



# Guia d'implementació STEAM

AUTORS: DAVID SEGARRA, BELÉN LÓPEZ, LAURA RUBIO, RAFAEL MARÍN (FUNDACIÓ CATALANA PER A LA RECERCA I LA INNOVACIÓ, FCRI). AMB LA COL·LABORACIÓ D'ANTONI CHAQUET LÓPEZ, JOAN FONOLLOSA, ÁLEX ORTIZ, EDUARD MARGELÍ, VÍCTOR LÓPEZ, MARCEL COSTA, VÍCTOR GRAU, SILVIA ZURITA, JORDI DÍAZ-MARCOS.



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## Contingut

INTRODUCCIÓ .....	4
Indicacions generals: com treballar projectes STEAM a l'aula.....	5
Recomanacions pedagògiques .....	5
L'Aprenentatge Basat en Problemes .....	6
PROGRAMACIÓ .....	8
Objectius .....	8
Consells per la seva utilització a l'aula .....	8
Consideracions abans de la seva utilització .....	9
Recursos .....	9
Exemples pràctics .....	10
ROBÒTICA .....	10
Objectius .....	10
Consells per la seva utilització a l'aula .....	10
Consideracions abans de la seva utilització .....	11
Recursos .....	11
Exemples pràctics .....	12
LABORATORIS VIRTUALS I REMOTS .....	12
Objectius .....	12
Consells per la seva utilització a l'aula .....	13
Consideracions abans de la seva utilització .....	13
Recursos .....	14
Exemples pràctics .....	14
VIDEOJOCS EDUCATIUS.....	15
Objectius .....	15
Consells per la seva utilització a l'aula .....	15
Consideracions abans de la seva utilització .....	16
Recursos .....	16
Exemples pràctics .....	16
EXPERIMENTACIÓ LOW COST.....	17
Objectius .....	17
Consells per la seva utilització a l'aula .....	17
Consideracions abans de la seva utilització .....	18
Recursos .....	18
Exemples pràctics .....	19
IMPRESSIÓ 3D.....	19
Objectius .....	19
Consells per la seva utilització a l'aula .....	19
Consideracions abans de la seva utilització .....	20
Recursos .....	20
Exemples pràctics .....	21
ÒPTICA I FOTÒNICA .....	21
Objectius .....	21
Consells per la seva utilització a l'aula .....	22
Consideracions abans de la seva utilització .....	22
Recursos .....	23
Exemples pràctics .....	23
NANOTECNOLOGIA .....	24
Objectius .....	24

Consells per la seva utilització a l'aula .....	24
Consideracions abans de la seva utilització .....	24
Recursos .....	25
Exemples pràctics .....	25

## INTRODUCCIÓ

Cada cop més, els experts tendeixen a situar l'ensenyament de les ciències dins del marc de la pràctica científica; és a dir, es pretén que la didàctica de la ciència no estigui centrada únicament en el coneixement de continguts (productes de la ciència) sinó també en els processos de la ciència.

En aquest sentit, el que es coneix com disciplines STEAM ofereix una oportunitat única per involucrar l'alumnat en processos anàlegs als que es produeixen en la ciència: indagació, experimentació, modelització, argumentació... Participar en tota aquesta gama de pràctiques d'investigació ajuda l'alumnat a comprendre com es desenvolupa el coneixement científic.

Hi ha evidències de que l'educació d'avui en dia no només allunya l'interès dels estudiants per les ciències i les enginyeries, sinó que els deixa també amb un coneixement fragmentat i poc coherent. Per tant, és necessari enfocar l'aprenentatge de la ciència i la tecnologia de manera global.

En aquesta guia, doncs, queden reflectides un seguit de tecnologies aplicables dins d'aquest context d'aprenentatge. Per cadascuna s'analitzen consideracions prèvies a la seva aplicació, es donen indicacions de com usar-les a les aules i es proporcionen exemples de pràctiques satisfactòries que poden servir d'inspiració per la seva implementació.

Aquesta guia és la continuació del informe 'State of the Art of Stem technologies'. Tots dos formen una unitat, i val la pena consultar-los conjuntament. Els informes han estat realitzats en el marc del projecte europeu sySTEAM.

## Indicacions generals: com treballar projectes STEAM a l'aula

Aquesta guia presenta diverses tecnologies aplicables a l'aula i les peculiaritats de cadascuna. Però més enllà de les característiques de cadascuna, hi ha uns trets comuns quan es treballen els projectes STEAM a l'aula.

Aquesta introducció vol presentar unes recomanacions pedagògiques bàsiques per abordar amb èxit l'ensenyament STEAM a l'aula, i que són aplicables a qualsevol tecnologia.

### Recomanacions pedagògiques

1. **Adequar l'aula.** Caldrà crear un espai adequat on sigui possible que els alumnes dugin a terme els seus experiments i puguin treballar en equip per tal de compartir idees, redactar o debatre. A més, se'ls haurà de proporcionar el material necessari segons els dissenys de les seves investigacions. En molts casos, aquests materials poden ser de baix cost o pot ser material disponible als laboratoris del centres educatius, encara que també hi ha la possibilitat d'utilitzar simuladors o laboratoris virtuals per tal de dur a terme experiències més sofisticades.
2. **Formular preguntes adequades.** Els docents han de plantejar preguntes que resultin constructives i que moguin els alumnes a aprofundir en els seus raonaments, deixant de banda les qüestions que es poden contestar amb simples definicions. A més, cal crear un ambient a l'aula on tothom pugui dir la seva i pugui respondre les preguntes sense por a equivocar-se.
3. **Conèixer les idees prèvies dels alumnes.** Moltes vegades, ells ja tenen uns coneixements previs sobre determinats fenòmens que poden ser erronis o estar incomplets. La tasca del professor serà conèixer-les per tal de completar o reconstruir aquestes idees i que siguin més acurades científicament. Per això és bo començar cada nova investigació amb debats sobre el què pensen els estudiants sobre allò que s'anirà a investigar. També es pot demanar que els alumnes dibuixen models o escriguin explicacions de com creuen que ocorre un determinat fenomen.
4. **Organitzar debats en grup.** D'aquesta manera es permet que els estudiants puguin compartir les seves idees, apreciar punts de vista diferents i aprendre de les aportacions dels companys. Però cal tenir en compte que els debats no es duren a terme de manera espontània: cal un entrenament previ dels alumnes en la cultura del debat. Respectar el torn de paraula, reflexionar uns segons abans de parlar i pensar bé el què es vol dir, o poder obtenir conclusions a partir dels debats són habilitats que s'han de treballar abans amb els alumnes. Per altra banda, la tasca del professor ha de ser la d'iniciador i guia del debat, però deixant que els alumnes facin es vagin responent entre ells.
5. **Elaborar productes finals.** Cal incloure també l'elaboració de diferents materials que permetin els alumnes registrar tot el procés de les seves investigacions, i així poder-se'n adonar del què han après i de com ho han après. A més, d'aquesta manera, els docents poden consultar-los per analitzar si l'aprenentatge del seus alumnes ha estat adequat i poder orientar-los millor. Aquests productes poden ser quaderns de laboratori, protocols dels experiments, presentacions orals o pòsters. Serà bo proporcionar prèviament als alumnes models dels diferents productes per a que puguin aprendre a realitzar-los. I també cal tenir cura, a l'hora de corregir-los, de no centrar-se en la

detecció d'errors ortogràfics o de sintaxi sinó en guiar-los en els seus raonaments amb comentaris productius.

