats de lideratge adaptant-se a rols i responsabilitats diferents.
 - competència d'aprendre a aprendre: saber organitzar el propi aprenentatge, buscant recursos adequats i fent ús de coneixements transversals.
 - competència de responsabilitat i d'adaptació: saber ésser responsables i flexibles, sabent-se adaptar a diferents situacions.
 - competència social i ciutadana: saber actuar amb responsabilitat en l'interès de la comunitat, demostrant un comportament ètic en contextos personals, laborals i comunitaris.

Aquestes competències poden ésser treballades i reforçades amb l'Scratch de la manera següent.

Competència d'alfabetització multimèdia: la creació de projectes Scratch fomenta la selecció, creació i manipulació de diferents formats multimèdia com textos, imatges, animacions, i son. Ja que els nens guanyen experiència en la creació de material multimèdia, desenvolupen una percepció crítica del coneixement que els envolta.

Competència comunicativa: l'Scratch involucra els joves en la selecció, la manipulació i la integració de continguts multimèdia diferents per expressar-se d'una manera creativa.

Competència de pensament crític i sistemàtic: la creació de projectes Scratch requereix que els nens pensin, dissenyin i implementin les interaccions entre els diferents objectes d'una manera precisa perquè el programa pugui funcionar.

Competència en la identificació, formulació i solució d'un problema: la creació d'un projecte Scratch segueix un cicle de disseny que preveu la identificació d'un problema inicial (la idea), el seu disseny (la formulació) i la seva implementació mitjançant els blocs d'instruccions (la implementació). A més el disseny de projectes involucra els nens en l'experimentació i en la resolució interactiva de problemes (prova i error).

Competència de pensament creatiu: l'Scratch fomenta el pensament creatiu ja que els nens han de buscar i experimentar diferents solucions als problemes diferents que sorgeixen de la creació d'un projecte Scratch. Per tant, els nens aprendran a adaptar-se a noves situacions.

Competència interpersonal i col·laborativa: la possibilitat de compartir i "remixar" projectes Scratch fomenta un aprenentatge cooperatiu entre els nens. A més la simplicitat dels blocs de programació facilita aquesta col·laboració ja que els programes són modulars i senzills d'entendre.

Competència d'aprendre a aprendre: en l'Scratch, la creació, el disseny, i la implementació d'una idea requereixen de persistència i practica, com també el desenvolupament de la capacitat d'organitzar els nous coneixements. Treballant en projectes personals i de context actual, els nens es senten més motivats a superar els reptes i les frustracions que típicament s'afronten en la resolució de problemes.

Competència de responsabilitat i d'adaptació: la creació d'un projecte Scratch no és un procés estàtic, sinó que requereix una adaptació del seu disseny i implementació quan s'introdueixen noves idees. Per tant, els nens aprenen a adaptar-se.

Competència social i ciutadana: els programes Scratch poden tenir continguts de sensibilització social, i com que poden ésser compartits, els nens els poden fer servir per començar grups de discussió amb persones del seu entorn o d'un entorn més ampli com és la comunitat de l'Scratch.

Com que aquestes competències es refereixen a l'Estat Units, és interessant esbrinar si l'Scratch pot representar un bon recurs per l'aprenentatge també per als alumnes catalans i espanyols. Per fer això, és convenient considerar les competències bàsiques del currículum de l'escola secundària obligatòria a Espanya, i comparar-les amb les competències bàsiques del segle XXI. Si haurà una relació, doncs, podrem dir si i com l'Scratch es pot fer servir per complementar el seu assoliment.

Com podem veure en la taula següent les competències bàsiques de l'ESO i les competències del segle XXI es poden vincular fàcilment ja que identifiquen habilitats semblants.

Competències bàsiques ESO⁴	Competències bàsiques segle XXI	Scratch
CB1	comunicativa alfabetització multimèdia	selecció, creació i manipulació de diferents formats multimèdia com textos, imatges, animacions, i son
CB2	comunicativa alfabetització multimèdia	selecció, manipulació i integració de continguts multimèdia diferents per expressar-se d'una manera creativa
CB3	comunicativa alfabetització multimèdia	adquisició de la "fluïdesa digital"
CB4	pensament crític i sistemàtic identificació, formulació i solució d'un problema	disseny i implementació de idees que involucren a diferents problemes experimentació i resolució de problemes

⁴ CB1: competència comunicativa lingüística i audiovisual, CB2: competència artística i cultural, CB3: tractament de la informació i competència digital, CB4: competència matemàtica, CB5: competència d'aprendre a aprendre, CB6: competència d'autonomia i iniciativa personal, CB7: competència del coneixement i interacció amb el món físic i CB8: competència social i ciutadana.

Competències bàsiques ESO⁴	Competències bàsiques segle XXI	Scratch
	pensament creatiu	experimentació de diferents solucions als problemes que sorgiran en la creació d'un projecte
CB5	d'aprendre a aprendre pensament crític i sistemàtic identificació, formulació i solució d'un problema pensament creatiu responsabilitat i adaptació	disseny i implementació de idees que involucren diferents problemes capacitat de prendre decisions capacitat d'organitzar nous coneixements capacitat d'adaptar-se
CB6	interpersonal i col·laborativa responsabilitat i adaptació	subdivisió dels projectes Scratch disseny i d'implementació de idees que involucrin diferents problemes
CB7	pensament crític i sistemàtic social i ciutadana	disseny i implementació de projectes amb continguts socials
CB8	social i ciutadana	disseny i implementació de projectes amb continguts socials

Taula 3: Competències bàsiques de l'ESO i Scratch

Aquesta breu anàlisi ens mostra que l'Scratch és un recurs vàlid per ésser incorporat en el procés d'aprenentatge dels nens, ja que treballa competències fonamentals en la seva formació com ciutadans en la societat moderna. Per tant, podem considerar que l'ús de l'Scratch en l'escola secundària a Espanya podria millorar l'aprenentatge dels alumnes.

2.3 Aprendre la informàtica amb l'Scratch

Quan es parla de competències a l'ESO, mai es parla de competències informàtiques. Com vivim en una societat on l'ordinador ha esdevingut un mitja imprescindible, tant per consultar com per generar informació i nous coneixements, creiem que seria important parlar també de competències informàtiques a l'ESO.

Per tant, proposarem unes competències informàtiques que pensem que es poden treballar mitjançant l'ús de l'Scratch. Com en el cas de les competències matemàtiques, podem caracteritzar les competències informàtiques en quatre dimensions.

Resolució de problemes: com hem discutit prèviament, la creació d'un projecte amb l'Scratch demana l'habilitat d'identificar, formular, i solucionar diversos problemes. Un cop s'hagi identificat un problema, es necessita un pla d'acció, o disseny de l'algorisme. El disseny d'un algorisme és un aspecte important perquè requereix que els nens pensin sistemàticament els passos que volen seguir per realitzar el seu projecte. Una manera de dissenyar un algorisme és mitjançant un diagrama de flux. Un diagrama de flux és una representació esquemàtica de la solució a un determinat problema. Aquest procés de disseny afavoreix l'exploració de diferents solucions possibles.

Raonament i prova: el disseny d'un projecte Scratch és un procés sistemàtic ja que s'han de formular estratègies diferents i comprovar-ne la validesa mitjançant la seva implementació. El disseny i la implementació tenen també una dimensió argumentativa ja que s'han de formular argumentacions per justificar i validar l'ús d'un conjunt d'instruccions o d'un altre.

Connexions: amb l'Scratch és possible implementar un projecte interdisciplinari on hi intervien diferents elements tant acadèmics com no. Aquesta combinació demana una anàlisi sistemàtica d'un cert domini i la coordinació dels coneixements transversals necessaris per al seu disseny i per a la seva implementació.

Comunicació i representació: L'Scratch afavoreix la comunicació i la representació d'un projecte en maneres diferents. El disseny i la implementació poden ésser processos col·laboratius en què els nens comparteixen opinions i noves idees. Una manera de comunicar i organitzar les pròpies idees en el disseny d'un programa és mitjançant una pluja d'idees o "brainstorming". Aquest procés afavoreix l'exploració, l'argumentació i la subdivisió d'idees. La realització d'una idea amb l'Scratch és un procés molt creatiu i pot assumir formes diferents (jocs, sons, etc.). Els projectes es poden compartir amb altres membres Scratch.

En la taula següent resumim les competències informàtiques que hem identificat.

Competències informàtiques		Competències matemàtiques ESO	
Resolució de problemes	Traduir un problema a llenguatge Scratch de manera sistemàtica usant blocs d'instruccions i diagrames de flux	Traduir un problema a llenguatge matemàtic o a una representació matemàtica utilitzant símbols, diagrames, i models adequats	
	Usar conceptes de programació com variables, estructures iteratives i condicionals per resoldre problemes de disseny i implementació	Emprar conceptes, eines, i estratègies matemàtiques per resoldre problemes	
	Explorar algorismes i implementacions diferents en la resolució d'un problema	Mantenir una actitud de recerca davant d'un problema assajant estratègies diverses	
	Reflexionar sobre el disseny i la implementació d'un projecte plantejant-se problemes diferents	Generar preguntes de caire matemàtic i plantejar problemes	
Raonament i prova	Construir, expressar i contrastar argumentacions en el disseny i la implementació d'un projecte	Construir, expressar i contrastar argumentacions per justificar i validar les afirmacions que es fan en matemàtiques	
	Emprar un pensament sistemàtic en el disseny i la implementació d'un projecte	Emprar el raonament matemàtic en entorns no matemàtics	
Connexions	Analitzar una situació en manera sistemàtica	Usar les relacions que hi ha entre les diverses parts de les matemàtiques per analitzar situacions i per raonar	
	Cercar situacions properes i acadèmiques que es puguin implementar	Identificar les matemàtiques implicades en situacions properes i acadèmiques i cercar situacions que es puguin relacionar amb idees matemàtiques concretes	
Comunicació i representació	Dissenyar i implementar un projecte amb estratègies d'implementació diferents	Representar un concepte o relació matemàtica de diverses maneres i usar el canvi de representació com a estratègia de treball matemàtic	
	Implementar una projecte amb claredat mitjançant l'ús dels blocs d'instruccions i comprendre la implementació dels altres	Expressar idees matemàtiques amb claredat i precisió i comprendre les dels altres	
	Compartir projectes i construir projectes de manera col·laborativa a partir d'una pluja d'idees ("brainstorming")	Emprar la comunicació i el treball col·laboratiu per compartir i construir coneixement a partir d'idees matemàtiques	
	Visualitzar i estructurar idees en maneres diferents	Seleccionar i usar tecnologies diverses per gestionar i mostrar informació, i visualitzar i estructurar idees o processos matemàtics	

Taula 4: Competències informàtiques i matemàtiques

Com podem observar, hi ha una certa analogia entre les competències informàtiques i aquelles matemàtiques. Les dues necessiten "Traduir un problema", mitjançant modelització pel que fa les matemàtiques, i mitjançant els diagrames de flux i blocs de programació pel que fa la informàtica. Les dues emfatitzen el raonament i el pensament crític, com el plantejament i l'argumentació de diferents estratègies per la resolució d'un problema. Les dues són interdisciplinàries com que es poden buscar situacions de la vida quotidiana que es poden

representar matemàticament o mitjançant ordinador. Finalment ambdues fomenten el treball col·laboratiu.

2.4 Discussió

En aquest capítol hem examinat com l'Scratch té grans potencials per poder treballar les competències bàsiques de l'ESO i millorar les competències informàtiques dels alumnes, ja que fomenta el disseny de projectes. El disseny de projectes pot millorar la resolució de problemes, el pensament crític i sistemàtic, la recerca de múltiples estratègies com solucions diverses a un problema determinat, la reflexió i l'empatia dels alumnes en els processos d'ensenyament i d'aprenentatge que es desenvolupen a l'aula.

Aquestes competències són força similars a les competències matemàtiques del currículum de l'ESO i, per tant, creiem que l'Scratch representa un recurs vàlid i innovador per ésser introduït a les classes de matemàtiques. Però quins continguts de les matemàtiques, i com, podríem treballar amb l'Scratch? Per respondre a aquesta qüestió, en els capítols següents analitzarem les característiques de l'Scratch des de un punt de vista matemàtic i proposarem algunes activitats per a portar a les classes de l'ESO per millorar l'aprenentatge de les matemàtiques dels alumnes,

3 Descripció de la solució

En aquest capítol s'exposaran les característiques de l'Scratch que es poden fer servir per el disseny d'activitats per a millorar l'ensenyament de les matemàtiques i la seva implementació a l'aula. També es discutiran possibles limitacions i el context actual a Catalunya.

3.1 Per què introduir l'Scratch a les classes de matemàtiques?

Després d'haver vist com l'Scratch pot ajudar l'assoliment de les competències bàsiques de l'ESO i com hem pogut identificar unes competències informàtiques, passarem a veure què ofereix en relació a les matemàtiques.

Podem identificar les característiques de l'Scratch que es poden fer servir per treballar o reforçar conceptes matemàtics i que tenen una relació directa⁵ amb les matemàtiques:

Operacions matemàtiques: la creació d'un projecte Scratch involucra l'ús de diverses operacions matemàtiques (suma, resta, multiplicació, divisió, etc.). A més la programació per blocs d'instruccions permet la combinació d'aquestes operacions de manera que l'ordre importa al moment de combinar-les. Això és important per comprendre el sentit de les operacions matemàtiques. Traduir formules matemàtiques a l'Scratch i viceversa és una bona manera per practicar l'ús de parèntesis i la prioritat entre les operacions.

Ús de les variables: el concepte de variable en l'Scratch, entès com un contenidor d'informació per desar els valors d'un programa durant la seva execució, està clarament relacionat amb el concepte de variable matemàtica en l'àlgebra (la incògnita). Per tant, l'ús de les variables és força útil per poder aclarir la diferència entre incògnites i constants, i el concepte de substitució de una variable per un valor determinat en les matemàtiques. A més, les variables, no només poden servir per desar un valor, sinó també per definir els paràmetres d'un programa. La parametrització està relacionada amb la creació d'algorismes, programes genèrics que adrecen un conjunt de situacions (per exemple dibuixar qualsevol polígon regular donat el perímetre i el nombre de costats). Aquesta capacitat d'abstracció és molt important en les matemàtiques.

Sistema de coordenades: tots els objectes d'un projecte Scratch estan identificats per una posició i per una direcció de moviment dins d'un sistema de coordenades. Tot i que aquest sistema sigui finit (Secció 2.1.1), quan es programa el moviment d'un objecte s'ha de tenir força clar el concepte de punt en l'espai i d'angle.

Amb aquests elements, es pot fer servir l'Scratch com suport a la didàctica de les classes de matemàtiques a l'ESO. Per exemple, es poden crear activitats per portar a l'aula que treballen algunes temàtiques de cadascun dels cinc blocs de continguts de la ESO (Numeració i Càlcul, Mesura, Espai i Forma, Canvi i Relacions i Estadística i Atzar) com discutirem en el capítol 4. Però com es podria portar l'Scratch a les classes de matemàtiques? Com veurem en la secció següent hi ha diverses maneres.

3.2 Portar l'Scratch a les classes de matemàtiques

Es poden identificar diferents modalitats de com fer servir l'Scratch en una classe de matemàtiques. Per exemple, en [12] es presenten diverses experiències a l'aula de matemàtiques on l'alumne pot jugar diferents rols. Hi ha tres modalitats possibles:

- l'alumne com usuari d'un projecte Scratch: en aquesta primera modalitat, els alumnes són usuaris d'un projecte Scratch ja que el projecte ve ja implementat. El professor fa servir el projecte Scratch com material didàctic a l'aula. Fins i tot els alumnes poden interactuar amb el programa Scratch però normalment no programen. Poden fer algunes creacions amb l'Scratch però seran molt pautades.

