



### LA DOCÈNCIA DE LA FÍSICA: CAP A UN PARADIGMA AMB TECNOLOGIA MÒBIL

Suñol, Joan Josep  
Universitat de Girona  
Departament de Física  
EPS, Campus Montilivi s/n. Universitat de Girona  
Joan josep.sunyol@udg.edu

Tarrés, Josep  
Universitat de Girona  
EPS, Campus Montilivi s/n. Universitat de Girona  
Jtarres@gmail.com

Vilaseca, Fabiola  
Universitat de Girona  
Departament Enginyeria Química i Tecnologia Agroalimentària  
EPS, Campus Montilivi s/n. Universitat de Girona  
Fabiola.vilaseca@udg.edu

Moreno, Manel  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Departament de Física  
Avda. Victor Balaguer s/n, 08080 Vilanova i la Geltrú  
Manuel.moreno@upc.edu

Juncosa, Arcadi  
IES Llançà  
Departament d'Ensenyament  
C/8 de març s/n, 17490 Llança  
arcano@gmail.com

#### 1. RESUMEN:

La docència de la física implica l'ús d'equacions i procediments matemàtics. Els mètodes docents actuals es basen en l'ús de la intel·ligència lògica-matemàtica però la irrupció dels dispositius mòbils augura una nova forma d'educació basada en el context gràfic i els gestos de pantalla multitàctil. El seu ús és intuïtiu i l'aprenentatge ràpid i intuïtiu. En un sentit ampli, es tracta d'una tecnologia més propera als nadius digitals i que amplia la base d'usuaris.



## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

---

### 2. ABSTRACT:

Physics teaching involves the use of equations and mathematical procedures. Current teaching methods are based on the use of logical-mathematical intelligence but the emergence of mobile devices pushes a new form of education based on the graphical context and multitouch screen gestures. Its use is intuitive and fast with an intuitive learning. In a broad sense, this is a technology closer to digital natives that widens the users.

### 3. PALABRAS CLAVE: 4-6

Física, dispositius mòbils, tecnologia mòbil, educació, segle XXI

### 4. KEYWORDS: 4-6

Physics, mobile devices, mobile technology, XXI century



## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

---

### 5. DESARROLLO:

#### INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

La base tecnològica MNT (Mobile Numbers Technology) té com a objectiu apropar les relacions matemàtiques i físiques als nadius digitals. L'agent de canvi es una nova plataforma basada en el context gràfic i les accions multitactils que configuren les aplicacions mòbils (vegeu esquema de la figura 1).

El desenvolupament general és un treball en curs desenvolupat per un equip format per professors universitaris, d'institut, investigadors juniors, estudiants becaris i professionals. Els camp d'aplicació de la tecnologia MNT són diversos, entre d'altres: matemàtiques, física, química, economia, enginyeria o biologia. S'han desenvolupat alguns aplicatius més elaborats, que han estat testeats per estudiants universitaris dels àmbits de ciències i d'enginyeria, i d'altres més senzills testeats amb estudiants preuniversitaris.

En aquest estudi ens centrarem en el desenvolupament tècnic d'algunes aplicacions en el camp de la Física: a) conservació de l'energia mecànica, b) relació entre força, potència i treball en mecànica, c) equació de Bernoulli (per a fluids ideals) i d) aplicació de les regles de Kirchhoff en circuits de corrent continu,

L'objectiu principal és mostrar l'aplicabilitat de la plataforma MNT, així com la seva robustesa i consistència. Els objectius específics són la seva aplicació en els quatre tipus de problemes físics concrets.