## L'Aprentatge Basat en Problemes

Per a introduir conceptes STEAM a l'aula, recomanem que el docent apliqui l'Aprentatge Basat en Problemes (ABP), una manera d'ensenyar i aprendre ciència que es basa en la importància de que els alumnes comprenguin veritablement el què estan estudiant; és a dir, l'ABP s'allunya de l'aprenentatge superficial que suposa la memorització d'informació i conceptes.

La recerca en la didàctica de les ciències mostra com els estudiants, des de ben petits, tenen una gran curiositat pel que els envolta i són capaços d'elaborar explicacions sobre fenòmens que poden observar en el seu dia a dia. L'ABP pretén donar continuïtat a aquesta curiositat i ajudar a que les explicacions espontànies dels alumnes es converteixin en formulacions més acurades científicament mitjançant la realització d'activitats ben estructurades.

A més, l'ABP permet que els estudiants treballin de manera anàloga a com ho fan els científics en un intent que les classes de ciència no siguin enteses com una manera de consumir els productes de la ciència, sinó de com fer ciència. De la mateixa manera que aprenem a cuinar quan cuinem, o aprenem habilitats socials quan ens relacionem, també aprenem ciència fent ciència. Per tant, es tracta que l'alumnat no es limiti a repetir uns guions ja establerts pels docents, sinó que se'ls ha de permetre explorar, investigar, elaborar conclusions i, per últim, comunicar allò que han après.

Per això, és necessari entendre el context de l'alumnat i els seus interessos, per tal de dissenyar activitats i experiències adequades al seu nivell de coneixements, que permetin motivar-los i que els facin reflexionar sobre els fenòmens del seu entorn.

Tenint en compte que l'ABP es pot dur a la pràctica de manera diferent depenent de les eines, les habilitats i els coneixements dels professors, a continuació es donen una sèrie de consideracions generals i recomanacions pedagògiques que caldrà seguir en la seva implementació.

### Consideracions bàsiques sobre l'ABP

1. L'experiència directa és important. L'alumnat ha de poder experimentar directament el fenomen que està investigant. La recerca en aprenentatge ens diu que els alumnes, fora de l'escola, aprenen i construeixen conceptes a partir de l'experiència directa amb el què els envolta. Per això, és necessari que a les aules passi el mateix: cal donar la possibilitat de que els alumnes puguin qüestionar-se les seves idees prèvies mitjançant la formulació de noves preguntes a partir de diferents experiments.
2. La pregunta com a punt de partida. Els alumnes han d'entendre que el punt de partida de la seva investigació ha de ser una pregunta. Una manera de motivar-los i que es sentin involucrats en la investigació és donar-los l'oportunitat de plantejar ells mateixos aquesta pregunta, per tal que sigui el més significativa possible per ells.
3. La necessitat d'aprendre diferents habilitats. Per tal de dur a terme la seva investigació, els alumnes hauran de ser capaços d'observar, plantejar preguntes, realitzar prediccions, dissenyar investigacions, analitzar informació i formular afirmacions basades en l'evidència. La tasca del docent serà guiar-los durant tot el procés per tal que puguin desenvolupar aquestes habilitats.

4. Més enllà de la simple experimentació. La classe de ciències no s'ha de convertir en realitzar unes determinades experiències manipulatives, sinó que s'ha de demanar als estudiants que reflexionin, pensin, discuteixin sobre allò que s'està produint. Per això es poden organitzar debats entorn a l'experiment: d'aquesta manera anirà aflorant idees que després ells poden anar redactant per tal de fer-les més acurades.

5. Ús de fonts d'informació secundàries. En l'ABP és necessari també recórrer a altres fonts d'informació més enllà de l'experimentació directa. Es poden consultar llibres, Internet o inclús altres experts per tal de completar la informació que no han pogut trobar mitjançant el seu experiment.

6. La ciència és una activitat col·laborativa. Per tant, els alumnes han de treballar en petits grups per tal de poder compartir idees, debatre i reflexionar amb els companys de la mateixa manera que ho fan els científics professionals. És necessari que els docents pugin formar grups cooperatius equilibrats per afavorir al màxim un bon clima de treball i que cadascú pugui fer aportacions segons les seves capacitats.



# PROGRAMACIÓ

## Objectius

La pràctica computacional ha guanyat pes dins els currículums acadèmics recentment, i queda recollida dins dels estàndards educatius com el K12 Next Generation Science Education Standards. Això és degut a que la programació més que una finalitat en sí mateixa, per tal d'aprendre uns determinats llenguatges computacionals, és entesa com un mitjà per tal de que l'alumnat participi de processos anàlegs a l'activitat científica.

Així, la programació a les aules pretén que l'alumnat:

- sigui capaç de construir models de fenòmens que l'envolten mitjançant l'abstracció de conceptes
- adquireixi la capacitat de resolució de problemes, doncs la programació permet a l'alumne adonar-se'n quasi de manera immediata si l'ordre que ha programat és o no correcta
- desenvolupi la seva creativitat i imaginació
- conegui diferents llenguatges de programació, per exemple l'Scratch o el Processing

## Consells per la seva utilització a l'aula

Tant si s'empren la programació a les aules com a mitjà o com a finalitat, els consells que els experts proporcionen poden ser comuns. Podem destacar els següents:

- 1. Separar el llenguatge digital i la ciència a aprendre.** Abans de res, caldrà aprendre a programar per saber quin ventall de coses es poden explicar. Es pot començar fent que l'alumnat programi jocs (tipus videojocs) o animacions on diferents personatges interactuin, la qual cosa els motivarà la vegada que els permetrà familiaritzar-se amb el funcionament del software.
- 2. Ser incremental.** Per una banda, si el que es vol és que els estudiants programin un determinat model de qualsevol fenomen natural, el que s'haurà és de començar per processos senzills, com per exemple l'escalfament d'un got d'aigua exposat a la llum del Sol; i a partir d'aquí es poden anar modelitzant altre processos més complexes, com la distribució de càrregues a un generador Van der Graaf. Per altra banda, si el que es vol és implementar una activitat per a que els estudiants comencin a conèixer el funcionament dels diferents llenguatges de programació, s'haurà també de començar amb tasques senzilles, que no impliquin moltes ordres, per tal que es puguin anar familiaritzant de mica en mica.
- 3. Eina transversal.** La programació no pot ser exclusiva de l'àrea de Tecnologia (o Enginyeria), sinó que ha de ser transversal a totes les matèries. És necessari que els centres educatius s'organitzen per tal que totes les disciplines contribueixin a que els estudiants siguin competents en programar.
- 4. Eina per treballar la diversitat.** A més, la programació permet que l'alumnat treballi de manera autònoma, amb la qual cosa cadascú pot aprendre i treballar al seu ritme. Per això, és important fixar uns objectius clars quan es plantegen les activitats, tenint en compte que sempre l'alumnat haurà de començar per esquematitzar el seu model amb full i paper, i no posar-se a programar sense cap guió previ. Per exemple, si es vol programar un joc caldrà abans de res tenir clares les regles, si es vol programar una animació serà necessari fer un

guió o si es vol explicar un fenomen natural serà necessari saber quins factors intervenen en ell.