⁵ En el sentit que estan directament suportades per l'Scratch.

- l'alumne com programador d'un projecte Scratch: la segona modalitat és una mica més engrescadora ja que el professor proporciona un problema matemàtic i els alumnes el resolen construint un projecte Scratch.
- l'alumne com pensador lliure d'un projecte Scratch: la tercera modalitat és la més creativa. Els alumnes han d'identificar un problema matemàtic que els agradaria resoldre amb l'Scratch. Aleshores, hauran de pensar no només en la implementació sinó també en un projecte que involucri les matemàtiques.

Les tres modalitats són graduals. La modalitat 1 és força bàsica ja que els alumnes no han de implementar gaire. En aquest cas els nens es familiaritzen amb l'entorn (per veure què es pot fer amb l'Scratch). La segona és ja més avançada ja que els alumnes han de dissenyar i implementar un projecte ells mateixos. Per facilitar-los la tasca, al principi es podria proporcionar-los un projecte ja fet i demanar-los que el canviessin per mostrar un altre resultat. Finalment, la modalitat 3 és la més artística i creativa. Bàsicament, es proporcionarà la idea d'un projecte i els objectius que els alumnes han d'aconseguir, però els alumnes desenvoluparan el projecte d'una manera autònoma i interrelacionaran diverses matèries.

3.3 Limitacions

Tot i que l'Scratch és un instrument potent per al suport de la didàctica, no és una eina desenvolupada per treballar únicament les matemàtiques. Per tant, les seves funcionalitats no es poden comparar directament amb eines "més" matemàtiques com el GeoGebra per exemple. El GeoGebra és un programari lliure que combina geometria, àlgebra i càlcul. És un instrument per al desenvolupament de les competències matemàtiques de l'alumnat tant a l'escola primària com a la secundària i, fins i tot, a la universitat.

El GeoGebra és indiscutiblement una eina molt potent per treballar les competències matemàtiques dels alumnes ja que ha estat creat amb l'objectiu de proporcionar un recurs per treballar les matemàtiques amb l'ordinador. Cal però destacar, com hem dit al capítol 2, el que és un dels principis que està darrera de la creació de l'Scratch: el disseny de projectes. Quan els nens estan compromesos en la construcció de projectes més a prop dels seus interessos (música, vídeo, dibuix) és justament quan aprenen amb més eficàcia perquè estan més motivats. Creiem que en aquest sentit l'Scratch té una dimensió més motivadora que no pas el GeoGebra ja que permet incloure diferents objectes multimèdia i permet la creació de projectes que són més a prop dels interessos dels alumnes. Els alumnes poden dissenyar el projecte i sentir-lo com una creació seva.

A més per la seva naturalesa interdisciplinària, l'Scratch és una eina potent per treballar diferents matèries transversalment. Per exemple es podria utilitzar per dissenyar projectes interdisciplinaris que motivin els alumnes a explorar noves idees, com la creació d'un programa que treballi les matemàtiques, la tecnologia i la informàtica conjuntament i que interactui amb dades del món real com proposarem en la secció 4.5.

3.4 Context a Catalunya

En el context de Catalunya, l'ús de l'ordinador com a suport didàctic a les classes de matemàtiques és dominat per l'ús del GeoGebra dins del projecte 1x1. Pel que fa l'ús de l'Scratch a les escoles catalanes, hi ha una pàgina, <http://scratchcatala.com/>, que recull materials diferents de l'Scratch i manté una llista de les escoles a Catalunya on es fa servir l'Scratch a algunes classes, o sigui, no necessàriament de matemàtiques. Aquí hi ha una representació.

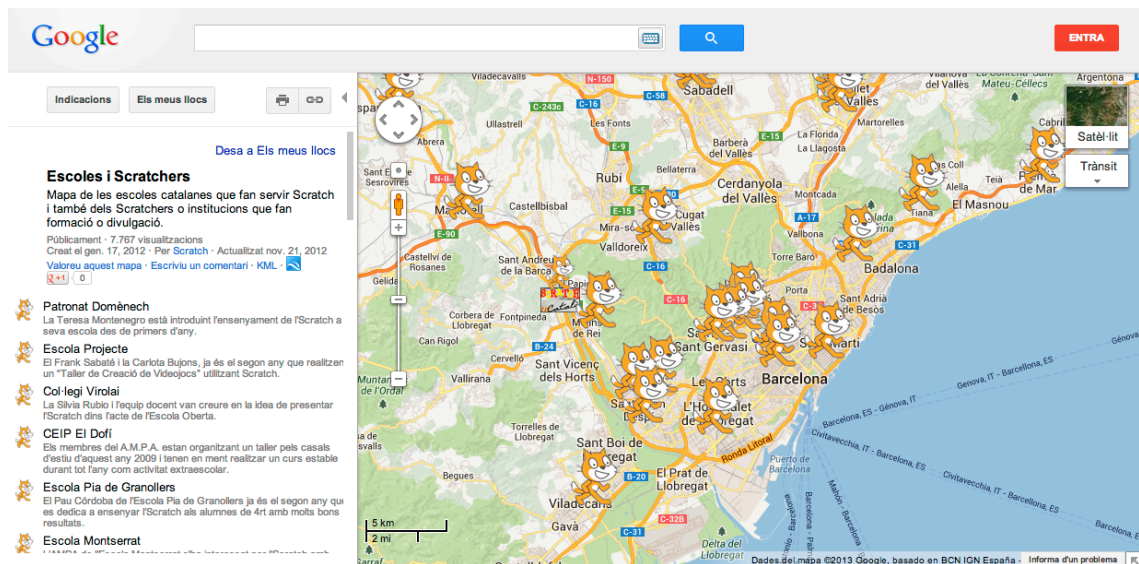


Figura 4: Xarxa de les escoles a Catalunya que fan servir l'Scratch

En canvi, pel que fa les matemàtiques, a l'ARC es poden trobar alguns materials elaborats amb l'Scratch que es poden portar a una classe de matemàtiques:

- *Introducció a l'Scratch, Programem amb l'Scratch* [28][29]: proposen una sèrie de problemes i simulacions per resoldre mitjançant programació, amb ordinadors amb l'Scratch instal·lat.
- *Jocs numèrics amb l'Scratch* [5]: jocs de càlcul mental amb l'Scratch.
- *Sessió d'ESTALMAT Pi*: aplicació de l'Scratch a l'anàlisi de problemes matemàtics.

Aquests recursos mostren com les competències matemàtiques es poden treballar d'una manera transversal amb l'Scratch, i per tant, fer servir l'Scratch com a suport de la didàctica a les classes de matemàtiques pot ésser una bona pràctica docent.

En aquest sentit, en el pròxim capítol proposem algunes activitats Scratch per portar a l'aula i treballar algunes competències en els blocs de continguts del currículum de l'ESO.

4 Resultats

En aquesta secció presentem 4 recursos amb l'Scratch (3 activitats i un projecte de recerca) per implementar a les classes de matemàtiques. En la creació dels recursos hem emprat diferents criteris. En primer lloc, dependent de la mena del recurs i dels continguts treballats, cadascuna de les activitats s'adreça a un grup d'ESO. Com els recursos són 4, tenim un recurs per cadascun dels grups de l'etapa de l'ESO. En segon lloc, els recursos es diferencien per bloc de continguts (Numeració i càlcul, Mesura, Espai i Forma, Canvi i Relacions i Estadística i Atzar). Finalment, cada recurs es porta a l'aula segon una de les modalitats descrites a la Secció 2.5. Els recursos que proposem són els següents:

- a. *El mètode d'Heró d'Alexandria per calcular l'arrel quadrada de un nombre*: és una activitat de 1r d'ESO per treballar continguts del bloc de Numeració i Càlcul (i alguns conceptes de Mesura). Els alumnes interactuen amb un programa Scratch i experimenten amb el disseny d'algorisme i la implementació d'un programa (modalitat 1 i 2).
- b. *Descobrim els polígons regulars amb l'Scratch*: és una activitat de 2n d'ESO per treballar continguts del bloc d'Espai i Forma. L'activitat introdueix els polígons regulars, les angles i les relacions entre angles interiors i exteriors d'un polígon. Els alumnes han de dissenyar i implementar un programa Scratch per dibuixar els polígons regulars (modalitat 2).
- c. *Practiquem les progressions aritmètiques amb l'Scratch*: és una activitat de 3r d'ESO per treballar continguts del bloc de Canvi i Relacions, en manera particular, les progressions aritmètiques. L'activitat proposa als alumnes de resoldre un problema de la vida quotidiana mitjançant la creació d'un programa Scratch (modalitat 2). També es proposa d'investigar la resolució gràfica d'un sistema d'equacions lineals amb el GeoGebra.
- d. *Estudiem el creixement de les plantes amb l'Scratch*: és una proposta d'un projecte de recerca interdisciplinari de 4t d'ESO per treballar continguts del bloc d'Estadística i Atzar, en manera particular el disseny i la realització d'un estudi estadístic, i continguts de tecnologia (ús de sensors) fent servir l'Scratch (modalitat 3).

La activitat b) i la proposta de projecte interdisciplinari d) són presentades en aquest capítol integralment. En canvi, de les activitats a) i c), aquí en presentem les fitxes i la implementació a classe. Les descripcions completes es poden trobar a l'annex del treball.

4.1 Descripció dels recursos

Per cadascun dels recursos a), b), c) es proposen dues fitxes, una per el professor i una per l'alumnat. La *fitxa del professor* consisteix en:

- **La fitxa de l'activitat**: el resum proporciona un cop d'ull a l'activitat on es descriuen breument, la mena de l'activitat, el títol, l'alumnat destinatari, el bloc i les competències treballades, els coneixements previs, i una proposta de temporització i d'avaluació.
- **El context matemàtic**: el context matemàtic de l'activitat proporciona els coneixements necessaris pel professor.
- **La implementació amb l'Scratch**: una proposta d'implementació del context matemàtic en l'Scratch. El document conté només la descripció tot i que en la realitat això s'hauria d'acompanyar amb els fitxers Scratch produïts.
- **La implementació a la classe**: descriu com es pot portar l'activitat a classe.

La *fitxa per l'alumnat* consisteix en l'activitat per els alumnes.

Pel que fa el recurs d), ja que és una proposta d'un projecte de recerca, en descriurem breument els objectius, els continguts i les connexió amb matèries diferents, els criteris d'avaluació i com es podria organitzar.

4.2 Descubrim els polígons regulars amb l'Scratch

4.2.1 Fitxa Professorat

4.2.1.1 Fitxa Activitat

Descripció	Aquesta activitat pretén introduir els polígons regulars, les relacions que hi ha entre els angles (centrals, interiors, i exteriors) d'un polígon regular mitjançant la construcció d'un programa Scratch que dibuixi polígons regulars.
Títol	Descubrim els polígons regulars amb l'Scratch
Alumnat destinatari	2n d'ESO
Bloc	Espai i forma
Competències bàsiques	- matemàtica, - aprendre a aprendre, - autonomia i iniciativa personal, - tractament de la informació i competència digital, comunicativa (lectora)
Competències matemàtiques	- Emprar la comunicació i el treball col·laboratiu per compartir i construir coneixement a partir d'idees matemàtiques, - Seleccionar i usar tecnologies diverses per gestionar i mostrar informació, i visualitzar i estructurar idees o processos matemàtics
Continguts claus	- Figures geomètriques, característiques, propietats i processos de construcció - Representació de figures geomètriques en un sistema de coordenades per ajudar a la descripció de relacions espacials - Aplicar transformacions i utilitzar la simetria per analitzar situacions matemàtiques - Estudiar els angles interiors i exteriors dels polígons regulars i la relació entre els angles exteriors i el nombre de costats
Continguts curriculars	- Analitzar característiques i propietats de figures geomètriques de dues dimensions i desenvolupar raonaments sobre relacions geomètriques - Aplicar el teorema de Pitàgores
Coneixement previs	- Llenguatge i càlcul algebraic - Teorema de Pitàgores
Temporització	6 sessions
Avaluació	Consisteix en una avaluació global de grups de tres alumnes

4.2.1.2 Context Matemàtic

L'objectiu d'aquesta activitat és explorar les propietats dels polígons regulars per poder dibuixar amb l'Scratch diferents polígons donat el perímetre d'un polígon regular inicial. Hi ha diferents problemes que els alumnes han d'afrontar, com esbrinar la mesura dels costats del nou polígon i la relació que hi ha entre els angles exteriors i el nombre de costats d'un polígon regular.

Abans de detallar l'activitat en aquesta secció presentarem les definicions bàsiques de polígons regulars i les relacions que hi ha entre els angles d'un polígon regular, que es faran servir en l'activitat Scratch proposada a continuació. Comencem amb la definició de polígon regular [1]:

“Un polígon és una figura plana formada per un nombre finit de segments lineals seqüencials (línia poligonal). Cadascun d'aquests segments és un costat, i cada un dels punts on s'uneixen dos costats és un vèrtex”. Un n-gon és un polígon de n costats. Un polígon amb tots els angles i costats iguals s'anomena polígon regular”

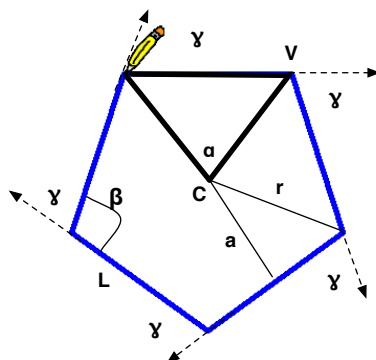


Figura 5: Un polígon regular i els seus elements

Un polígon es pot descriure mitjançant els elements següents (Figura 5):

- Costat, **L**: és cadascun dels segments que formen el polígon;
- Vèrtex, **V**: el punt d'unió de dos costats consecutius;
- Centre, **C**: el punt central equidistant de tots els vèrtexs;
- Radi, **r**: el segment que uneix el centre del polígon amb un dels seus vèrtexs;
- Apotema, **a**: segment perpendicular a un costat, fins al centre del polígon.

En un polígon es poden identificar diferents angles (Figura 5):

- Angles centrals (α): és l'angle al centre del polígon que es determina pels triangles formats per un dels costats del polígon i els 2 segments que uneixen els seus extrems amb el centre del polígon. Tots els angles centrals d'un polígon regular són congruents i la seva mesura es pot obtenir a partir del nombre de costats n del polígon com segueix:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$$

- Angles interiors (β): és un angle format per dos costats d'un polígon que comparteixen un vèrtex, i que està contingut dins del polígon;
- Angles exteriors (γ): és l'angle format d'un costat d'un polígon i la prolongació del costat adjacent. En cada vèrtex d'un polígon és possible conformar dos angles exteriors, que posseeixen la mateixa amplitud. Cada angle exterior és suplementari de l'angle interior que comparteix el mateix vèrtex. Per tant:

$$\gamma = 180^\circ - \beta$$

En un polígon regular un angle exterior està determinat per la relació següent:

$$\gamma = \frac{360^\circ}{n}$$

Un polígon regular es pot inscriure en una circumferència que tocarà cadascun dels vèrtexs del polígon. A mesura que creix el nombre de costats d'un polígon regular, la seva aparença s'assembla cada vegada més a la d'una circumferència.

Finalment, els costats d'un polígon regular són de la mateixa mesura. Per tant, el càlcul del perímetre d'un polígon regular és molt senzill:

$$P = Ln$$

on n és el nombre de costats del polígon. D'altra banda l'àrea d'un polígon es pot calcular en diferents maneres dependent de les dades que es tenen a disposició. Com que no la farem servir, ometem aquesta informació.