### Consideracions abans de la seva utilització

En primer lloc, el professorat haurà de conèixer i dominar aquell programa de programació que es farà servir. És recomanable provar-ne diferents per veure la possibilitat que ofereix cadascun. Entre els més senzills que l'alumnat de secundària pot fer servir els experts destaquen l'Scratch (no és necessari conèixer llenguatge de programació), el Processing (que té una sintaxi basada en Java però assequible per programadors no experimentats) o una variant de l'Scratch que és l'Scratch per Arduino (pensada per programar en robòtica). Tots ells serien de codi obert i per tant assequibles per qualsevol escola.

Per altra banda, caldrà vigilar la frustració de l'alumnat i trobar un equilibri perquè en la seqüenciació de les activitats es passarà de donar unes instruccions pautades a deixar-los llibertat en els seus projectes. És necessari que el professorat trobi un punt just d'intervenció. És recomanable que un primer moment tot l'alumnat pugui treballar la mateixa activitat i que després agafin camins diferents segons els seus objectius. En aquest sentit, s'ha d'evitar que la programació sigui un obstacle per a que l'alumnat pugui modelitzar un determinat fenomen.

Per últim, s'ha de tenir en compte que el paradigma TESAM pot ser només atractiu per un determinat perfil d'alumnat (noi amb un background molt concret i amb certa inquietud per les ciències), però el que s'ha de pretendre és fer-lo extensiu a altres perfils d'alumnat. Per tant, s'han de dur a terme activitats que puguin relacionar la programació amb diferents camps i reptes socials.

### Recursos

[Computing at School \[http://www.computingschool.org.uk/\]](http://www.computingschool.org.uk/) (web que promou la programació a les aules i crea una comunitat virtual per donar recursos i tutorials a través de fòrums)

[Processing \[https://processing.org/\]](https://processing.org/) (web del software Processing amb tutorials, guies i exemples de la seva utilització)

[Scratch for Educators \[https://scratch.mit.edu/educators/\]](https://scratch.mit.edu/educators/) (en l'espai que la web té destinada a educadors es poden trobar tutorials, guies i també treballar en línia amb els estudiants)

[Talentum Schools \[http://talentumschools.com/Cursos\]](http://talentumschools.com/Cursos) (web de la Fundació Telefònica on s'ofereixen diferents cursos de programació entre d'altres tecnologies) – potser incloure-ho només a la versió en català ???

BRENNAN, K., i RESNICK, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. En Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association (pp. 1–25). Vancouver.

WAGH, A., COOK-WHITT, K., i WILENSKY, U. (2017), “Bridging Inquiry-Based Science and Constructionism: Exploring the Alignment Between Students Tinkering with Code of Computational Models and Goals of Inquiry”, Journal of Research in Science Teaching, 54, 615–641.

## Exemples pràctics

[Scratch Tutorials \[https://scratch.mit.edu/help/videos/\]](https://scratch.mit.edu/help/videos/) (Scratch proporciona vídeos tutorials amb diferents exemples de les seves possibilitats per fer animacions i jocs)

[BBC Schools Computing \[https://www.bbc.com/education/subjects/zvc9q6f\]](https://www.bbc.com/education/subjects/zvc9q6f) (web de la BBC on es proporcionen recursos per explicar conceptes de programació als estudiants de Secundària)

## ROBÒTICA

### Objectius

La robòtica, per la seva necessitat de desenvolupar una idea i materialitzar-la, és una disciplina transversal on intervenen diferents àmbits: enginyeria, matemàtiques, física, electrònica, programació i disseny, fins i tot domini del software SketchUp per la impressió en 3D. Per tant és una molt bona opció per treballar diferents aspectes educatius:

1. Traslladar conceptes abstractes a la realitat i fer-los més comprensibles per l'alumnat
2. Afavorir l'autonomia personal dels estudiants i la seva capacitat de resolució de problemes, doncs ells són els makers de les seves pròpies idees
3. Despertar la vocació científica i tecnològica dels estudiants
4. Permetre que l'alumnat aprengui a treballar en grup i millorar la cohesió a l'aula

A més, és gairebé imprescindible treballar la robòtica des d'un punt de vista de projecte global, en el què la finalitat de l'activitat és presentar un aparell que satisfagui una determinada necessitat o millorar-ne algun que ja existeix. Per tant, els estudiants es relacionen de manera més conscient amb el seu entorn.

### Consells per la seva utilització a l'aula

Per tant, partint d'aquesta necessitat de treball globalitzat i basat en problemes, per tal d'aplicar la robòtica a l'aula, s'haurien de tenir en compte els següents aspectes:

- 1. Realització d'activitats progressives.** Tot i que l'objectiu de la robòtica serà construir un objecte que els estudiants hauran ideat per solucionar una necessitat del seu entorn, cal tenir en compte que això requereix d'unes habilitats prèvies, sobre tot en el camp de la programació. Per aquest motiu, els experts recomanen que es facin petites pràctiques prèvies, amb pautes molt senzilles, per tal que els alumnes vagin adonant-se'n de la correlació entre programació i robotització i adquireixin els coneixements necessaris que després aplicaran en la construcció del seu aparell.
- 2. Organització en grups de treball.** Gran part de l'èxit i aprofitament del treball amb projectes de robòtica és la capacitat que tingui el professorat per organitzar els seus alumnes en grups que estiguin equilibrats i en els què hi hagi alumnes amb diferents capacitats i habilitats. Així serà més fàcil que cadascú pugui desenvolupar una tasca: des de la coordinació del grup, fins saber explicar als companys el projecte o tenir més destresses matemàtiques o visió espacial. A més, d'aquesta manera es pot també integrar la diversitat de l'alumnat. El nombre màxim d'alumnes recomanable per cada grup seria de 4.

3. **Productes finals.** Com a resultat de les activitats basades en projectes, a més del seu producte final és convenient que es presenti una memòria del projecte on quedi reflectit tot el procés tecnològic, una presentació oral davant la resta del grup (a mode de fira de la ciència o com si haguessin de vendre un prototip) i un vídeo on es demostrï el funcionament del seu aparell robotitzat (va bé per si en el moment de la presentació falla alguna cosa i no es pot mostrar).
4. **Avaluació del projecte.** Cal tenir en compte els ítems que s'avaluaran durant el projecte de robòtica, doncs a part del resultat final del seu producte (si funciona o no funciona), caldrà que es valori la coordinació del grup i la participació individual. A més, s'ha de donar a la oportunitat que la resta de companys valorin cada projecte, inclús es pot organitzar una votació per triar un projecte guanyador.
5. **Activitats transcendentals.** Per altra banda, i de manera complementària, els experts recomanen que es generin al voltant dels projectes algunes activitats més que generin transcendència, és a dir, que serveixin per a que l'alumnat comprovi que l'enginyeria avui en dia es desenvolupa amb la participació d'equips interdisciplinars amb la finalitat de donar solucions als problemes i necessitats de la societat. Per exemple, es poden organitzar visites a Facultats i Escoles d'Enginyeria, a empreses i start-ups o inclús a congressos i fires tecnològiques.

#### Consideracions abans de la seva utilització

Si bé les pràctiques amb robòtica poden semblar en un principi complexes, els experts coincideixen que cal que el professorat perdi aquesta desconfiança i tingui voluntat per implantar-les. Un bon inici seria que els docents facin formació permanent. Tanmateix, cal tenir en compte que l'alumnat té estratègies mentals que faciliten treballar d'aquesta manera: és molt proactiu, s'engresca amb facilitat troben i això facilita un aprenentatge conjunt docent-alumne.

Per tal de dur a terme activitats de robòtica, no calen grans requisits tècnics i això facilita la seva implementació a l'aula. Com a necessitats indispensables: ordinadors (millor portàtils per poder facilitar la flexibilitat dels espais), placa de robòtica connectada a ells i el material que l'alumnat necessitarà per desenvolupar els seus projectes. En aquest sentit, s'haurà de tenir en compte que poden ser els propis alumnes qui facin la recerca del seu material i que el centre educatiu els hi hauria de proporcionar, i preveure tenir material de reposició.

També caldrà que l'alumnat tingui uns mínimes destresses informàtiques relacionades amb els softwares que s'hagin d'emprar. Aquest punt es pot haver treballat en cursos inicials o es pot treballar paral·lelament des d'altres matèries curriculars. Per exemple, és molt útil que l'alumnat hagi treballat amb Scratch per Arduino, doncs per la seva senzillesa és una de les eines més recomanables per tal que l'alumnat s'introdueixi en pràctiques de robòtica.

#### Recursos

Arduino [<https://www.arduino.cc/en/Main/Education>] (web oficial d'Arduino on hi ha un recull d'aplicacions educatives del seu software)

S4A [<http://s4a.cat/index.html>] (web del CitiLab de Cornellà amb explicació del programari Scratch for Arduino)

RiE 2017 [<http://rie2017.info/>] (pàgina web del 8é congrés internacional sobre robòtica i educació)

Sterling, L. (2015) "Five reasons to teach robotics in schools", The Conversation, article en línia [<http://theconversation.com/five-reasons-to-teach-robotics-in-schools-49357>], Darrera consulta Maig 2018

### Exemples pràctics

Hackster [<https://www.hackster.io/arduino/projects>] (comunitat dedicada a l'aprenentatge del software Arduino i recull d'exemples pràctics emprant-lo)

RoboESL [<http://roboesl.eu/>] (projecte europeu que empra la robòtica per prevenir el fracàs escolar)

Blog del S4A [<http://blog.s4a.cat/>] (exemples pràctics i a diferents nivells de projectes de robòtica emprant Scratch for Arduino)

Botball [<http://www.botball.org/>] (projecte que té com a finalitat incentivar l'aplicació de la robòtica a les aules participant a una competició de robots)

## LABORATORIS VIRTUALS I REMOTS

### Objectius

L'ús dels laboratoris virtuals, dels simuladors i dels laboratoris remots (remot labs) a l'aula té diferents finalitats:

- Facilita instrumental: permet la realització d'experiments i pràctiques que normalment no es poden realitzar als laboratoris dels centres educatius per falta d'equipament
- Permet que aquests experiments es facin sense riscos i ajuda a que l'alumnat minoritzi l'aversion a equivocar-se
- Ajuda a il·lustrar fenòmens o estructures que costen de representar amb mètodes tradicionals (pissarra, per exemple)

Així i tot, es recomana que aquest tipus de laboratoris on-line no substitueixin els laboratoris offline, i que es combini el seu ús doncs la finalitat no és substituir uns per altres sinó que siguin eines complementàries. A més, els estudiants poden acusar el sobre ús de dispositius electrònics (ordinadors, tauletes).

Són aplicables a les diferents matèries de l'àmbit científicotècnic: Física, Química, Biologia, Tecnologia (Enginyeria) i Matemàtiques, existint més possibilitats per treballar la Física, i el que menys per Matemàtiques. I a més, es poden introduir en qualsevol moment de la seqüència didàctica.

Per tant, aquest tipus de tecnologia encaixa plenament en la metodologia STEAM: possibilita que l'alumnat sigui partícep del procés científic, el motiva al fer la classe de ciències un moment divertit i entretingut i, a més, permet tractar satisfactòriament la gran diversitat que hi ha actualment a les aules.

#### Consells per la seva utilització a l'aula

Cal tenir present que dins la denominació “Laboratoris Virtuals i Remots” hi ha propostes molt diferents, des de petites simulacions a l’obtenció de dades reals de centres de recerca com ara el CERN. Per tant és un conjunt d’eines heterogeni, i cada proposta pot requerir la seva aproximació específica. Alguns consells que podem oferir són:

**1.- Activitats senzilles i objectius clars.** En primer lloc és molt necessari que el professorat dissenyi activitats senzilles, amb uns objectius clars per tal que l'alumnat pugui obtenir el major rendiment d'aquestes tecnologies. Això vol dir que, tot i que l'alumnat pot treballar de manera autònoma, les pautes per al desenvolupament de les activitats proposades amb aquest tipus de tecnologia han de ser clares i entenedores per a que no es converteixi simplement en un remenar. Per tant, cal començar amb activitats més senzilles per tal que l'alumnat pugui canalitzar la seva curiositat i arribi a entendre la necessitat de sistematitzar la investigació.

**2.- Monitorització del professorat.** A més, el professorat tindrà un paper de guiar l'alumnat durant l'activitat tot i que les recomanacions dels experts van en la direcció de que no és necessari monitoritzar tot el procés. Per això, es recomana que el professorat vagi aturant el desenvolupament de l'activitat cada cert temps per fer una posada en comú o una discussió del punt en el què es troben els seus alumnes. Si no, hi ha el risc que els alumnes es dediquin a “jugar” amb les simulacions sense utilitzar-les adequadament.

**3.- Obtenció de resultats.** En canvi, si que és necessari obtenir un producte final que pot consistir en un informe de pràctiques, o en contestar unes qüestions sobre aquella part del procés científic que es desitgi treballar. Per exemple, que l'alumnat trobi unes preguntes inicials, o elabori unes hipòtesis o redacti les conclusions de l'experiment.

**4.- Utilització adequada.** Es recomana que es facin servir els Laboratoris Virtuals i Remots quan és més necessari, com per exemple per a simular una experimentació que no es pot fer a l’escola per manca de mitjans. Val la pena que les simulacions siguin un complement a les activitats experimentals *reals* que s’han de continuar duent a terme a l’escola, mentre que convé evitar que les simulacions acabin substituint l’experimentació a l’aula.

#### Consideracions abans de la seva utilització

És indispensable que els centres tinguin una bona connectivitat a la xarxa i que l'alumnat disposi d'ordinadors o tauletes (almenys un dispositiu per cada dos alumnes). Això facilitarà que es pugui fer servir aquesta tecnologia en qualsevol aula del centre.

Per altra banda, el professorat ha de disposar de temps per planificar i dissenyar correctament les activitats, i evitar així la improvisació. A més, per tal de fer servir els laboratoris virtuals de l'entorn GoLab caldria una petita formació prèvia per familiaritzar-se amb l'eina Graasp.

En aquest sentit, els laboratoris GoLab tenen un entorn pedagògic molt ben treballat, i facilita unitats didàctiques ja programades i fàcilment aplicables a l'aula. Tot i que de vegades és preferible adaptar-les segons les característiques de l'alumnat i del seu entorn educatiu.

## Recursos

[Simuladors de la Universitat de Colorado \[https://phet.colorado.edu/\]](https://phet.colorado.edu/) (simuladors creats per la Universitat de Colorado)

Go-Lab Project [<https://www.golabz.eu/>](entorn pedagògic molt ben treballat, amb laboratoris recollits d'arreu del món, i per tant amb funcionament heterogeni. Permet compartir i adaptar activitats dissenyades per professors.)