4.2.1.3 Implementació amb l'Scratch

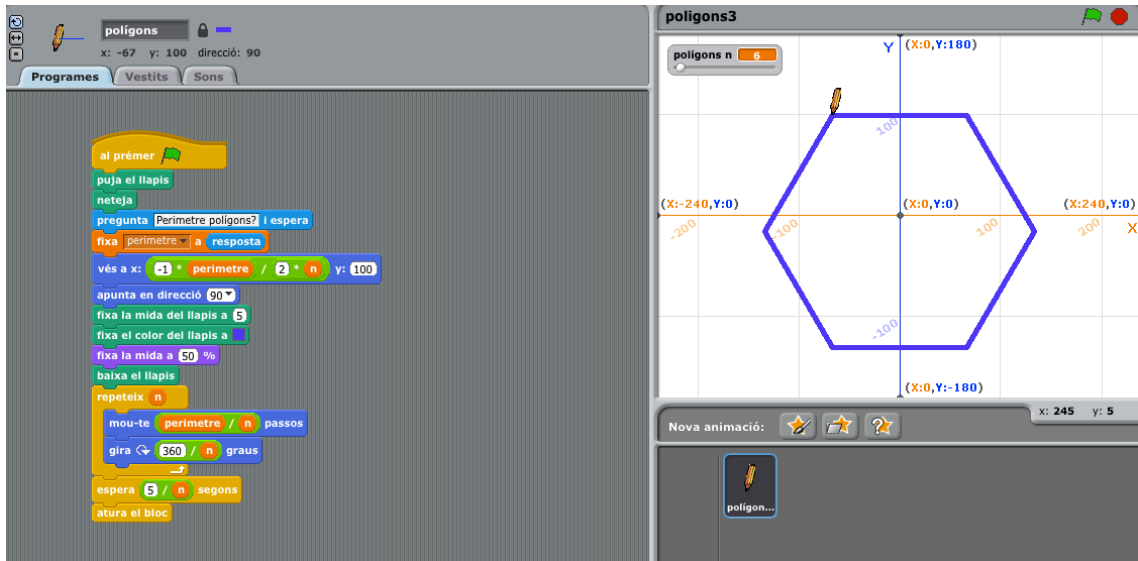


Figura 6: Algorisme Scratch per dibuixar polígons regulars donat un perímetre amb l'exemple d'un hexàgon

L'algorisme Scratch per dibuixar polígons regulars d'un perímetre donat és representat a la Figura 6. L'algorisme fa ús de diferents estructures Scratch que permeten fer dibuixos i d'una estructura iterativa.

Com que l'escenari de l'Scratch és un sistema de coordenades (x,y), al principi es posiciona un llapis a un punt de partida identificat per dues coordenades:

```
vés a x: -1 * perímetre / 2 * n y: 100
```

És senzill comprovar com amb el valor de la x expressat el polígon regular a dibuixat resultarà simètric respecte a l'eix y.⁶

Després es decideix la direcció de moviment del llapis que serà de 90° respecte a l'eix de la y, per tant el llapis es mourà en direcció dreta.

```
apunta en direcció 90
```

Decidim la mida i el color del llapis i finalment el baixem a l'escenari per poder començar a dibuixar. La part central del programa és:

```
repeteix n
  mou-te perímetre / n passos
  gira 360 / n graus
espera 5 / n segons
```

⁶ Tot i que es podria demanar que el polígon a dibuixar sigui simètric respecte als dos eixos, aquesta és una condició massa forta per un grup de 2n d'ESO perquè requereix l'ús de relacions trigonomètriques com discutirem breument.

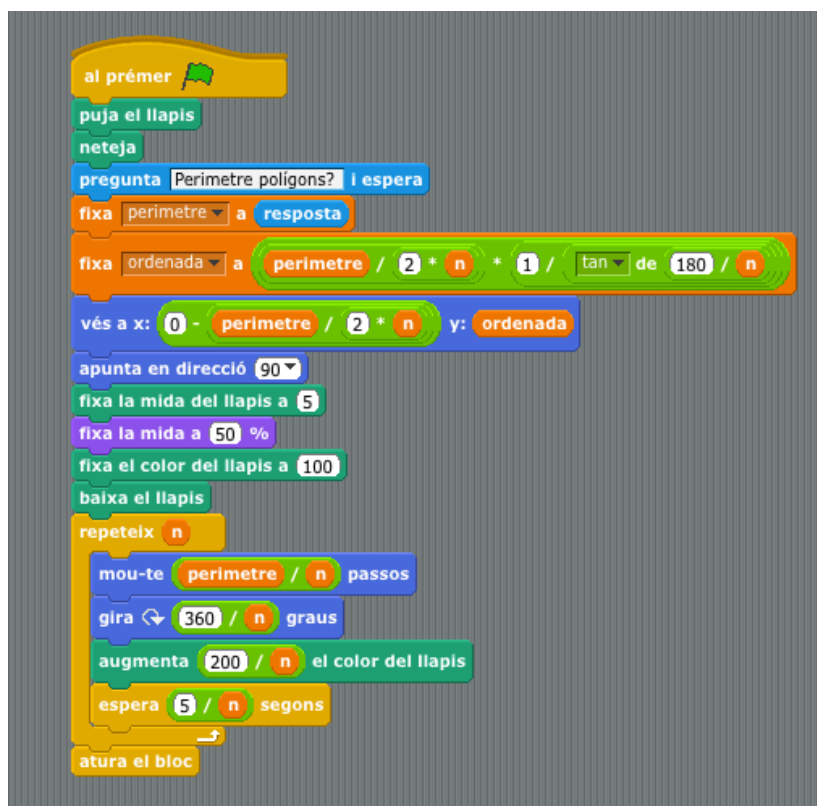
o sigui movem el llapis (“mou-te”) d’un nombre de passos proporcionals al costat del polígon que volem dibuixar i canviem la direcció del llapis (“gira”) segon l’angle exterior que queda determinat com hem vist prèviament, per la relació $\frac{360^\circ}{n}$. Repetim aquestes instruccions n vegades ja que n és el nombre de costats del polígon que volem dibuixar.

És interessant destacar que una altra manera més elegant però també més complicada per decidir el punt de partida del polígon a dibuixar, és fent ús de la trigonometria. En particular tenim dues possibilitats:

- començar el dibuix en un punt de coordenades $\left(0, \frac{P}{2n \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)}\right)$ on l’ordenada d’aquest punt correspon al radi r del polígon.

- començar el dibuix en un punt de coordenades $\left(-\frac{P}{2n}, \frac{P}{2n \tan\left(\frac{180^\circ}{n}\right)}\right)$ on l’abscissa d’aquest punt correspon a la mitat de la longitud del costat del polígon i l’ordenada és el seu apotema a .

Per exemple en el segon cas, el programa Scratch quedaria així



És clar que el plantejament trigonomètric és massa complicat per a un grup de 2n d’ESO. Per tant, en l’activitat que proposarem, simplifiquem al màxim les problemàtiques que els alumnes hauran d’afrontar i enfocarem l’activitat com una activitat introductòria als polígons regulars perquè els alumnes esbrinin la relació que hi ha entre els angles exteriors i el nombre de costats d’un polígon regular.

4.2.1.4 Implementació a la classe

Com hem dit prèviament aquesta activitat pretén introduir els polígons regulars en un grup de 2n d'ESO. S'assumeix que els alumnes han treballat alguns temes de geometria com el teorema de Pitàgores però que no han estudiat el tema dels polígons regulars. Per tant, aquesta activitat i la seva implementació amb l'Scratch tenen un objectiu didàctic important que és intentar que els alumnes entenguin els elements d'un polígon regular com costat, angles, i la seva relació fent ús del dibuix mitjançant ordinador. Aquesta activitat és una activitat d'aula de la segona modalitat (veure Secció 3.2), o sigui, l'alumne estarà involucrat en la disseny i implementació d'un programa.

Està clar que els alumnes podrien fer servir GeoGebra, que ja té aquesta funcionalitat implementada, però la idea és exactament que els alumnes explorin pas a pas la construcció d'un polígon. Per aquest motiu, començarem l'activitat dibuixant el polígon regular més senzill, el quadrat, per passar al triangle equilàter, al pentàgon i finalment a la generalització dels conceptes tractats amb el dibuix d'un polígon regular qualsevol. L'objectiu és introduir els polígons als alumnes d'una manera gradual i pautaada.

Un concepte molt important en què haurem d'insistir força són els angles d'un polígon regular ja que tenen una propietat important que permetrà els alumnes de solucionar els problemes que trobaran quan passaran des de el dibuix d'un quadrat al dibuix d'un triangle, i des de el dibuix d'un triangle al dibuix d'un pentàgon. Pel que fa la programació introduïrem el concepte de satisfacció d'unes condicions inicials d'un programa que és un dels criteris que es valoren quan es programa (es donen unes especificacions que s'han de respectar). Això és un aspecte que treballarem per reforçar el rigor i la precisió dels alumnes. És important que els alumnes entenguin que poden haver-hi diferents maneres de solucionar un problema, però a vegades només una és la desitjada. Un altre concepte de programació que estudiarem seran les instruccions iteratives.

Creiem que per finalitzar l'activitat proposada es necessitaran sis sessions. Dedicarem la primera sessió al dibuix d'un quadrat. En la primera sessió els alumnes es familiaritzaran amb les funcionalitats de l'Scratch per fer dibuixos i escriuran el primer programa amb instruccions seqüencials. Aprofitarem per introduir el concepte de sistema de coordenades. Dedicarem la segona sessió per millorar el primer algorisme introduint el concepte de instrucció iterativa. També aprofitarem per introduir algun concepte bàsics sobre els polígons. Calculem una altra sessió per treballar el dibuix del triangle equilàter. Preveiem que per el pentàgon trigarem almenys dues sessions ja que es toquen temes delicats, els angles, i la relació que hi ha entre els angles exteriors i el nombre de costats d'un polígon regular. Finalment en la darrera sessió els alumnes reflexionarien sobre la generalització dels programes fets amb una discussió final de tota l'activitat.

Pel que fa l'organització de l'aula, creiem que aquesta activitat és una bona activitat per fer cooperativament. Per tant la farem en grups de tres alumnes i els alumnes seran avaluats a nivell de grup, L'avaluació consistirà no només en l'avaluació del material Scratch elaborat sinó també en la redacció de la fitxa de l'alumne.

4.2.2 Fitxa Alumnat: Descubrim els polígons regulars⁷

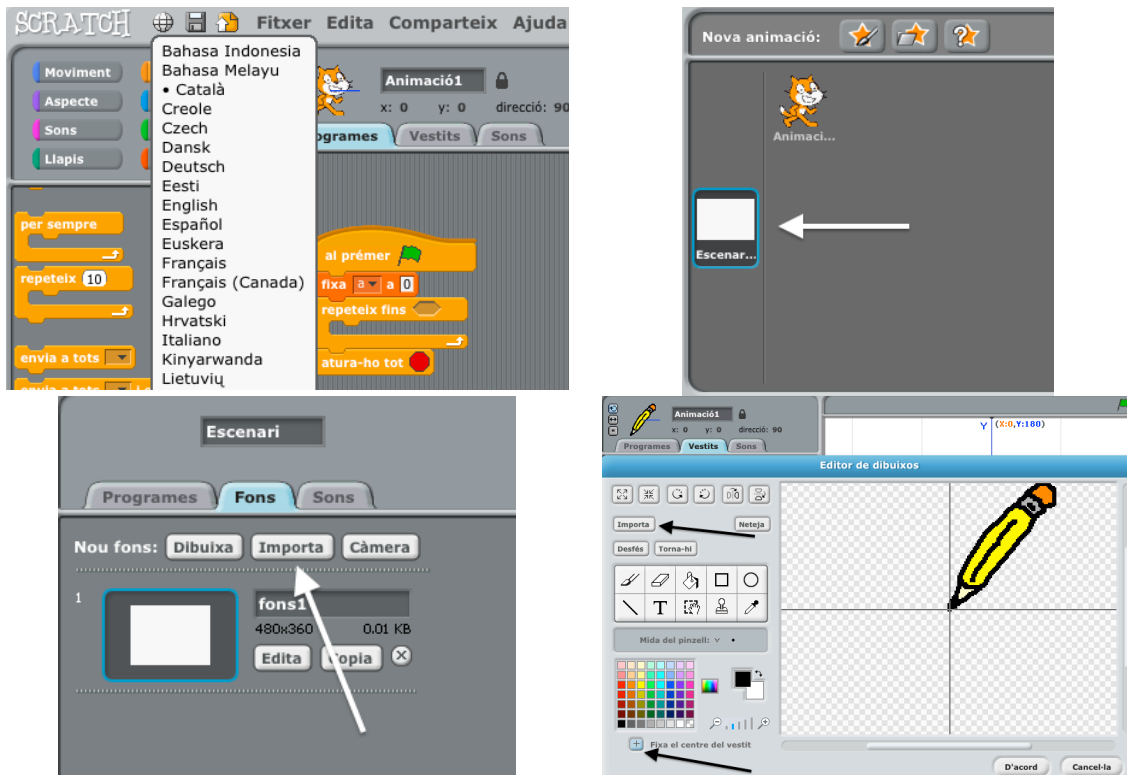
Sessió 1

Enunciat: La funcionalitat "dibuixa un polígon regular" del GeoGebra s'ha espatllat i teniu uns clients que necessiten amb una certa urgència diferents dibuixos de polígons regulars. L'Scratch permet fer dibuixos bàsics però l'aplicació no té la funcionalitat "dibuixa polígon regular". Us han contractat per desenvolupar un programa que dibuixi qualsevol polígon regular donat un perímetre inicial de 800 unitats i el nombre de costats.

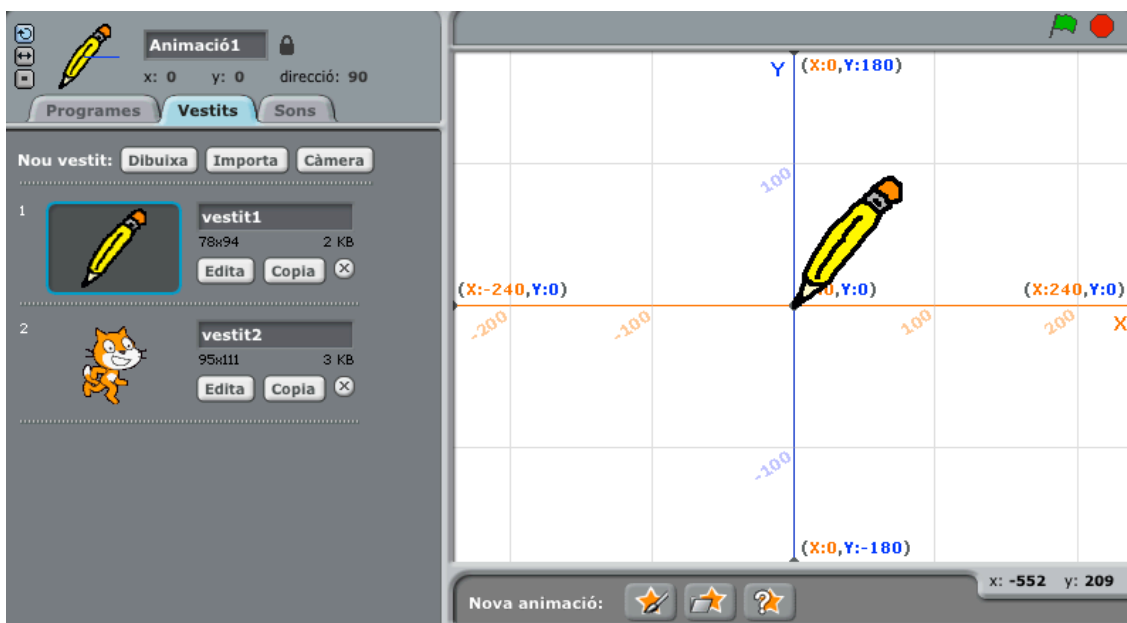
⁷ Activitat adaptada des de [26].