Comunitat per l'educació de les Ciències a Europa (Scientix) [<http://blog.scientix.eu/2015/08/virtual-laboratories-in-teaching-and-learning-science/>] (recull de recursos i exemples de laboratoris virtuals i simuladors)

[ChemCollective \[http://chemcollective.org/home\]](http://chemcollective.org/home) (recull de laboratoris virtuals per a l'ensenyament de la Química)

[Vozniuk, A.:Enhancing Social Media Platforms for Educational and Humanitarian Knowledge Sharing: Analytics, Privacy, Discovery, and Delivery Aspects. Publication Publisher: École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Switzerland, 2017. Document en línia \[http://www.go-lab-project.eu/sites/default/files/files/publications/file/EPFL\\_TH7495.pdf\]](http://www.go-lab-project.eu/sites/default/files/files/publications/file/EPFL_TH7495.pdf) Darrera consulta: Maig 2018

## Exemples pràctics

Faulkes Telescope Project [<http://www.faulkes-telescope.com/>] (és una xarxa de telescopis robotitzats que permeten obtenir imatges astronòmiques reals per ser utilitzades a l'aula; a més, proporciona exemples d'activitats que s'han realitzat amb ells).

Galaxy Crash [<https://www.golabz.eu/lab/galaxy-crash>] (simulador de col·lisió de galàxies que permet comparar les prediccions fetes pels estudiants).

Vcise: Drosophila Melanogaster Genetics Experiment [<https://www.golabz.eu/lab/vcise-drosophila-melanogaster-genetics-experiment>] (laboratori virtual que permet aplicar principis de genètica treballant amb mosques del vinagre i observar resultats de modificacions de patrons d'herència)

# VIDEOJOCS EDUCATIUS

## Objectius

Existeixen una gran varietat d'exemples de videojocs que poden ser utilitzats en les classes de ciències, tecnologia i matemàtiques: tipus arcade, tipus sandboxes, tipus quizz, d'estratègia, de simulació, de punteria, ... En tot cas, el què és significatiu és l'enfocament didàctic que se li dona al videojoc, doncs actualment els experts diferencien, a grans trets, entre aquells que estan dedicats a millorar les classe i el que ho estan a fer millor ciència.

Aquest fet, doncs, suposa plantejar l' objectiu d'emprar videojocs en l'àmbit STEAM des del punt de vista de que l'alumnat aprengui a fer ciència, és a dir, el videojoc pot abordar les tres esferes de la pràctica científica: modelització, indagació i argumentació.

Així, més enllà dels objectius de motivar i implicar els estudiants en el desenvolupament de les classes, el videojoc ha de servir per a que l'alumnat pugui replicar el context en el què treballen científics i enginyers.

Per tant, sense menysprear qualsevol altre tipus de videojoc, el què més s'adaptaria a les premisses de les noves tendències en didàctica de les ciències recollides en els estàndards educatius com per exemple el K12 Next Generation Science Standards (NRC, 2012), serien videojocs que: plantegessin un repte intel·lectual a l'alumnat on hagués de solucionar-lo construint un model o una explicació; l'alumnat fos capaç de resoldre el repte adquirint noves maneres de fer que abans de començar-lo no tenia; presentin un sistema de recompensa que permeti simular el context social de la pràctica científica.

## Consells per la seva utilització a l'aula

7. Valorar en quin moment de la seqüència didàctica s'introdueix el videojoc. Com s'ha comentat abans, la gran varietat de tipologies de videojocs fa possible que cadascun serveixi per treballar un aspecte diferent del context científic. En aquest sentit, és tasca del professor seqüenciar correctament l'utilització del videojoc donant-li per donar-li un sentit dins el procés d'aprenentatge: es podrà fer servir en el moment de la indagació, de l'estructuració o de l'aplicació de coneixements.
8. Iniciació senzilla. S'haurà de tenir en compte que tot l'alumnat haurà de poder completar uns mínims del desenvolupament del videojoc i a partir d'aquí s'ha de facilitar que progressi en la complexitat. Hi ha videojocs que permeten anar passant diferents nivells a mesura que els jugadors adquireixen habilitats que els aproximem a solucionar models més complexos o trobar respostes i explicacions més elaborades.
9. Combinar activitats online i offline. Les evidències en recerca de la didàctica transmeten la idea que l'aprenentatge fent ús només de les eines digitals o de tecnologies online és menor que quan es combinen activitats on i offline, com per exemple les anomenades activitats de paper/lapis o les experimentacions pràctiques (*hand on*).



## Consideracions abans de la seva utilització

Els aspectes que es deurién tenir en compte abans de l'aplicació dels videojocs en l'ensenyament de les ciències, matemàtiques i tecnologia estan relacionats amb les pròpies característiques dels videojocs i el que es pretén aconseguir amb ells. En aquest sentit, els experts destaquen:

6. L'ús de les recompenses. Tot i que la finalitat del videojoc és competitiva, les recompenses no poden anar lligades a una concepció tradicional de l'ensenyament, en el sentit que s'han de buscar estratègies que reproduïxin en la mesura del possible les condicions en les què es troben les persones que fan ciència. Per exemple, que mitjançant que s'avanci en el joc s'aconsegueixin punts que es puguin bescanviar per material que s'utilitzarà en una de les pràctiques al laboratori del centre.
7. Solució elaborada. El videojoc no pot ser resolt fent una simple recerca per internet, sinó que ha de suposar elaborar respostes complexes i que portin a altres preguntes.
8. No centrar-se en l'academicisme: l'alumnat ha de poder avançar en el videojoc sense necessitat d'utilitzar un llenguatge o coneixements específics. Per tant, no serà tan important que sàpiga determinat vocabulari, sinó que el videojoc li permeti estructurar i relacionar conceptes.
9. I relacionat amb l'anterior, és important tenir en compte el bagatge previ de l'alumnat, doncs és freqüent que l'alumnat jugui tenint ja al seu cap possibles solucions que, com molts cops són incorrectes o imprecises, i que el videojoc ha d'ajudar reformular.
10. Per últim, existeixen nombroses plataformes digitals que recullen diferents videojocs, i molts d'ells poden ser jugats online, per tant facilita que es puguin fer servir en qualsevol espai del centre educatiu, sense cap tipus de requeriment tècnic específic més enllà d'un dispositiu electrònic i connexió a internet.

## Recursos

Brain Pop [<https://www.brainpop.com/>] (web dedicada a l'ús d'eines digitals en l'educació i que presenta un recull de recursos – entre ells videojocs, i simulacions – classificats per temàtica i per a cadascun d'ells proporciona suggerències didàctiques i material complementari)

Physic Games [<http://www.physicsgames.net/>] (recull de jocs basats en la física i de diferent complexitat)

Dragon Box [<https://dragonbox.com/>] (portal web amb diferents aplicacions de jocs online que es poden descarregar també per a mòbils però que són de pagament)

Funbrain [<https://www.funbrain.com/>] (web que ofereix centenars de videojocs educatius, a més de llibres, còmics i vídeos, per treballar matemàtiques i resolució de problemes, entre d'altres)

## Exemples pràctics

[http://www.physicsgames.net/game/Bridge\\_Builder.html](http://www.physicsgames.net/game/Bridge_Builder.html) (videojoc on els jugadors han de fer d'enginyers per dissenyar i construir un pont que permeti un camió arribar a la seva destinació)

Guts and Bolts [<https://www.brainpop.com/games/gutsandbolts/>] (videjoc on, a través de diverses pantalles, els jugadors acabaran elaborant un model anatòmic relacionant els aparells circulatoria, respiratori i digestiu)

Geniverse lab [<https://learn.concord.org/geniverse>] (joc que permet els alumnes endinsar-se en l'estudi de la genètica i l'herència alimentant i estudiant dracs virtuals)

## EXPERIMENTACIÓ LOW COST

### Objectius

A nivell general serien dos els objectius d'emprar aquest tipus de tecnologia a l'aula. En primer lloc, fer ciència (experimentació i indagació) amb el valor afegit de que són experiments fàcilment reproduïbles, ocupen poc espai i poc costos i permet replicar-los amb molta facilitat inclús pels estudiants a casa seva. I en segon lloc, engrescar l'alumnat i motivar-lo de cara a la pràctica científica.