D'entrada dibuixarem un quadrat ja que és molt senzill dibuixar-lo. La primera cosa que hauràs de fer serà preparar el teu escenari que t'ajudarà a traçar el quadrat. Obriu l'Scratch i seguïu els passos següents per tal de començar el programa:

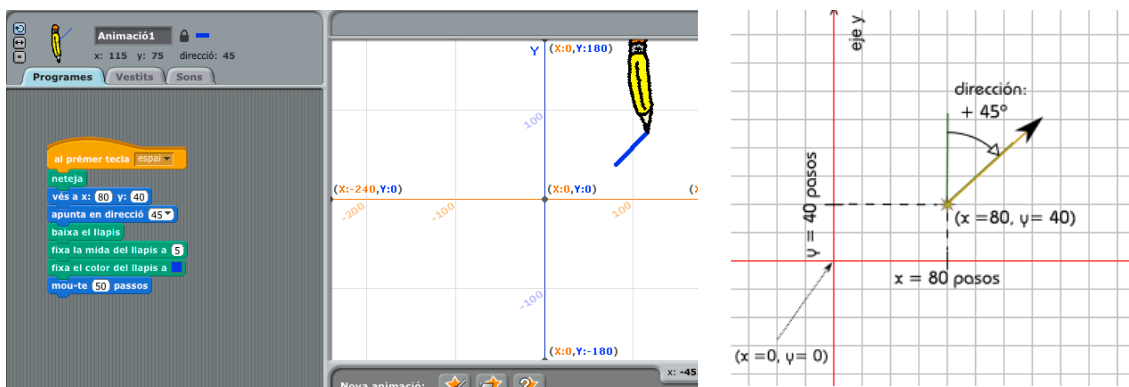
- Accedeix al programa Scratch i comprova que l'idioma és el català
- Canvia l'escenari inicial a l'escenari "xy-grid", seleccionant "Escenari->Importa->xy-grid". Aquest escenari conté un pla cartesià que t'ajudarà a dibuixar el quadrat.
- Canvia el teu avatar a un llapis que et permeti dibuixar línies. Pots afegir-ne un esborrant l'avatar ("Animació1->Edita->Goma d'esborrar") i després fent "Importa->Thing->Drawing Pencil". Comprova que la punta del llapis sigui al "centre del vestit". Això és molt important per poder tenir el llapis en el punt (0,0) del pla cartesià "xy-grid".



Molt bé, l'escenari de l'Scratch t'hauria de haver quedat així:



Ara bé, repassarem les comandes Scratch principals per poder moure el llapis i així poder dibuixar. Abans d'això és molt important saber que en l'Scratch la posició d'un objecte (el llapis en el nostre cas) està determinada per un sistema de coordenades (x,y) que ens diu a quants passos l'objecte es troba respecte al punt (0,0) que representa el centre de l'escenari. Per exemple en el dibuix de més avall tenim que el nostre objecte està posicionat en el punt (80,40). En canvi la direcció de moviment d'un objecte està determinada per un angle. En el diagrama la direcció de moviment del llapis és de 45°.



a) Si el llapis es mou de 50 passos en direcció de 45° des del punt (80,40), sabríeu esbrinar en quin punt (x,y) arribarà el llapis? Ajuda: podeu fer servir el teorema de Pitàgores ja que els triangles formats pel punts (80,40), (x,y), (80,y) i (80,40), (x,y), (x,40) són triangles rectangles isòsceles.

Resposta:

Per tant, després del moviment el llapis es trobarà aproximadament en el punt (115,75). Passem a analitzar les instruccions principals del programa Scratch d'exemple:

Descripció	Instrucció
Posiciona un objecte en el punt (x,y) del pla	vés a x: 80 y: 40
Especifica la direcció de moviment d'un objecte amb un angle	apunta en direcció 45°
Mou un objecte de n passos	mou-te 50 passos
Baixa el llapis a l'escenari per començar a dibuixar	baixa el llapis
Fixa la mida de la punta de llapis	fixa la mida del llapis a 5
Fixa el color del llapis	fixa el color del llapis a [blue]

b) Creeu un programa Scratch i practiqueu amb les instruccions de la taula.

Ara que coneixem les instruccions Scratch fonamentals per dibuixar passarem a dibuixar un quadrats de perímetre 800.

c) Si el quadrat té un perímetre de 800 passos (recordeu que "passos" és una unitat de longitud usada per l'Scratch), quina mesura tindran els seus costats?

Resposta:

Volem però que el dibuix respecti les següents condicions:

- El quadrat haurà de ésser centrat a l'escenari que tenim, o sigui que el seu centre coincideixi amb el punt (0,0) de l'escenari.
- Els costats del quadrat hauran d'estar posicionats de tal manera que quedin paral·lels als eixos (una altra manera de veure-ho és dir que haurà de tenir 2 costats horitzontals i dues verticals).
- El dibuix del quadrat haurà de començar des del vèrtex superior esquerre, seguint un sentit horari.
- El llapis haurà de fer una pausa d'1 segon en acabar de dibuixar cada costat.
- Cada vegada que s'iniciï un nou dibuix s'haurà d'esborrar qualsevol dibuix previ.

Amb aquestes dades podeu aprofitar i anar pensant a un pla a seguir per resoldre el problema. En programació un pla a seguir es diu *algorisme*. Un algorisme és una descripció detallada dels passos que s'han de fer per solucionar un determinat problema com el dibuix del nostre quadrat. Abans de poder escriure un algorisme s'ha de pensar a com solucionar els passos principals.

Comencem concentrant-nos en els punts principals 1), 2) i 3) o sigui, dibuixar el nostre quadrat amb la posició, grandària i l'ordre demanats.

d) Per què el quadrat sigui centrat a l'escenari (punt 1), abans de començar a dibuixar haurem d'estar posicionats a un punt de partida definit en la manera següent (trieu la resposta correcta):

d1) Com el costat del quadrat és de 100 passos, el punt de partida haurà d'estar 100 passos a l'esquerra de l'eix y, i 100 passos a dalt de l'eix x, o sigui, les seves coordenades hauran de ser (x=-100, y=100).

d2) Com el costat del quadrat és de 200 passos, el punt de partida haurà d'estar 100 passos a l'esquerra de l'eix y, i 100 passos a dalt de l'eix x, o sigui, les seves coordenades hauran de ser (x=-100, y=100).

d3) Com el costat del quadrat és de 400 passos, el punt de partida haurà d'estar 200 passos a l'esquerra de l'eix y, i 200 passos a dalt de l'eix x, o sigui, les seves coordenades hauran de ser (x=-200, y=200).

Resposta:

e) Una vegada heu decidit en punt inicial, quina de les descripcions següents creieu que representa una solució per als punts 2) i 3)?

e1) El llapis es mourà 200 passos, girarà 90° en sentit horari, farà una pausa d'1 segon, es mourà altres 200 passos, girarà altres 90° en sentit horari...

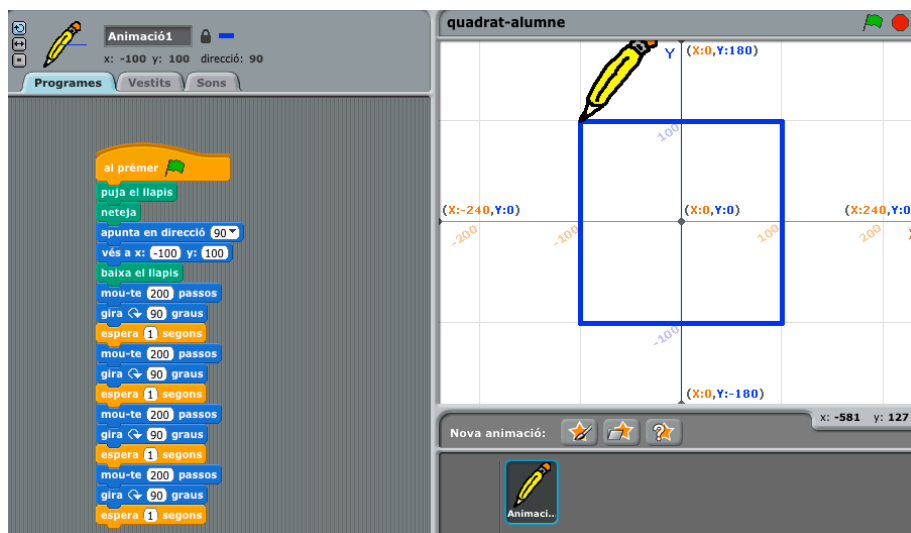
e2) El llapis es mourà 200 passos, girarà 45° en sentit horari, farà una pausa d'1 segon, es mourà altres 200 passos, girarà altres 45° en sentit horari...

e3) El llapis es mourà 100 passos, girarà 90° en sentit horari, farà una pausa d'1 segon, es mourà altres 100 passos, girarà altres 90° en sentit horari...

Resposta:

Com sabem el llapis anirà dibuixant a mesura que es desplaça, però només si abans té habilitada la seva capacitat de dibuix (el llapis ha d'estar baixat). Abans d'això haurem d'haver esborrat qualsevol dibuix previ i estar posicionats al punt de partida apuntant en la direcció que hem determinat. Ara esteu preparats per escriure els passos de l'algorisme.

f) Escriviu els passos de l'algorisme per dibuixar un quadrat de perímetre 800 que satisfaci les condicions vistes. Comproveu-les directament en l'Scratch. Si no us en sortiu baixeu-vos⁸ la solució, i analitzeu-la fins que entengueu bé com funciona.



Sessió 2

Si analitzem el programa que hem fet fins ara, podem observar que només hem fet ús d'una estructura seqüencial de control, on la major dificultat ha estat determinar l'ordre lògic en què s'han d'executar les instruccions. L'estructura seqüencial (o lineal) és la més senzilla d'aplicar de les estructures que podem fer servir en un algorisme o un programa. Normalment aquesta estructura treballa en conjunt amb altres estructures. L'Scratch en té altres dues que són molt útils: la iterativa o de repetició, i la condicional.

Ara bé, com seria un algorisme d'estructura únicament seqüencial per a un polígon de 20 costats? I per a un polígon de 100? Seria extremadament llarg d'escriure. L'estructura iterativa però ens pot ajudar, perquè ens permet repetir unes instruccions quantes vegades són necessàries.

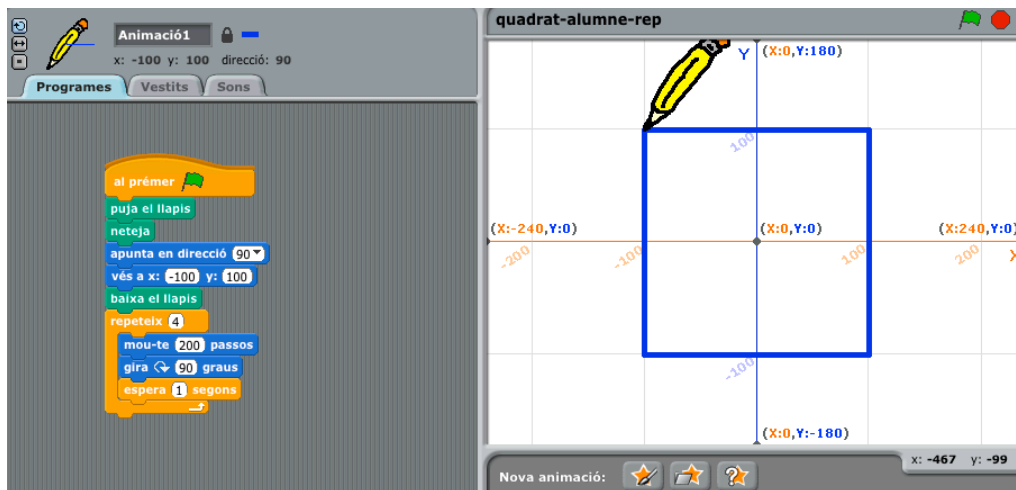
g) En el programa escrit en el punt e), veieu instruccions que es repeteixen? Quines són? Quantes vegades es repeteixen?

Resposta:

h) Escriviu un nou programa Scratch que dibuixi un quadrat de perímetre 800 fent ús d'una estructura iterativa. Ajuda: L'estructura iterativa de l'Scratch que heu de fer servir és el "repeteix" (el podeu trobar en "Control"). Si no us en sortiu baixeu-vos⁹ la solució, i analitzeu-la fins que entengueu bé com funciona. Deseu el programa en un fitxer anomenat "quadrat.sb"

⁸ <http://scratch.mit.edu/projects/10825961/>

⁹ <http://scratch.mit.edu/projects/10826171/>



Ara que teniu els coneixements bàsics per dibuixar un quadrat, volem modificar el programa que heu generat al punt h) per dibuixar figures geomètriques que siguin *polígons regulars*. Però abans de tot, què és un polígon?

i) Busca la definició de polígon en la Web. Després busca la definició de polígon regular. Quina és la característica principal d'un polígon regular?

Resposta:

Sense adonar-vos, ja heu dibuixat un polígon regular, el quadrat és efectivament un polígon regular ja que la mesura dels seus costats és la mateixa.

Sessió 3

j) I si parlem d'un polígon regular amb tres costats, de quina figura geomètrica estem parlant?

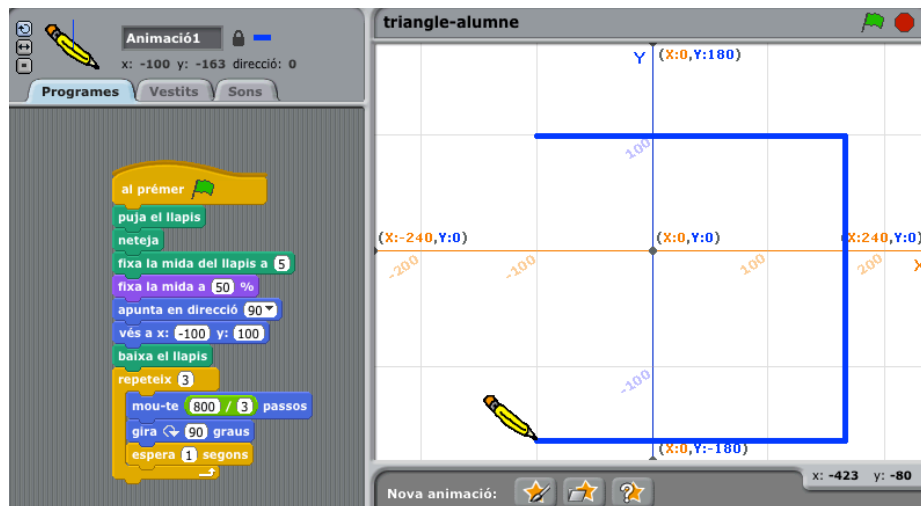
Resposta:

Segurament ja us heu adonat que estem parlant d'un triangle equilàter. Ara m'agradaria que dibuixéssiu un triangle equilàter amb l'Scratch. Per fer això modificareu el programa creat al punt h). Obriu el projecte "quadrat.sb", i deseu-lo amb un nou nom ("triangle.sb" per exemple), així tindríeu l'escenari ja preparat. Ara bé fixe'u-vos que hem de canviar algunes coses en el programa, ja que volem dibuixar un triangle i no un quadrat.

k) Quants costats té un triangle equilàter? I de quants passos (aproximadament) haureu de moure el llapis per dibuixar un costat del triangle? Recordeu-vos que el perímetre ha d'ésser de 800 passos.

Resposta:

Amb les dades obtingudes modifiqueu les instruccions corresponents en el programa "triangle.sb". Què podeu observar?



Bé, està clar que no hem dibuixat un triangle però perquè? Revisem els passos del nostre algorisme: "repeteix tres vegades, el llapis es mourà 800/3 passos, girarà 90° en sentit horari, farà una pausa d'1 segon". Hem arribat a la incògnita clau del nostre problema. No serà complicat conjecturar que una altra cosa que hem de canviar en el nostre programa és l'angle amb el qual el llapis girarà o l'angle de gir.

l) Esbrineu, canviant el valor de la instrucció "gira", quin és l'angle de gir del llapis per poder dibuixar el triangle equilàter.

Resposta:

L'estratègia que heu fet servir per poder trobar el valor d'aquest angle és una estratègia o mètode de prova i error. Aquest mètode és poc efectiu, ja que si canviem de polígon l'angle gir no serà el mateix, i hauríem de d'aventurar-nos una altra vegada provant valors a l'atzar. A més si volem crear un programa que dibuixi qualssevol polígons regulars donat només el perímetre, és més convenient estudiar el problema des de un punt de vista geomètric. El que volem trobar serà la relació que existeix entre el nombre dels costats d'un polígon regular i l'angle de gir (que veurem ésser l'angle exterior d'un polígon).

Per poder fer això comencem amb el nostre triangle equilàter. La primera cosa a fer en qüestions de geometria és posar-se a dibuixar i assignar un nom a les coses. Prenguem llavors paper i llapis per aclarir la qüestió. Com el nostre problema està relacionat amb un càlcul d'angles, identifiquem els angles de la nostra figura. Com es pot veure els angles són els angles interiors del triangle equilàter.

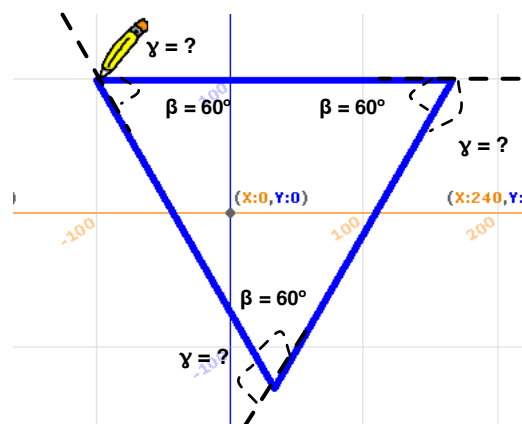


Figura 7: Angles interiors i exteriors d'un triangle equilàter

Com sabem, la geometria d'Euclides ens diu que la suma dels angles interiors d'un triangle és de 180° , i per tant cadascú dels angles interiors d'un triangle equilàter és de 60° . Ara bé:

l) Quines són els valors dels angles γ en la figura? Quina relació hi ha entre els angles interiors i els angles de gir?"

Resposta:

Com segurament hauríeu esbrinat la relació que hi ha entre un angle de gir γ i un angle interior β és $\gamma = 180^\circ - \beta$. Com que estem parlant de polígons, l'angle gir del nostre problema correspon a l'angle exterior d'un polígon. Per tant, ja hem identificat dues menes d'angles en un polígon: els angles *interiors* i els *exterior*s.

1) en un polígon, un angle interior α és l'angle format per dos costats que comparteixen el mateix vèrtex i que està contingut dins del polígon; els angles interior d'un *polígon regular* són *congruents*, o sigui tenen la mateixa amplitud.

2) en un polígon, un angle exterior β és l'angle format per un costat del polígon i la prolongació del costat adjacent. L'angle exterior és suplementari de l'angle interior que comparteix el mateix vèrtex. La relació entre aquests dos angles és $\gamma = 180^\circ - \beta$.

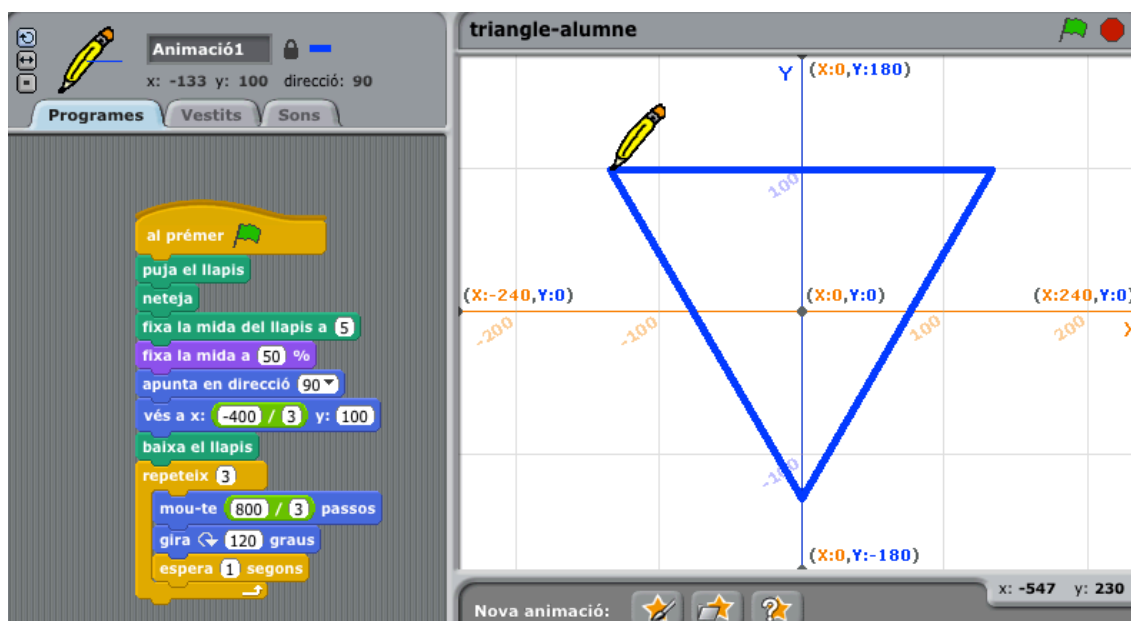
m) Actualitzeu, si ja no l'heu fet, el valor de la instrucció "gira" en el programa "triangle.sb".

Ara sí que el programa funciona una mica millor. Un últim detall que m'agradaria que modifiquéssiu és el valor x del punt de partida inicial perquè el triangle quedi simètric respecte al eix y.

n) Per quin valor de x el triangle equilàter us quedaria simètric respecte al eix y? Ajuda: en el cas del quadrat el seu costat era 200 passos i vam posar el punt inicial a $(x=-100, y=100)$.

Resposta:

Finalment, el programa "triangle.sb" us hauria d'haver quedat així.



Si no us en sortiu [baixeu-vos](#)¹⁰ la solució, i analitzeu-la fins que entengueu bé com funciona repetint els passos que siguin necessaris.

Sessions 4-5

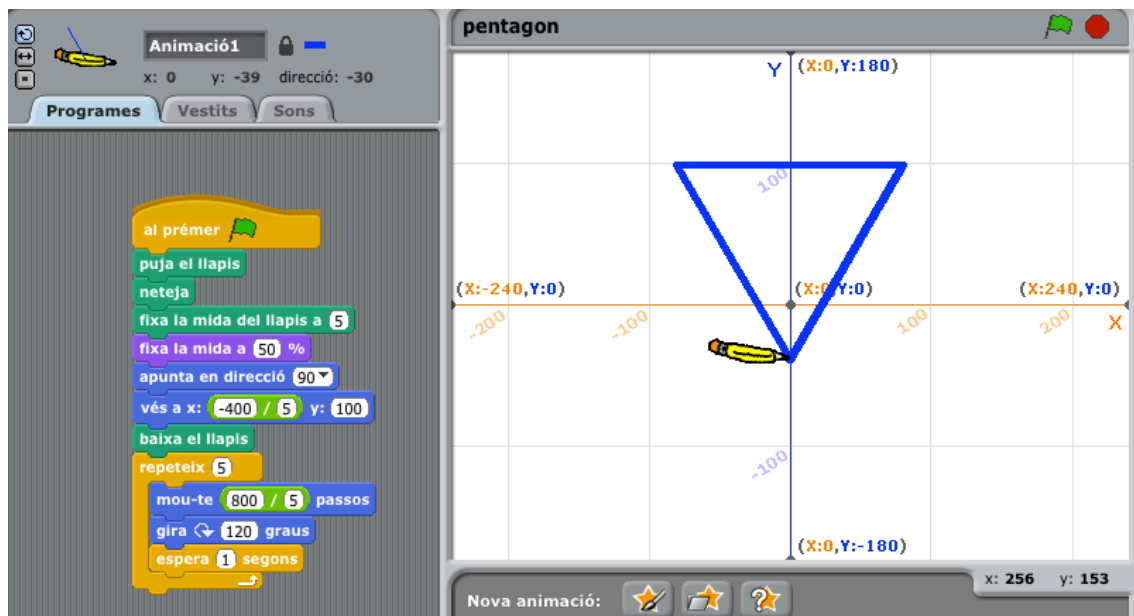
En les darreres sessions hem generat un programa que dibuixava un triangle equilàter. Per fer això hem canviat l'estructura del nostre primer algorisme (el del quadrat) i hem vist com només canviant 4 instruccions ("vés a x", "repeteix", "mou-te i "gira") era possible passar de dibuixar un quadrat a dibuixar l'esmentat triangle equilàter. La dificultat d'aquesta conversió ha estat trobar el valor numèric necessari per al gir del nostre llapis, o sigui, el valor de l'angle exterior del nostre triangle.

Ara volem anar una mica més lluny i volem crear un programa per dibuixar qualssevol polígon regular. Per fer això començarem dibuixant un pentàgon regular. Obriu el projecte "triangle.sb", i deseu-lo amb un nou nom ("pentagon.sb" per exemple). Ara bé, fixeu-vos que hem de canviar algunes coses en el programa, ja que volem dibuixar un pentàgon i no un triangle.

o) Quants costats té un pentàgon? Quants passos haureu de moure el llapis per dibuixar un costat d'un pentàgon regular? Recordeu-vos que el perímetre ha d'ésser de 800 passos.

Resposta:

p) Amb les dades obtingudes modifiqueu el valor de les instruccions "vés a x", "repeteix", "mou-te" per tal de dibuixar un pentàgon de perímetre 800. Què podeu observar?



¹⁰ <http://scratch.mit.edu/projects/10826181/>

El problema sembla ésser (una altra vegada) en la instrucció "gira". El valor de l'angle exterior d'un pentàgon no és com el d'un triangle (tampoc com el d'un quadrat) . Una estratègia per esbrinar aquest valor seria emprar el mètode de prova i error que heu fet servir prèviament. No obstant això, anirem directament a la resolució analítica del problema perquè ara volem esbrinar quina és la relació entre el nombre dels costats d'un polígon regular i un angle exterior, o sigui el nostre angle de gir. D'entrada representem un pentàgon regular.

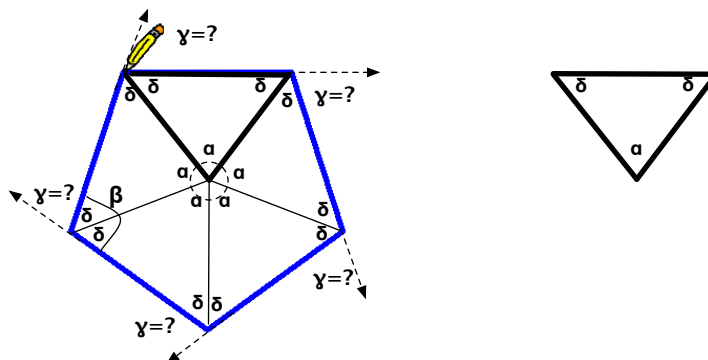


Figura 8: a) Angles i triangles isòsceles d'un pentàgon. b) Un triangle isòsceles

Podeu observar que tenim les dues menes d'angles que hem vist prèviament, els angles interiors anomenats β , i els angles exteriors anomenats γ . Ara però tenim altres elements com α i δ . Què representen? Bé, és evident que són angles però per què serveixen?

Recordeu-vos que estem buscant quin valor té l'angle exterior γ per poder dibuixar correctament el pentàgon regular. Tot i que els angles interiors i exteriors estan relacionats per l'expressió $\gamma = 180^\circ - \beta$, ara trobar el valor de β no és tan evident com en el cas del triangle equilàter. Abans de tot fixeu-vos que $\beta = 2\delta$. Llavors, per conèixer β haureu de calcular δ . Per trobar-ho necessitem dividir el pentàgon en triangles.

Un polígon regular es pot dividir en n triangles (on n és el nombre de costats del polígon) que estan definits per un dels costats del polígon regular i pels dos segments que uneixen els extrems d'aquest costat (els vèrtexs) amb el centre del mateix. Els angles α formats pels dos costats d'un triangle es diuen *angles centrals*. Ja tenim identificat la tercera mena d'angles d'un polígon.

3) en un polígon, un *angle central* α és l'angle al centre del polígon que es determina pel triangle format per un dels costats del polígon i els 2 segments que uneixen els seus extrems amb el centre del polígon. Aquests segments es denominen *ràdios*.

Una propietat interessant dels polígons regulars és que els ràdios són congruents (tenen la mateixa mesura). Per tant els triangles que divideixen un polígon regular són isòsceles. A més, com que els angles centrals d'un polígon regular són també congruents i la seva suma és 360° , es pot obtenir la mesura d'un angle central α a partir del nombre de costats n del polígon com

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$$

q) Fixeu-vos en la Figura 8b, com són els angles δ que s'oposen als costats de la mateixa longitud d'un triangle isòsceles?

Resposta:

s) Sabent que la suma dels angles d'un triangle és 180° , com s'expressaria la suma dels angles del triangle isòsceles de la Figura 8b? Trieu l'expressió correcta:

s1) $\alpha + 2\delta = 180^\circ$

$$\begin{aligned} \text{s2) } & \beta + 2\delta = 180^\circ \\ \text{s3) } & \gamma + 2\delta = 180^\circ \end{aligned}$$

Sembla que ara tenim tots els elements per poder trobar γ .

r) Sabent que $\beta = 2\delta$ i que $\gamma = 180^\circ - \beta$, com s'expressaria γ en funció de α ? Ajuda: substituïu el valor de 2δ esbrinat al punt s) en $\gamma = 180^\circ - \beta$:

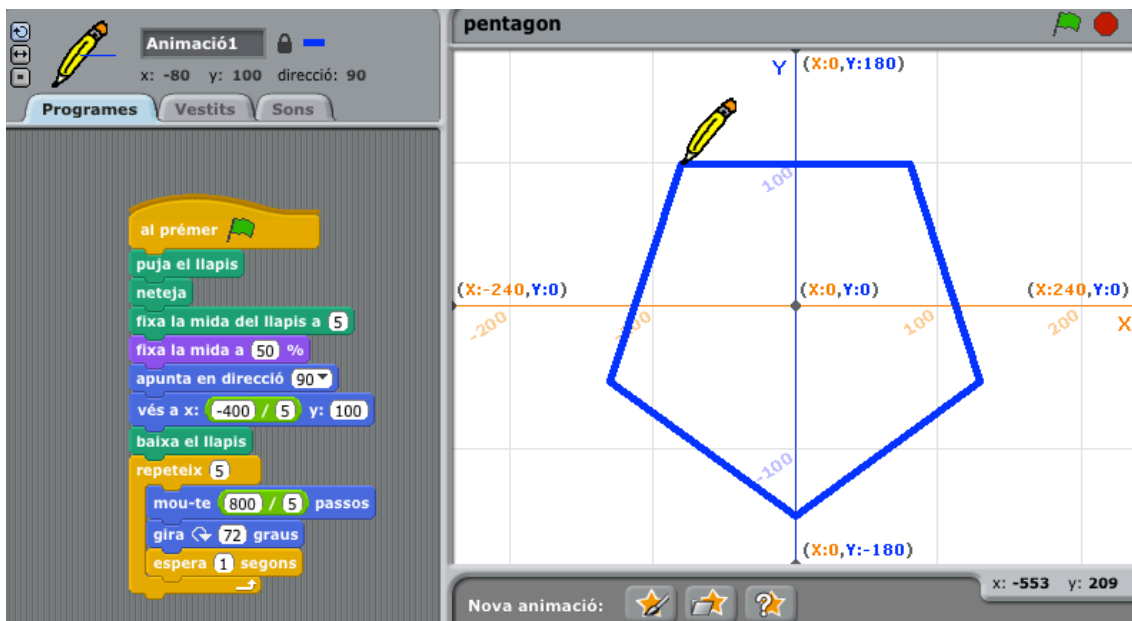
Resposta:

Felicitats! Heu trobat la relació entre el nombre dels costats d'un polígon regular i un angle exterior. Ara apliqueu aquesta relació per trobar el valor de l'angle gir del pentàgon que necessiteu en el programa "pentagon.sb".

s) Fixeu-vos en la Figura 8a. El pentàgon està dividit per 5 triangles isòsceles. Quin és el valor de l'angle central? Quin és el valor de l'angle exterior del pentàgon? Apliqueu aquest valor en el camp valor de la instrucció "gira" en el vostre programa.