Així i tot, cada experiment tindria uns objectius més concrets depenent les activitats que es plantegen a partir d'ell. És en funció d'aquest disseny que l'experimentació low cost podrà relacionar en major o menor grau les diferents disciplines de l'àmbit científicotècnic.

Les activitats amb experimentació low cost poden treballar-se des de totes les matèries i es poden encabir en qualsevol moment de la seqüència didàctica: a l'inici, per indagar en què pensen els estudiants sobre un determinat fenomen o com a estímul inicial; altres vegades es pot fer a meitat de la seqüència, per tal d'explorar el què està passant o predir el què passarà; i també es pot fer després d'haver explicat una determinada part del currículum demanant que els estudiants interpretin un experiment low cost amb aquells coneixements que han adquirit fins el moment.

A més, caldrà tenir en compte que realitzar un experiment low cost a l'aula no facilita per ell mateix que els estudiants es comportin com a científics, sinó que és tasca del professor que se'ls faciliti aquesta opció fent un disseny adequat de l'activitat relacionada amb l'experiment. Per això no es tracta de proporcionar-los un protocol ja establert i tancat per tal que el reproduïxin, sinó que se'ls ha de motivar a indagar i qüestionar-se el com i el per què.

### Consells per la seva utilització a l'aula

Aquest tipus d'experimentació és molt tot terreny i pot abarcar tots els nivells de l'Educació Secundària i del Batxillerat, però tenint en compte que el nivell d'interpretació de cada experiment és diferent i va en funció de la dificultat dels continguts que es treballin a cada etapa. Així i tot, es poden oferir els següents consells:

**1. Experimentació prèvia per part del docent.** Els experts que fan servir aquest recurs a l'aula també recomanen que el professorat hagi provat prèviament l'experiment abans de posar-lo en pràctica amb l'alumnat.

**2. Regularitat en la seva utilització.** Cal que aquest tipus d'experiments es facin amb certa freqüència, per tal que l'alumnat agafi els hàbits necessaris i adquireixi unes pautes que li permetrà, a la llarga, treballar de manera més autònoma.

També es recomana que es treballi amb grups petits d'entre 2 i 4 alumnes.

**3. Disseny de la seqüència de l'activitat adequat.** L'experimentació low cost no es pot convertir en replicar uns determinats protocols que prèviament ha facilitat el professorat sinó que ha de permetre que hi hagi reflexions, que l'alumnat es pugui plantejar com dur a terme una determinada demostració i que faciliti així l'aprenentatge significatiu.

**4. Obtenció de resultats.** És important que hi hagi un registre, o digital o en paper, on l'alumnat pugui reflexionar sobre l'experiment i evitar que l'experimentació sigui entesa com un simple joc. A l'alumnat se li pot demanar tot un ventall de productes finals: des d'un de treball amb qüestions tancades, fins un quadern de laboratori a mode de portfoli on registri tots els passos de l'experimentació.

**5. Avaluació final.** És convenient que aquesta avaluació sinal sigui en un doble sentit. Per una banda, avaluar la interpretació i l'aprofitament que ha fet l'alumnat de l'activitat proposada. I per una altra, també s'ha d'avaluar el funcionament de l'experiment. Per això, els experts recomanen demanar l'alumnat una valoració dels experiments que s'han anat fent durant els diferents trimestres del curs. Així s'obté un feedback molt valuós a partir del qual el professorat pot considerar si ha de modificar determinats aspectes o el plantejament dels experiments.

#### Consideracions abans de la seva utilització

Cal tenir en compte, en primer lloc la motivació del professorat: es necessita voluntat per fer aquests experiments i perdre-li la por a que no funcioni. I en segon lloc, es recomana fer certa formació prèvia per tal d'anar provant i aprenent nous experiments i motivar-se en la seva implementació. Tot i que també es poden consultar determinats recursos on hi ha exemples d'experimentació low cost.

A més, s'ha de dosificar el seu ús perquè al final l'alumnat acaba demanant contínuament fer aquest tipus d'activitats.

Si es vol que l'alumnat es familiaritzi amb la manera de fer ciència i el seu mètode, cal dissenyar les activitats de manera molt explícita, on es treballin els diferents conceptes que en formen part tal com hipòtesi, conclusions, validació, etc.

Per últim, no hi ha grans requeriments tècnics per tal de dur aquests experiments a l'aula. Si bé es recomana que les aules tinguin una certa flexibilitat a l'hora d'adequar l'espai (per exemple, taules i cadires no fixades al terra) però cap necessitat més sofisticada. Incús alguns experiments es poden fer a l'exterior de les aules.

#### Recursos

Poppe, N., Markic, S, Eilks, I. “Low cost experimental techniques for science education” (2010), TEMPUS, European Commission. Document en línia [<http://www.idn.uni->

[bremen.de/chemiedidaktik/salis\\_zusatz/material\\_pdf/lab\\_guide\\_low\\_cost\\_experiments\\_englisch.pdf](https://www.bremen.de/chemiedidaktik/salis_zusatz/material_pdf/lab_guide_low_cost_experiments_englisch.pdf). Darrera consulta: Maig 2018.

## Exemples pràctics

Microecol [<https://www.microchem.de/>] (col·lecció d'informació i exemples de experiments de química low cost)

Science Kids from New Zeland [<http://www.sciencekids.co.nz/videos/experiments.html>] (vídeos d'experiments de ciència i tecnologia per nens)

## IMPRESSIÓ 3D

### Objectius

Les possibilitats de la impressió 3D com a eina per treballar sota el paraigües STEAM són molt àmplies, donat que és una tecnologia que permet relacionar diferents disciplines (Enginyeria, Tecnologia, Matemàtiques, Expressió artística o Biologia i Química) però sempre i quan el professorat tingui clar que l'objectiu principal ha de ser que els seus estudiants dissenyin el propi objecte que es vol imprimir.

D'aquesta manera l'alumne:

1. Donarà resposta a una determinada necessitat: aquesta pot estar suggerida pel professor (crear un objecte decoratiu per l'habitació, realitzar concursos per dissenyar objectes relacionats amb l'institut, obtenir peces per construir un robot o altre dispositiu electrònic)
2. Serà capaç d'adonar-se'n de la viabilitat dels seus dissenys, doncs moltes vegades els alumnes dissenyen objectes que les impressores 3D no poden imprimir, i per tant seran conscients de com les limitacions tècniques són importants per la finalització de projectes d'enginyeria i d'investigació
3. Adquirirà l'habilitat de realitzar models doncs haurà de plasmar les seves idees i elaborar uns plànols amb l'ajut del software adequat

Per tot això, els experts consultats coincideixen a dir que treballar a les aules amb impressió 3D és un bon recurs per apropar l'alumnat a com es fa ciència i tecnologia.