Resposta:

Finalment, el programa "pentagon.sb" us hauria d'haver quedat així.



Si no us en sortiu baixeu-vos¹¹ la solució, i analitzeu-la fins que entengueu bé com funciona repetint els passos que siguin necessaris.

Sessió 6

Ara que hem dibuixat polígons regulars com quadrats, triangles equilàters i pentàgons volem aprofitar el programa "pentagon.sb" per crear una nova versió del programa que dibuixi qualsevol polígon regular. Per tant, el que farem ara, serà generalitzar el nostre algorisme. Obriu el projecte "pentagon.sb", i deseu'l amb un nou nom ("poligon.sb" per exemple). Ara bé

¹¹ <http://scratch.mit.edu/projects/10826190/>

fixeu-vos que hem de canviar algunes coses en el programa, ja que volem dibuixar un polígon regular qualsevol donat el nombre de costats i el perímetre.

t) Fixeu-vos en els tres programes en la figura. Quines instruccions canvien? En què canvien?



Resposta:

Ja us haureu adonat que les instruccions que canvien són “vés a x”, “repeteix”, “mou-te” i “gira”. Per poder generalitzar aquests programes haurem de fer servir una *variable* en el nostre programa. Com en matemàtica, una variable en programació és un contenidor per a un valor que pot canviar. En el nostre cas, la variable que hem d’afegir és la variable que indiqui el nombre de costats del polígon regular que volem dibuixar.

Per poder fer això seguiu els passos següents:

- Seleccioneu “Variables->Nova variable” i poseu el nom “n”. Dins de l’escenari apareixerà la variable “n”.
- Cliqueu-hi amb el botó dret del ratolí i seleccioneu “lliscador”. La variable ara serà una variable lliscant.
- Cliqueu-hi una altra vegada i seleccioneu “Defineix el mínim i màxim del lliscador”. Especifiqueu el valor mínim per tenir un polígon, el màxim deixeu-lo a 100.

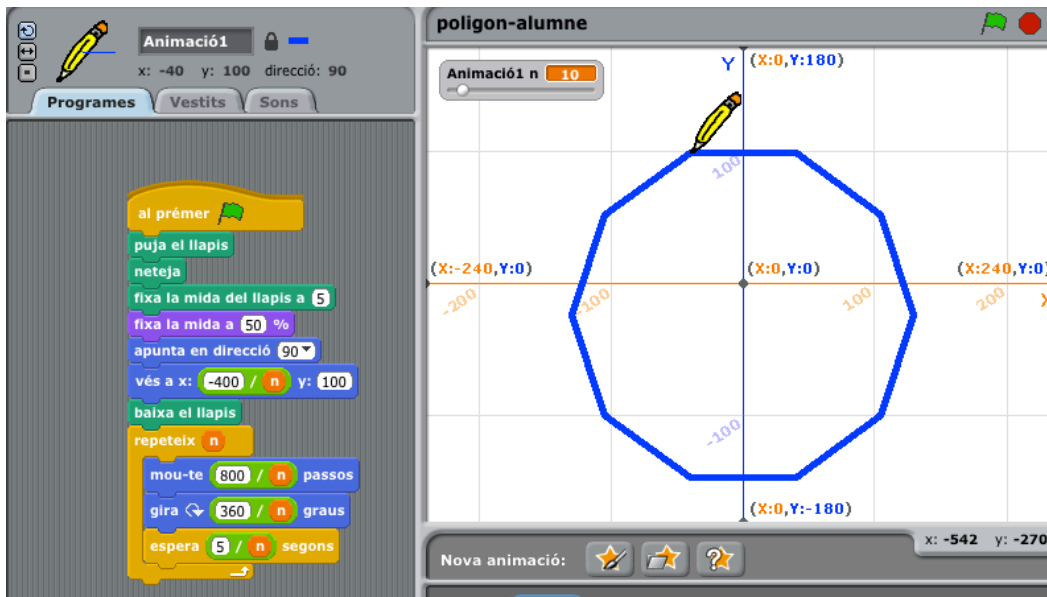
Perfecte, ja teniu la variable per indicar el nombre de costats, ara heu d’actualitzar totes les instruccions amb les formules on aparegui el nombre de costats. Com heu vist prèviament les instruccions “vés a x”, “repeteix”, “mou-te” i “gira” depenen de *n*.

u) Relacioneu les instruccions amb la formula corresponent. Feu servir les formules dins el programa "poligon.sb".

Instrucció	Formula
“vés a x”	n
“repeteix”	$\frac{800}{n}$
“mou-te”	$\frac{360^\circ}{n}$
“gira”	$-\frac{400}{n}$

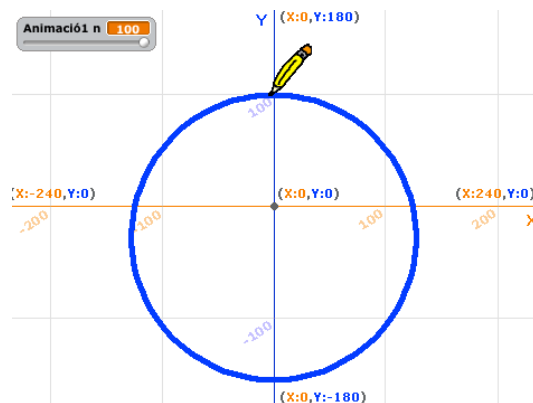
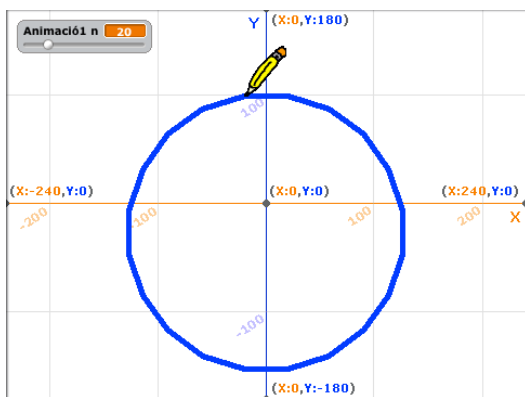
v) Creeu les comandes Scratch corresponent a les formules i modifiqueu el programa "poligon.sb" Dibuixeu un polígon regular amb 10 costats.

Finalment, el programa "poligon.sb" us hauria d'haver quedat així.



Si no us en sortiu baixeu-vos¹² la solució, i analitzeu-la fins que entengueu bé com funciona repetint els passos que siguin necessaris.

z) Augmenteu el nombre de costats a 25 i després fins a 100. Que observeu? A quina altra figura geomètrica s'assemblen els polígons dibuixats?



Què podeu deduir d'aquesta experiència?

Resposta:

¹² <http://scratch.mit.edu/projects/10826195/>

4.3 Practiquem les progressions aritmètiques amb l'Scratch

4.3.1 Fitxa Professorat

4.3.1.1 Fitxa Activitat

Descripció	Aquesta activitat pretén practicar els conceptes de progressions aritmètiques, com el terme general d'una progressió, mitjançant la resolució d'un problema amb el suport d'un programa Scratch
Títol	Els usuaris del poliesportiu
Alumnat destinatari	3r d'ESO
Bloc	Canvi i Relacions
Competències bàsiques	- matemàtica, - aprendre a aprendre, - autonomia i iniciativa personal, - tractament de la informació i competència digital, - comunicativa (lectora)
Competències matemàtiques	- Traduir un problema a llenguatge matemàtic o a una representació matemàtica utilitzant variables, símbols, diagrames i models adequats, - Emprar la comunicació i el treball col·laboratiu per compartir i construir coneixement a partir d'idees matemàtiques, - Seleccionar i usar tecnologies diverses per gestionar i mostrar informació, i visualitzar i estructurar idees o processos matemàtics
Continguts claus	- Llenguatge i càlcul algebraic, - Patrons, relacions i funcions
Continguts curriculars	- Comprendre patrons, relacions, i funcions - Representar i analitzar situacions i estructures matemàtiques utilitzant símbols algebraics - Estudiar les progressions aritmètiques i la seva diferència, construir el terme general d'una progressió aritmètica - Resoldre problemes que impliquin l'ús dels conceptes d'una progressió aritmètica
Coneixement previs	- Introducció a l'Scratch - Coneixements de numeració i càlcul - Successions i progressions - Equacions lineals, sistema d'equacions lineals
Temporització	2 sessions
Avaluació	Consisteix en dues parts: <ul style="list-style-type: none">▪ 50% activitat resolta d'incloure en el dossier de matemàtiques de l'alumne▪ 50% programa Scratch enviat per correu al professor

4.3.1.2 Context matemàtic

Veure Annex.

4.3.1.3 Implementació amb l'Scratch

Veure Annex.

4.3.1.4 Implementació a la classe

Aquesta activitat pretén practicar els conceptes de progressions aritmètiques, com els termes i el terme general, en un grup de 3r ESO. L'activitat s'ha utilitzat en una classe de matemàtiques i en la impartició de la unitat didàctica de "Successions i Progressions" per part de l'autor del document (veure el capítol 4 per una discussió dels resultats d'aquesta experiència). S'assumeix que els alumnes han ja treballat les successions, i que, per tant, estan una mica familiaritzats amb el llenguatge emprat en l'activitat com "terme", "terme general" tot i que l'activitat repassa aquests conceptes. En aquesta activitat els alumnes hauran de solucionar un problema de la vida quotidiana que impliqui les progressions aritmètiques mitjançant un programa Scratch. Per tant, estem parlant d'una activitat d'aula de la segona modalitat (veure Secció 3.2), o sigui, l'alumne estarà involucrat en la disseny i implementació d'un programa.

L'activitat es pot fer en dues sessions ja que, prèviament, haurem treballat l'Scratch i també les successions i les progressions. A la primera sessió, repassarem els conceptes d'una progressió aritmètica aprofitant el problema proposat. Això hauria de permetre als alumnes reforçar què s'entén per progressió, què és la diferència, i com es poden generar els seus termes a partir del terme general. Pel que fa la programació repassarem el concepte de variable, de llista i de bucle d'un programa i demanarem als alumnes el disseny de l'algorisme per generar els n primers termes d'una progressió amb una diferència fixada. La sessió es conclourà amb la creació d'un programa no parametritzat per generar els termes d'una progressió en concret. A la segona sessió, els alumnes construiran una versió generalitzada del programa per permetre generar els termes d'una progressió qualsevol. D'aquesta manera podran fer servir el programa per buscar la solució al problema proposat en l'enunciat. Finalment, demanarem als alumnes d'abstreure les progressions trobades a dues funcions lineals i de buscar la solució mitjançant la resolució gràfica d'un sistema d'equacions, fent ús del GeoGebra per exemple.

Pel que fa l'organització de l'aula, l'activitat està pensada per grups de dos, amb una fase de posada en comú al final de cadascuna de les sessions on es compararan les diferents solucions. L'avaluació consistirà tant en la redacció de la fitxa de l'alumne com en els programes Scratch creats.

4.3.2 Fitxa alumnat

Veure Annex.

4.4 El mètode d'Heró d'Alexandria per calcular l'arrel quadrada de un nombre

4.4.1 Fitxa Professorat

4.4.1.1 Fitxa Activitat

Descripció	Aquesta activitat pretén estudiar el mètode d'Heró d'Alexandria per calcular l'arrel quadrada d'un nombre natural positiu mitjançant aproximacions successives i un programa Scratch.
Títol	<i>La calculadora trencada</i>
Alumnat destinatari	1r ESO
Bloc(s)	Numeració i càlcul, Mesures
Competències bàsiques	- matemàtica, - aprendre a aprendre,

	- autonomia i iniciativa personal, - tractament de la informació i competència digital, comunicativa (lectora)
Competències matemàtiques	- Traduir un problema a llenguatge matemàtic o a una representació matemàtica utilitzant variables, símbols, diagrames i models adequats, - Emprar la comunicació i el treball col·laboratiu per compartir i construir coneixement a partir d'idees matemàtiques, - Seleccionar i usar tecnologies diverses per gestionar i mostrar informació, i visualitzar i estructurar idees o processos matemàtics
Continguts claus	- Sentit del nombre i de les operacions, - Càlcul algorísmic, - Llenguatge i càlcul algebraic, - Magnituds i mesura - Desenvolupament d'estratègies d'estimació de càlculs
Continguts curriculars	- Comprendre els nombres i les diferents formes de representació, - Comprendre el significat de les operacions - Calcular amb fluïdesa i fer estimacions raonables - Comprendre els atributs mesurables dels objectes, i les unitats, sistemes i processos de mesura
Coneixement previs	Operacions amb fraccions, Elevat al quadrat i extraure l'arrel quadrada Sistemes i processos de mesura Nombres i les diferents formes de representació
Temporització	2 sessions en modalitat 1, 4 sessions en modalitat 2
Avaluació	Consisteix en dues parts: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 50% activitat resolta d'incloure en el dossier de matemàtiques de l'alumne (100% en modalitat 1) ▪ 50% programa Scratch enviat per correu al professor

4.4.1.2 Context Matemàtic

Veure Annex.

4.4.1.3 Implementació amb l'Scratch

Veure Annex.

4.4.1.4 Implementació a la classe

Aquesta activitat pretén practicar el càlcul amb nombres decimals fent servir un mètode iteratiu, el mètode d'Heró, per calcular l'arrel quadrada d'un nombre enter mitjançant aproximacions successives. L'activitat està pensada per un grup de 1r d'ESO i fem dues propostes de com aquesta activitat es pot portar a l'aula depenent del tipus de modalitat que volem fer servir (veure secció 3.2).

Modalitat 1

L'objectiu d'aquesta activitat és que els alumnes practiquin el càlcul i les aproximacions amb nombres decimals, fent-los fer els passos de l'algorisme d'Heró per trobar l'arrel quadrada d'un

nombre. La gracia d'aquesta part de l'activitat és que es compara trobar l'arrel quadrada d'un nombre a trobar el costat d'un quadrat donada la seva àrea.

Els continguts es poden personalitzar força depenen del què volem treballar. Per exemple, un altre concepte que es podria reforçar són les operacions amb fraccions. Un bon exercici per els alumnes podria ser fer-los fer els passos de l'algorisme treballant primer amb fraccions i després amb nombres decimals. També podríem incloure temes de mesures. Per exemple, l'enunciat de l'activitat treballa amb centímetres tot i que es podria donar l'àrea amb mil·límetres quadrats i demanar el resultat amb centímetres per treballar conceptes de canvi de mesures.

Una vegada que els alumnes han practicat l'algorisme d'Heró, els proporcionarem un programa Scratch amb la implementació del mètode d'Heró ja feta. L'objectiu de donar als alumnes el programa és d'incentivar la reflexió sobre algunes qüestions, com, per exemple, el nombre de decimals que volem obtenir com resultat del programa i el cas en què (quins valors) l'arrel quadrada d'un nombre està definida. Com que els alumnes només faran servir un programa i no programaran, aquesta activitat és una activitat de modalitat 1.

Creiem que l'activitat en aquesta modalitat es pot fer en dues sessions: la primera per practicar el mètode d'Heró i la segona per l'ús del programa Scratch. A la primera sessió, els alumnes treballaran individualment i a la segona en grups de dos. Una altra possibilitat és que el professor projecti el programa amb el projector i que el grup classe treballi conjuntament. En tot dos els casos, cadascun dels alumnes haurà d'omplir i incloure la fitxa en el seu dossier de matemàtiques per a l'avaluació.

Modalitat 2

En el cas que l'activitat es porti a l'aula en modalitat 2, a banda de practicar el càlcul amb nombres decimals, volem també introduir els alumnes al disseny i a la programació. Per tant, els demanarem que implementin el mètode d'Heró amb un programa Scratch.

Per fer això, un concepte molt important en què haurem d'insistir força és el concepte de diagrama de flux i de disseny d'un algorisme. Demanarem als alumnes que facin primer un disseny del programa, detallant els passos necessaris per a la seva implementació. Una vegades fet això li demanarem una implementació amb l'Scratch. Com que estem a una 1r d'ESO la implementació és força pautada. Els alumnes ja tenen els blocs de les instruccions construïts, només els han d'encaixar en l'ordre correcte. Aquest enfocament pretén que els alumnes es familiaritzin amb l'entorn de l'Scratch i que entenguin els principis bàsics de la programació amb l'Scratch.

L'activitat en modalitat 2 es pot fer en quatre sessions. La primera sessió serà la mateixa que la primera sessió de l'activitat en modalitat 1. En la segona sessió introduïrem el concepte d'algorisme, de procés iteratiu, de bucle, variables i condicions d'un bucle. Finalment, en les últimes dues sessions treballarem amb l'Scratch, demanant als alumnes que s'embutin les mans aplicant els conceptes de programació vistos a la sessió precedent amb l'Scratch. Calculem que seran necessàries dues sessions almenys.

L'activitat es pot organitzar en les primeres dues sessions individualment i després en grups de dues persones. Grups massa grans podrien perjudicar l'activitat perquè com es tracta d'una activitat amb ordinador, doncs, amb grups grans resultarà que només serà una persona a fer el programa, i els altres el miraran. Amb grups de dues persones serà més senzill tenir el control de la classe en un grup de 1r d'ESO.

L'avaluació preveu l'avaluació de l'activitat feta a classe que cadascun dels alumnes haurà d'incloure en el seu dossier de matemàtica. També demanarem als alumnes que ens enviïn els treballs fets amb l'Scratch per correu electrònic.

4.4.2 Fitxa alumnat

Veure Annex.

4.5 Estudiem el creixement de les plantes amb l'Scratch

A continuació presentem una proposta d'un projecte de recerca interdisciplinari anomenat "*Estudiem el creixement de les plantes amb l'Scratch*". És un projecte per alumnes de 4t d'ESO que combina continguts de matemàtiques, tecnologia, informàtica i llengües. El projecte té diferents objectius: el disseny i la realització d'un petit experiment per esbrinar quines són les condicions favorables al creixement d'una planta (matemàtiques); l'ús de sensors per recollir dades del món real (tecnologia); la construcció d'un programa Scratch que representi el creixement de la planta d'una manera virtual (informàtica) i la presentació dels resultats de l'experiment amb unes transparències i amb una pàgina Web (llengües i informàtica).¹³

Des d'un punt de vista matemàtic, el projecte treballa continguts del bloc d'Estadística i Atzar. Per tant, en el desenvolupament del projecte els alumnes hauran de formular algunes hipòtesis que creuen ser interessants per a l'estudi del creixement de les plantes i validar-les mitjançant un estudi estadístic (per exemple, "És la llum important per al creixement? Quina intensitat?" "I la música?" "I la humitat?" "I la temperatura? etc.). Per fer això, s'hauran de recollir diversos paràmetres del món real, com temperatura, humitat present a l'aire i al sòl, son, llum, amb l'ús de sensors connectats a un ordinador i controlats per l'Scratch; s'hauran d'organitzar les dades i analitzar-les fent ús de l'estadística per poder trobar relacions significatives entre els paràmetres observats i el creixement de la planta. La recollida i l'anàlisi de les dades permetrà els alumnes no només de confirmar (o no) les hipòtesis que hauran plantejat en el disseny de l'experiment sinó també les dades necessàries per poder crear una aplicació Scratch que manipula la imatge virtual d'una planta.

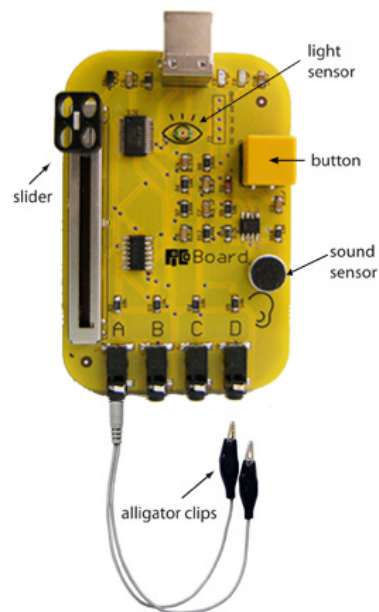


Figura 9: La tarja "PicoBoard" permetre connectar diferents sensors amb l'Scratch

Per poder recollir les dades els alumnes faran ús de diversos sensors connectats a l'Scratch. L'Scratch té la possibilitat de fer servir sensors reals per connectar amb el món real afegint una tarja connectada al port USB de l'ordinador, que es diu *PicoBoard* [18]. La tarja PicoBoard dona accés a diferents tipus de sensors, entre altres (Figura 9):

- sensor de llum
- sensor de so
- sensor d'humitat de l'aire i del sòl
- sensor de temperatura

Els sensors mesuren la quantitat de llum, de so, d'humitat i de temperatura amb valors dins d'un interval de [0,100].

¹³ Aquest projecte està creat combinant unes idees proposades en [4][30], tot i que aquí se'n desenvolupen els objectius, els continguts, les connexions amb altres matèries i la implementació al centre.

L'objectiu d'aquest projecte és per tant que l'alumnat, per grups, sigui capaç de dissenyar i realitzar un estudi estadístic, de recollir dades amb sensors connectats amb el món real i d'analitzar-les amb mètodes estadístics apropiats, de dissenyar i implementar una aplicació i de comunicar els propis resultats. Per la seva interdisciplinarietat, aquest projecte pot ser implementat per professorat de diverses especialitats (tecnologia, matemàtiques i informàtica), tot i que el projecte de recerca estarà tutoritzat per un professor del departament de matemàtiques.

A continuació despleguem la proposta del projecte basant-nos en l'exemple d'un projecte de recerca, "Aprendre a emprendre", proposat en [7]. Els objectius, continguts i criteris d'avaluació que són vàlids en el context d'aquest projecte s'han tret des de [7] deliberadament.

4.5.1 Objectius i competències bàsiques

Generalment, un projecte de recerca té com objectiu contribuir al desenvolupament de les competències bàsiques de l'ESO [6]. Aquest projecte té com a objectiu desenvolupar en l'alumnat les capacitats següents:

Objectius i competències¹⁴	CB1	CB2	CB3	CB4	CB5	CB6	CB8
Entendre els sensors i la seva aplicació.				X	X	X	
Familiaritzar-se amb la investigació científica, formular, experimentar i validar les hipòtesis d'un experiment científic.				X	X	X	
Manifestar una actitud creativa i autònoma per gestionar la pròpia feina, així com de cooperació i responsabilitat en el treball en grup [7].					X	X	X
Usar les noves tecnologies com a suport d'una investigació científica.		X		X	X		
Usar les noves tecnologies durant el procés de recerca, tractament de la informació, anàlisi i presentació final dels resultats [7].		X	X				

Taula 5: Objectius i competències del projecte "Estudiem el creixement de les plantes amb l'Scratch"

4.5.2 Continguts i connexions amb altres matèries

Els continguts d'aquest projecte de recerca tenen relació amb diverses matèries curriculars.

Continguts i connexions amb altres matèries¹⁵	INF	TEC	MAT	LLE	Bio
Aplicar les tècniques de la comunicació verbal i expressió corporal per a les exposicions en públic [7].				X	
Dissenyar un experiment científic per verificar unes hipòtesis formulades.			X		X
Usar sensors per mesurar paràmetres com temperatura, humitat, llum i son.		X			
Tractar les dades recollides per uns sensor mitjançant aplicacions informàtiques.	X	X			
Crear continguts multimèdia mitjançant aplicacions informàtiques.	X				
Integrar i organitzar elements multimèdia en estructures hipertextuals, dissenyar una presentació amb elements multimèdia.	X				
Formular preguntes abordables amb dades i recollir, organitzar i presentar dades rellevants per respondre-les.			X		
Seleccionar i utilitzar mètodes estadístics apropiats per			X		

¹⁴ Les competències bàsiques de l'ESO es poden trobar a la nota al peu 4 (pàgina 15).

¹⁵ INF: Informàtica, TEC: Tecnologia, MAT: Matemàtiques, LLE: Llengües, BIO: Biologia.

Continguts i connexions amb altres matèries¹⁵	INF	TEC	MAT	LLE	Bio
analitzar dades.					

Taula 6: Continguts i connexions amb altres matèries del projecte "Estudiem el creixement de les plantes amb l'Scratch"

4.5.3 Avaluació

L'avaluació del projecte de recerca tindrà en compte el procés global del treball realitzat i no únicament els resultats obtinguts. La qualificació final serà individual, i cal que prevegi la capacitat d'autonomia per gestionar la pròpia feina, així com l'actitud de cooperació i responsabilitat en el treball en grup. Els criteris d'avaluació d'aquest projecte de recerca són:

- Manifestar una actitud creativa i autònoma en la resolució de les tasques, tot demostrant la capacitat de rectificar en el cas necessari i de cercar la qualitat i l'originalitat en les produccions pròpies [7].
- Planificar i temporitzar de manera rigorosa la feina d'acord amb els objectius plantejats, i afrontar els problemes generats durant el procés de recerca i tenir capacitat per reconduir les estratègies [7].
- Integrar-se i participar activament en el treball en grup, tot mostrant respecte i capacitat dialògica envers els companys i companyes, així com responsabilitat, constància i mètode en l'execució de les tasques encomanades, tot ajustant-se als terminis previstos [7].
- Reconèixer i seguir rigorosament les fases d'un estudi estadístic, com la formulació de les hipòtesis, la recollida, organització i l'elaboració de les dades, la interpretació dels resultats, i la seva presentació.
- Dissenyar i implementar una aplicació multimèdia que interactui amb valors del món real recollits per uns sensors.
- Presentar públicament els resultats de la recerca, d'una manera oral i digital amb un discurs estructurat i amb rigor formal, on s'exposin les idees principals amb coherència, cohesió i capacitat de síntesis [7].

4.5.4 Implementació al centre

Atesa la mena de projecte proposat, els alumnes hauran de treballar-ho al llarg de tot el curs de 4t d'ESO. Normalment un projecte de recerca té una durada aproximada de 35 hores organitzades per blocs de diverses sessions. Hem identificat quatre blocs en els quals els alumnes portaran a terme l'experiment científic:

- *Presentació del projecte:* es comunicaran als alumnes els objectius, els continguts i els criteris d'avaluació del projecte. També s'introduiran alguns conceptes, com l'Scratch, la PicoBoard i les fases d'un estudi estadístic i es formaran els grups de treball. Aquest bloc tindrà una durada de 5 sessions.
- *Disseny de l'experiment:* cadascuna de les persones d'un grup escollirà un sensor amb el qual prendre les observacions. Això permetrà a cadascun dels membres d'un grup tant treballar de manera individual com posar en comú els seus resultats amb els altres. També els grups formularan les hipòtesis que voldran verificar al llarg de l'experiment. Aquest bloc tindrà una durada de 5 sessions.
- *Recollida de les observacions i anàlisi dels resultats:* els grups al llarg del curs faran les observacions amb els sensors connectats amb l'ordinador, i organitzaran i analitzaran les dades. També dissenyaran i implementaran un programa Scratch per representar virtualment el creixement d'una planta. Aquest bloc tindrà una durada de 20 sessions.
- *Presentació dels resultats:* els grups discutiran els resultats, i prepararan unes diapositives per fer una presentació oral als altres grups. Les presentacions seran avaluades pel professors dels departaments didàctics involucrats en el projecte. Els alumnes hauran de dissenyar i crear també una pàgina Web per publicar els propis resultats. Aquest bloc tindrà una durada de 5 sessions.

Després de les presentacions, cada grup d'alumnes lliurarà el material de l'experiment científic, que servirà per avaluar-lo i un dossier personal de cadascun dels alumnes, ja que la nota final

serà individual. És important dedicar un temps a fer una valoració global del projecte amb l'alumnat, per tal d'identificar i discutir els aspectes que hagin resultat més febles.

4.6 Resultats d'una experiència a l'aula

Pel que fa els resultats, l'única activitat que hem pogut experimentar a classe ha estat l'activitat de Canvi i Relacions (veure Secció 4.3 i annex). L'activitat s'ha dut a terme amb un grup d'alumnes de 3r d'ESO a les classes de matemàtiques dins de la unitat didàctica de Successions i Progressions. El grup de 3r d'ESO era de 30 alumnes però només 24 van assistir a les classes ja que els altres anaven a un grup de reforç.

En principi, l'activitat estava pensada per grups de dos però, com que alguns alumnes no disposaven d'ordinador a classe, els grups han sigut més flexibles, incorporant a vegades fins a quatre alumnes. En total han treballat 9 grups, 1 de quatre, 4 de tres, i 4 de dos alumnes. L'activitat s'havia de fer en dues sessions, però, per diferents motius que explicarem a continuació, vam trigar tres.

Tot i que prèviament s'havien treballats els conceptes principals de successions i progressions i l'ús de l'Scratch per generar les successions dels nombres enters, dels nombres imparells, i dels múltiples de tres en sessions anteriors, els alumnes van tenir dificultats per aplicar aquests conceptes en el desenvolupament de l'activitat i només dos grups van acabar l'activitat a l'aula.

Des del punt de vista matemàtic els dubtes més comuns es van manifestar amb comentaris com "No entenc el índex", "No sé per què serveix el terme general", "No ens surt el terme general", demostrant una certa dificultat en aplicar els conceptes de les progressions a un cas pràctic. Aquesta dificultat es va propagar al moment de la construcció del programa Scratch, tot i que la reacció va ésser força heterogènia, des de comentaris com "Què hem de fer", "Quan dius quina operació hem de fer per poder calcular els nombres, a què et refereixes?" fins "Ara que hem acabat el programa, què hem de fer?". Alguns grups d'alumnes van reaccionar força bé amb l'ús de les variables i fins i tot van entendre finalment que el terme general servia per generar qualsevol terme d'una progressió. També l'ús d'una variable índex en el programa els ha ajudat a comprendre l'índex dels termes d'una successió.