### Consells per la seva utilització a l'aula

1. Familiarització amb el software per fer el disseny: és recomanable que l'alumnat comenci en les primeres etapes de la secundària a familiaritzar-se amb l'ús dels programes que li permetran fer els dissenys que voldrà imprimir, per exemple Scratch. Així, s'hauria de tenir una continuïtat curricular de tal manera que a mesura que l'alumnat avança en els cursos, també ho farien les necessitats a les que hauria de donar solució amb els objectes a imprimir.
2. Paper del professor: serà l'encarregat de proposar les activitats que aconseguixin engrescar l'alumnat afavorint al màxim la seva autonomia, però a la vegada ho ha de combinar amb la

necessitat d'analitzar si els dissenys presentats van adequant-se als objectius d'aquesta i si seran viables. Tot i així, s'ha de deixar un marge d'error per tal que l'alumnat pugui adonar-se'n d'on ha fallat el seu disseny un cop imprès.

3. Tipologia d'activitats: els experts suggereixen posar en pràctica diferents tipologies d'activitats, que tindran a veure amb l'objectiu que es vol aprofundir. Però bàsicament hi poden haver activitats tipus concurs, on els alumnes més que guanyar per quedar el primers voldran dissenyar objectes (punts de llibre, clauers,...) que acabin agradant més la resta de companys, que es qui els votaria i així el guanyador serà l'objecte que finalment s'imprimirà i es podrà fer servir com a obsequi del centre; un altra possibilitat és que l'impressió formi part d'un projecte més ampli de robòtica; per últim, s'ha comprovat la utilitat de la impressió 3D per treballar conjuntament amb altres disciplines, per exemple amb les matemàtiques a l'hora de fer visualitzacions o càlculs de figures geomètriques.
4. Treball individual o grupal: es recomana que potser serà bo que l'alumnat comenci a treballar sol en les primeres etapes de familiarització amb el programari. Després, quan s'hagi de buscar resoldre la necessitat i s'avanci amb la complexitat de les tasques, la feina es podrà dur per parelles, inclús els projectes més globals es recomana que siguin en grups d'unes 4 o 5 persones per tal que es puguin compartir idees i habilitats.

#### Consideracions abans de la seva utilització

Cal pensar que la impressora 3D és un aparell car i delicat: el manteniment no deuria recaure amb l'alumnat, tot i que podria supervisar pel professorat. És a dir, la finalitat de les activitats amb impressora 3D no seria tant explicar la seva mecànica i funcionament, com que l'alumnat vegi el procés global que l'ha portat a fer-ne ús.

Així i tot, el professorat pot demanar la col·laboració dels seus estudiants per fer la transferència dels arxius d'imatge a la impressora, amb la idea de fer-los el més participants possible de tot el procés.

Els experts també recomanen que la presència d'una impressora 3D a les aules sigui contemplada com un projecte de centre, en el què diversos departaments puguin treballar de manera col·laborativa i tinguin una visió transversal de les activitats i els projectes. Tot i que les nocions pel seu maneig puguin recaure en assignatures més properes a l'enginyeria/tecnologia, altres assignatures poden emprar-la per les seves activitats i també s'haurien de projectar activitats transversals.

A més, fent referència a aspectes més tècnics, s'ha de tenir la precaució d'usar el plàstic adequat per cada tipus d'impressora i evitar cops o moviments bruscos que farien que es desequilibrés.

#### Recursos

Create Education [<https://www.createeducation.com/resources-landing/>] (web del Regne Unit que ofereix recursos per implementar la impressió 3D a les aules, tant a primària com a secundària)

3D printers in schools: uses in the curriculum [<https://www.gov.uk/government/publications/3d-printers-in-schools-uses-in-the-curriculum>] (report del Govern Britànic sobre un estudi de la implantació de l'impressió 3D en 21 escoles)

## Exemples pràctics

Projecte de creació d'una molècula per a classe de Biologia  
[<https://ultimaker.com/en/resources/50531-ap-biology-capstone-project>]

Fabricació d'un joc d'escacs en 3D [<https://ultimaker.com/en/resources/50520-checkmake-3d-printed-chess-set>]

Crear un segell i una capsa ceràmica en 3D [<https://ultimaker.com/en/resources/50534-3d-printed-pattern-stamp-ceramic-box>]

Crear siluetes 3D amb Photoshop [<https://ultimaker.com/en/resources/50530-creating-a-3d-silhouette-using-photoshop>]

## ÒPTICA I FOTÒNICA

### Objectius

Tot i que la llum és la manifestació d'energia que més ens facilita l'obtenció d'informació sobre el món que ens envolta, la majoria de la població té unes idees concebudes de manera incorrecta sobre la seva naturalesa. Aquest fet no deuria sorprendre, doncs la llum és un fenomen complex que pot constar d'entendre perquè els seus paràmetres físics estan allunyats de la percepció humana, però que a més, i segons els experts, tradicionalment no s'ha ensenyat de manera correcta a les escoles.

Per això, el principal objectiu de fer experiències d'òptica i fotònica és consolidar la comprensió de què és la llum i quines són les seves propietats. És a dir, que els alumnes adquiriren un model global de la llum com a fenomen ondulatori i corpuscular i que a partir d'aquí fossin capaços d'explicar la seva interacció amb la matèria tant a nivell micro com macroscòpic. Així doncs, la primera tasca és la d'aclarir conceptes previs que els alumnes ja tenen, com per exemple reflexió, refracció, absorció, dispersió, difracció o fotó.

Per altra banda, la intenció és que els alumnes puguin explicar fenòmens del dia a dia i puguin discernir quin model de la llum han d'aplicar (geomètric, ondulatori, quàntic) segons el fenomen que estan analitzant. D'aquesta manera també es corregiran moltes idees intuïtives que tenen els alumnes i que són incorrectes.

Aquesta complexitat que envolta el fenomen de la llum fa encara més necessària la necessitat que l'alumnat pugui experimentar de primera mà les seves propietats i se'ls ha de facilitar l'oportunitat que ells mateixos construeixin els propis models. A continuació es donen una sèrie de directrius que pretenen ajudar a aconseguir-ho.

Els continguts d'òptica que s'han d'incloure en cada etapa educativa depèn del nivell cognitiu de cada edat. Per exemple, en les primeres etapes de la secundària es poden treballar conceptes relacionats amb la llum com a font d'energia (emissió, reflexió, refracció, absorció i detecció) i conceptes com el color; en les últimes etapes de la secundària es poden ja introduir conceptes referents a la llum com a fenomen ondulatori; i al batxillerat ja es podran abordar temes d'òptica geomètrica i de quàntica.

Així i tot, els experts recomanen:

1. **Realitzar petites investigacions entorn al fenomen que es vol estudiar.** Depenent del nivell educatiu, aquestes poden ser senzilles del tipus “quines diferències hi ha entre les ulleres dels alumnes de la classe?”, o “quina forma tenen els retrovisors dels cotxes i per què?”; d'altres experiències poden estar basades en laboratoris virtuals i simuladors (per treballar per exemple els tipus de fonts lluminoses, els diagrames de raigs, les lleis de refracció i reflexió, els mecanismes de la visió o la llum polaritzada). Intentant que aquestes experiències sempre tinguin com a punt de partida fenòmens del dia a dia dels estudiants. És la manera que també els alumnes arribin a entendre millor aquests conceptes.
2. **Tenir molta cura amb el llenguatge.** Degut a que molts cops les idees prèvies dels alumnes difereixen de la visió científica del fenomen, les seves explicacions poden tenir errors de llenguatge que poden dificultar l'aprenentatge. En aquest sentit, els experts també recomanen que no es donin per entesos determinats conceptes que malgrat ser quotidians els alumnes poden no conèixer, per exemple que la llum es propaga en línia recta.
3. **Realitzar esquemes i dibuixos.** Doncs és una manera d'ajudar els alumnes a modelitzar les propietats de la llum, sobre tot quan es tracta d'òptica geomètrica. L'òptica molts cops es pot representar amb línies, com per exemple la trajectòria dels raigs, els miralls o els angles de les lleis de l'òptica. Així poden recordar i entendre millor els conceptes. Encara que també poden ser emprats pels docents per visualitzar les idees prèvies dels seus alumnes.
4. **Treballar en grups.** És molt recomanable organitzar petits grups de treball, doncs d'aquesta manera els alumnes poden intercanviar idees, generar debats i ajudar-se a l'hora de dur a terme les seves investigacions.