Al final de la unitat didàctica vam passar una petita enquesta per valorar l'ús de l'Scratch com a suport de les classes fetes. L'enquesta tenia 9 criteris organitzats en la manera següent:

- **Resolució de problemes:** amb l'objectiu d'esbrinar si l'ús de l'Scratch afavoreix l'aprenentatge de les matemàtiques:
 - L'Scratch millora la comprensió de la unitat didàctica
 - L'Scratch millora la capacitat d'anàlisi d'un problema
 - L'Scratch millora la comprensió de les variables
- **Motivació:** amb l'objectiu d'esbrinar si l'ús de l'Scratch augmenta la motivació en els alumnes cap les matemàtiques i la informàtica:
 - L'Scratch és intel·lectualment engrescador i motivador
 - L'Scratch estimula l'interès per a la unitat didàctica
 - L'Scratch estimula l'interès per a la informàtica
 - Faré servir l'Scratch en projectes personals
- **Comparació:** amb l'objectiu de comparar l'Scratch amb altres TICs:
 - L'Scratch és més difícil que el GeoGebra
 - L'Scratch és més difícil que l'Excel

Cadascun dels criteris es podia avaluar qualitativament (i quantitativament) amb "Molt en desacord (1)", "En desacord (2)", "Neutre (3)", "D'acord (4)" i "Molt d'acord (5)". Els resultats de l'enquesta són representats al gràfic següent.

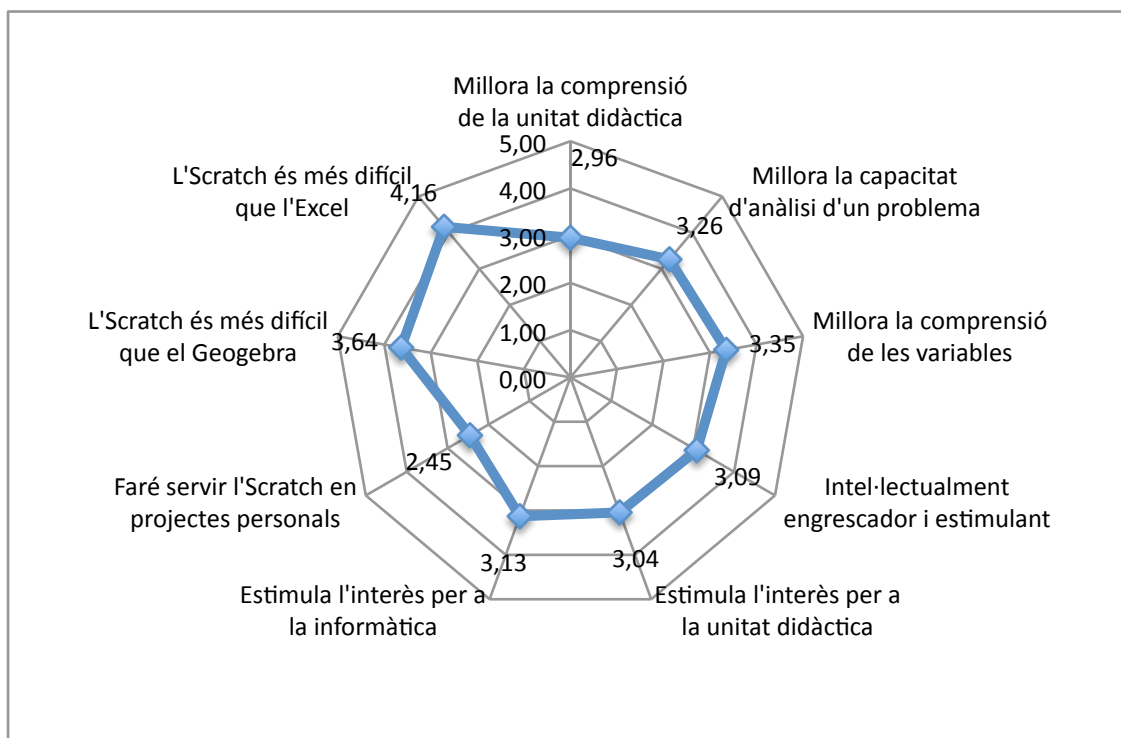


Figura 10: Resultats de l'enquesta sobre l'ús de l'Scratch en la unitat didàctica de "Successions i Progressions" en un grup d'alumnes de 3r d'ESO

L'enquesta ens ha permès esbrinar que l'actitud dels alumnes cap a l'ús de l'Scratch ha estat globalment neutre (3.23 com mitjana dels nou criteris). No obstant això si ens fixem en cadascun dels criteris podem observar que les puntuacions més altes són per els criteris "L'Scratch és més difícil que l'Excel" (4.16), "L'Scratch és més difícil que el Geogebra" (3.64) i "L'Scratch millora la comprensió de les variables" (3.35). En canvi el més baix és "Faré servir l'Scratch en projectes personals" (2.45). Els altres criteris es poden considerar neutres com per exemple el de "Millora la comprensió de la unitat didàctica" (2.96) i "Intel·lectualment engrescador i estimulant" (3.09).

En general podem concloure que aquesta experiència no ha sigut suficient per poder esbrinar si l'Scratch millora o no l'aprenentatge dels alumnes, tot i que sembla que permeti clarificar el concepte de variables, i per tant, d'incògnita de les matemàtiques. El què sí podem deduir és que els alumnes pensen que fer servir l'Scratch és més difícil que fer servir l'Excel i el GeoGebra. Pensem que això està relacionat amb la manca d'una fluïdesa digital dels alumnes tal com varem dir al principi d'aquest document. Per tant, sí que hi ha la necessitat de treballar més amb eines que fomentin el disseny de projectes a les escoles. Creiem que l'aspecte motivador de l'Scratch i el seu ús en projectes personals dels alumnes no han estat avaluats amb una puntuació més alta perquè l'activitat no ha tret tot el profit de les potencialitats de l'Scratch ja que l'hem fet servir només per treballar conceptes matemàtics. Creiem que una activitat més interdisciplinària com el projecte proposat a la secció 3.6 pot oferir una experiència més engrescadora per als alumnes i motivar-los més a explorar l'ús de l'Scratch d'una manera autònoma.

5 Conclusions

En aquest treball hem explorat i analitzat com l'Scratch, un entorn de programació visual i intuïtiu desenvolupat pel MIT, es pot fer servir com suport a la didàctica a l'escola secundària i, més concretament, a les classes de matemàtiques. Amb aquest treball hem aconseguit diferents objectius.

En primer lloc, hem identificat les característiques principals de l'Scratch i com es poden usar per treballar les competències bàsiques del currículum de l'ESO. Hem vist com l'Scratch fomenta la resolució de problemes d'una manera creativa, el pensament crític i sistemàtic, la recerca de múltiples estratègies com solucions diverses a un problema determinat, la reflexió i l'empatia dels alumnes. Aquestes habilitats són molt importants perquè els alumnes desenvolupin la capacitat de resoldre els problemes que trobaran en la vida quotidiana i de superar la seva formació acadèmica amb èxit.

En segon lloc, hem proposat unes competències informàtiques que pensem es poden desenvolupar i assolir introduint la programació a secundària amb l'Scratch. Pensem que aquestes competències poden desplegar la competència de tractament de la informació i competència digital del currículum de l'ESO d'una manera més concreta. Hem vist com les competències informàtiques tenen una certa analogia amb les competències bàsiques matemàtiques, com que ambdues emfatitzen el raonament i el pensament crític, el plantejament i l'argumentació de diferents estratègies per la resolució d'un problema i el treball col·laboratiu.

Finalment, hem proporcionat alguns recursos Scratch com a suport didàctic a les classes de matemàtiques per poder treballar les competències matemàtiques dels alumnes en els diferents blocs de continguts de Numeració i Càlcul, Mesura, Espai i Forma, Canvi i Relacions i Estadística i Atzar fent servir l'Scratch. Els materials mostren com a banda de continguts matemàtics es treballen conceptes de programació i, per tant, són recursos que es poden fer servir també a una classe d'informàtica de 4r d'ESO per introduir la programació. No obstant això, creiem que el disseny de projectes informàtics, i per tant l'assoliment de la competència digital, haurien d'ésser més present al llarg dels quatre anys de l'etapa de l'ESO.

Aquest treball, conjuntament amb l'experiència d'un dels recursos implementat a les classes de matemàtiques en la pràctica docent de l'autor, ens ha permès treure les conclusions següents:

- L'Scratch és un bon recurs per portar a l'aula de matemàtiques, ja que pot ésser motivador i engrescador per als alumnes, però cal introduir-ho gradualment a la classe. Per experiència en la pràctica docent, hem vist que els alumnes no estan acostumats a fer servir l'ordinador per crear coses noves i, dissenyar i implementar un projecte els presenta una certa dificultat. Per tant, com també s'ha observat en [12], aquestes dificultats han de ser previstes al moment de dissenyar les activitats.
- Com hem pogut comprovar en l'experiència a l'aula, la resolució de problemes amb l'Scratch és una bona oportunitat per introduir el concepte de variables i d'índex d'un terme. Els alumnes en poden entendre el seu significat i la seva utilitat en un context més significatiu i pràctic tal com s'ha exposat també en [12][22].
- Per la seva natura interdisciplinària, l'Scratch es presta força bé a ser usat com eina de suport per l'aprenentatge basat en projectes, treballant continguts de tecnologia, informàtica i matemàtiques transversalment. L'aprenentatge basat en projectes requereix una bona organització i una certa dedicació per part del professorat (i de l'alumnat) d'un centre, però, si s'ha organitzat bé, és una eina potent per millorar l'aprenentatge dels alumnes. En aquest sentit, creiem que l'ús de l'Scratch en un projecte de recerca com el que hem proposat en el context d'aquest treball pot oferir bones possibilitats per millorar la motivació i afavorir l'aprenentatge dels alumnes.
- L'ús de l'Scratch a l'aula en Catalunya està encara poc estès i hi ha encara molt potencial de l'eina per explorar [12]. Per fer això, es requereix la introducció de l'Scratch en la pràctica docent del dia a dia incorporant-lo en la resolució de problemes matemàtics i d'altres matèries.

Finalment, com conclusió general, podem afegir que la integració de les noves tecnologies en la metodologia didàctica actual a les classes de matemàtiques no és gens senzill. Un canvi de la metodologia didàctica per l'ensenyament de les matemàtiques requereix un canvi de mentalitat tant per part del professorat com per part de l'alumnat. Els primers solen estar acostumat a donar les classes d'una manera força tradicional i, per tant, la incorporació de les noves tecnologies no és entesa com una nova metodologia sinó només com una manera diferent de fer les coses. Els segons solen estar acostumats a un aprenentatge passiu on l'actor principal és el professor, i ells apliquen el coneixement après sense cap esperit crític i d'exploració. Per tant, creiem que perquè el canvi sigui efectiu haurà d'ésser fet gradualment amb la implicació de les institucions, o sigui a nivell de currículum, i de tota la comunitat escolar.

Referències

- [1] http://es.wikipedia.org/wiki/Poligono_regular, (consultat 20/05/2013)
- [2] <http://www.geogebra.org/en/wiki/index.php/Catalan>, (consultat 02/06/2013)
- [3] <http://scratched.media.mit.edu/>, (consultat 26/05/2013)
- [4] Delgado-Pin, J., García-Yeste, J., Güell-Gelabert, J. D209 - Scratch: Introducció a la programació d'ordinadors. <http://www.xtec.cat/formaciociv/dvdformacio/materials/td209/>, (consultat 01/03/2013)
- [5] Departament d'Ensenyament. Competències bàsiques de l'àmbit matemàtic. http://www20.gencat.cat/docs/Educacio/Home/Departament/Publicacions/Col_leccions/Competencies_basiques/competencies_mates_ESO.pdf (consultat, 02/06/2013)
- [6] Departament d'Ensenyament. Currículum i orientació ESO: Projecte de recerca. http://www.xtec.cat/web/curriculum/eso/sintesi_recerca (consultat 09/06/2013)
- [7] Departament d'Ensenyament. Orientacions per al desplegament del currículum. Aprendre a emprendre: un exemple de projecte de recerca. http://www.xtec.cat/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/2efae92f-44bf-468f-8760-3bc232a69263/projecte_recerca_emprendre2.pdf (consultat 09/06/2013)
- [8] DECRET 143/2007: Ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria. <http://www.gencat.cat/diari/4915/07176092.htm>, (consultat 02/06/2013)
- [9] Gomà, A. Jocs numèrics amb l'Scratch. <http://apliense.xtec.cat/arc/node/103>, (consultat 02/06/2013)
- [10] Jareño, J. Bloc. Les arrels de les arrels quadrades. Bloc del Calaix +ie, <http://calaix2.blogspot.com.es/> (consultat 24 Abril 2013)
- [11] Moodle.org: Open-source community-based tools for learning. <https://moodle.org/>.
- [12] López-Beltran, M. Scratch: un recurs didàctic per a les classes de matemàtiques. Noubiaix 32, pp. 6-13, 2013.
- [13] Maloney, J., Burd, L., Kafai, Y., Rusk, N., Silverman, B., and Resnick, M. Scratch: A Sneak Preview. In *Proceedings of the Second International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing (C5 '04)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 104-109, 2004
- [14] Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., and Eastmond, E. 2010. The Scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education* (10)4, Article 16, 15 pages, (November 2010)
- [15] Papert, S. *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: BasicBooks, 1993.
- [16] Papert, S. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, 1980
- [17] Partnership for 21st Century Skills (2003). *Learning for the 21st Century*. http://www.p21.org/storage/images/stories/otherdocs/P21_Report.pdf (consultat 27/05/2013)
- [18] PicoBoard. Connect real-world sensors to your Scratch projects. <http://www.picocricket.com/picoboard.html>, (consultat 09/06/2013)
- [19] Resnick, M. Rethinking Learning in the Digital Age. In *The Global Information Technology Report: Readiness for the Networked World*, edited by G. Kirkman. Oxford University Press, 2002.
- [20] Resnick, M. Technologies for Lifelong Kindergarten. *Educational Technology Research and Development*, 46(4), pp. 43-55, 2008
- [21] Resnick, M., Kafai, Y., Maeda, J. A networked, media-rich programming environment to enhance technological fluency at after-school centers in economically-disadvantaged communities. Proposal to the National Science Foundation (project funded 2003–2007).

- [22] Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., Kafai, Y. Scratch: programming for everyone. *Communication of the ACM* (52)11, pp. 60-67, (November 2009)
- [23] Resnick, M., N. Rusk, and S. Cooke. "The Computer Clubhouse: Technological Fluency in the Inner City." In *High Technology and Low- Income Communities*, edited by D. Schon, B. Sanyal, and W. Mitchell. pp. 266-286, Cambridge: MIT Press, 1998
- [24] Sessions d'ESTALMAT Pi: Aplicació de l'Scratch a l'anàlisi de problemes matemàtics. <http://www.xtec.cat/~mberini/estalmatpi/1011/index.htm>, (consultat 20/05/2013)
- [25] Smyly, J. G. Square Roots in Heron of Alexandria, *Hermathena* No. 63, pp. 18-26, Published by: Trinity College Dublin, 1944. Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/23037668>
- [26] Tutoriales sobre Scratch. <http://www.scratchbydsigno.com.ar/tutoriales/tutoriales.html>. (consultat 20/05/2013).
- [27] Scratch 1.4 Reference Guide. http://info.scratch.mit.edu/Support/Reference_Guide_1.4 (consultat 27/05/2013)
- [28] Subiranas-Oliu, V. Introducció a la programació amb Scratch! <http://www.xtec.cat/~voliu/scratch-intro/>, (consultat 01/03/2013)
- [29] Subiranas-Oliu, V. Programem amb Scratch! <http://apliense.xtec.cat/arc/node/1079>, (consultat 01/03/2013)
- [30] Urrea Claudia. Measure, Manipulate and reflect. <http://scratched.media.mit.edu/resources/measure-manipulate-and-reflect>, (consultat 09/06/2013)
- [31] Wing, J. Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), pp. 33-35, 2006