#### Consideracions abans de la seva utilització

Com que l'òptica i la fotònica permeten interrelacionar la física amb altres disciplines com les matemàtiques (STEAM) i proporcionen als alumnes una manera de treballar anàloga a la dels científics, els experts coincideixen que cal que el professorat tingui una forta voluntat per implementar experimentació en aquests camps ja inclús des de la Primària.

Per altra banda, recomanen començar per pràctiques molt elementals, com per exemple que els mateixos alumnes dedueixin la llei de la reflexió jugant amb miralls per guiar un raig de llum, justament per consolidar aquests conceptes clau que poden no tenir ben entesos. En general, aquestes pràctiques no requereixen grans inversions tècniques i inclús algunes es poden ajudar de simuladors virtuals.

A més, cal recordar que els experiments per sí mateixos no permetran que els alumnes entenguin com funciona la ciència: se'ls ha de permetre plantejar investigacions, i anar més enllà de la simple repetició de protocols donats pels professors o realització d'un llistat d'activitats.

Per últim, els experts recorden que el que farà atractiva l'òptica és que els alumnes arribin a entendre-la, per tant el professorat ha de tenir en compte facilitar el procés d'aprenentatge guiant-los durant les seves investigacions.

## Recursos

Costa MFM (2008), "Hands-on Science", Selected Papers on Hands-on Science (ISBN 978-989-95336-2-2); Costa MF, Dorrió BV, Michaelides P and Divjak S (Eds.); Associação Hands-on Science Network, Portugal; pp. 1-13

Tekos, G., Solomonidou, C. (2009), "Constructivist learning and teaching of optics concepts using ICT tools in Greek primary school: A pilot study." *Journal of Science Education and Technology* 8.5 : 415-428.

National Science Teachers Association [<http://www.nsta.org/elementaryschool/>] (web de la NSTA on es troben classificats per nivells i per temàtiques recursos per l'ensenyament de diferents matèries, entre elles l'òptica)

Atmospheric Optics [<http://www.atoptics.co.uk/>] (web on es poden trobar explicacions i esquemes sobre fenòmens d'òptica atmosfèrica)

## Exemples pràctics

Practical Physics [<http://practicalphysics.org/>] (web del Institute of Physics on es troben explicades diferents experiències de física, inclosos d'òptica i llum)

Optics 4 kids [<https://www.optics4kids.org/classroom-activities>] (recull de diferents experiències d'òptica per fer a les aules, classificades per edats)

Optics: Light, Color, and their uses Educator Guide [<https://www.nasa.gov/audience/foreducators/topnav/materials/listbytype/Optics.Guide.html>] (publicada per la NASA és una guia amb diferents experiències entorn a l'òptica i la llum ordenades segons l'edat dels alumnes)



# NANOTECNOLOGIA

## Objectius

Les evidències de que es disposen de l'aplicació de la nanotecnologia a les aules destaquen que:

- Com que la nanotecnologia afavoreix que es trenquin barreres entre els diferents àmbits de coneixement i força els equips a treballar de manera multidisciplinària on els investigadors han de millorar i aprendre d'altres camps, és un bon model per l'aplicació de l'STEAM
- Permeten que l'alumnat estigui en contacte amb descobriments científics i tècnics recents i de com presents estan al seu dia a dia
- Faciliten generar debats entorn als riscos i aspectes ètics associats a la pràctica científica i treballen l'esperit crític dels estudiants
- L'alumnat arriba a estar en contacte amb una manera més autèntica de fer i comunicar ciència

## Consells per la seva utilització a l'aula

Els experts consultats estan d'acord en que la implantació a les aules de la nanotecnologia hauria de:

1. Acompanyar amb el màxim d'activitats pràctiques. Actualment alguns centres de recursos de professorat disposen de kits amb material per les escoles, o es poden realitzar també experiments low cost (amb daus, amb pastilles efervescents).
2. Aprofitar la nanotecnologia per explicar "ciència comuna". Per exemple, si s'ha de treballar el magnetisme a l'aula, aprofitar les propietats dels ferrofluïds, o que l'or que no té el color esperable per treballar propietats òptiques, o relacionar la capacitat biocida de la plata per parlar de Biologia i Química.
3. Partir de problemes o situacions quotidianes. Indagar com està *l'state of the art* del cas plantejat i trobar com la nanotecnologia pot ajudar. Per exemple en el tractament d'un determinat tipus de càncer, i fer més fàcil la interacció de l'alumne amb el seu entorn.
4. Aprofitar els recursos en xarxa, ja sigui vídeos didàctics o de realitat augmentada que facilitaran que l'alumnat pugui arribar a entendre i visualitzar el món de la nanotecnologia.
5. Complementar les activitats en l'aula amb visites a centres de recerca i laboratoris.

## Consideracions abans de la seva utilització

L'ús de la nanotecnologia com a recurs a les aules implica la formació específica del professorat en aquest camp prèviament a la seva implantació amb alumnes. En aquesta formació que deuria ser no només teòrica sinó també pràctica, el docent adquireix coneixements que per la seva recent investigació potser no han adquirit durant els seus estudis i a la vegada els hi permetrà adoptar exemples pràctics i replicar-los a les seves classes.

També és recomanable potenciar el treball de l'alumnat en petits grups, entre 4 i 6 persones, i demanar un producte final en forma de vídeo o pòster científic on hagin de posar en pràctica habilitats en eines digitals, comunicatives i de síntesi.

Per últim, a nivell tècnic, les activitats en nanotecnologia no presenten grans requisits més enllà d'un laboratori escolar i dispositius informàtics.

## Recursos

Statnano: Nano Science, Industry and Technology Information [<http://statnano.com/>] (indicadors i estadístiques del desenvolupament de la nanociència a nivell mundial)

National Nanotechnology Initiative [<http://nano.gov/>] (Material educatiu i altres iniciatives relacionades amb la nanotecnologia del govern d'USA)

Nanopinion [<http://nanopinion.archiv.zsi.at/en/education.html>] (Web on es recullen des d'exemples d'activitats fins a vídeos sobre recerca en nanotecnologia o formació per professorat)

## Exemples pràctics

Nanozone [<http://www.nanozone.org/teachers.htm>] (Exemples d'activitats sobre nanotecnologia)

Nanoeduca [<http://nanoeduca.cat/es/nanokit-2/>] (Web amb recursos – entre ells guies didàctiques – entorn a la nanotecnologia)

Nanoyou [<https://nanoyou.eu/en/virtual-lab.html>] (Diferents exemples d'experiments amb nanotecnologia)

Nanokomik [<http://www.nanokomik.com/index.php/en/>] (projecte multidisciplinar i internacional de creació col·laborativa per divulgar la nanociència a través del còmic)