#### ANÀLISI

L'anàlisi de l'aplicabilitat consisteix en el desenvolupament d'una tecnologia que consideri totes les combinacions possibles de les relacions entre les variables físiques d'un problema concret. S'ha de desenvolupar el programari necessari per tal que a mesura que l'usuari vagi introduint els valors numèrics de les variables en l'aplicatiu, sense necessitat que aquest faci res més, apareguin els valors de les variables que es poden calcular en el mapa o diagrama corresponent. En els darrers anys s'han dut a terme múltiples experiències sobre l'ensenyament i l'aprenentatge de la Física en



## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

---

dispositius mòbils (González et al., 2015) (Echevarría et al. 2011). Un dels problemes detectats és que moltes vegades aquestes experiències són idèntiques en format i forma a les habituals de l'aprenentatge tradicional. Es constata la necessitat d'adaptar els sistemes d'aprenentatge a les necessitats i característiques dels nadius digitals (Suñol et al. 2015) (Chen et al. 2008).

Els aplicatius MNT per a dispositius mòbils estan en fase pilot i han estat mostrats i testejats per estudiants d'enginyeria i de ciències, buscant els possibles errors i punts febles de la programació en que es basa la tecnologia MNT. Tant en estudiants de primer com en estudiants de darrers cursos, l'interès detectat ha estat remarcable. Cal indicar que no s'ha testejat encara com a sistema d'avaluació de l'aprenentatge en l'àmbit universitari. En canvi, si hi ha alguna experiència en el àmbit preuniversitari on s'ha comparat els resultats d'aprenentatge en dos grups d'estudiants (el primer amb un sistema d'avaluació tradicional i el segon amb un sistema d'avaluació basat en la tecnologia MNT). Els resultats d'aprenentatge són més significatius quan s'aplica la tecnologia mòbil.

### DESENVOLUPAMENT

#### a) Principi de conservació de l'energia mecànica

Podem aplicar MNT als problemes relacionats amb la conservació de l'energia mecànica com a suma de l'energia potencial i l'energia cinètica. El principi de conservació de l'energia mecànica declara que aquesta energia és constant. Per tant, si l'energia potencial augmenta la velocitat de l'objecte i, per tant, l'energia cinètica disminueixen. A MNT, aquestes relacions es poden mostrar a la representació vectorial MNT en forma de mapa i es configura el LAWCOME tetranari (LAW of CONservation of Mechanical Energy) que es mostra en la figura 2. A la teoria MNT, aquest "polígon" (mapa) s'anomena tetranari perquè té 6 elements (trinus) enllaçats de 3 per 3 en forma de 3 trinaris (un trinari equival a una operació binària). Aquest tetranari combina 2 funcions binàries (FUN Ep, l'energia potencial i FUN Ek, l'energia cinètica) i el conjunt de l'energia mecànica format per la suma de l'energia potencial i de l'energia cinètica. Hi ha diferents tipus de tetranaris (ara ens referim a un tetranari irregular). El tetranari LAWCOME es pot veure com un element estructural format per 3 bigues unides per 3 nusos d'unions amb equilibri estàtic quan es claven 3 trinus amb l'excepció que no es poden clavar 3 que



## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

---

pertanyen al mateix trinari. Amb un càlcul combinatori bàsic, hi ha 17 possibilitats estàtiques diferents.

Ensenyar i resoldre problemes amb tecnologia mòbil. La llei de conservació de l'energia mecànica és molt popular no només com una forma d'ensenyar a la física, sinó també com a font de enunciats de problemes que han de resoldre els estudiants. Per exemple, en els manuals de Física com ara el de "Problemes de física per a batxillerat i cicles formatius" (Escoda et al. 2005) es mostren molts problemes concrets, constatant-se que la majoria poden ser resolts amb el tetranari LAWCOME. En el fons, només hi ha 3 variables: la massa, la velocitat i l'alçada essent l'acceleració de la gravetat una constant. Per tant, en ser constant l'acceleració de la gravetat només amb dues de les altres tres en podem calcular la tercera i les energies cinètica, mecànica i total. També podem utilitzar una o dues de les energies com a dada.

Exemple. Un cos de 2 kg cau des d'una altura de 5 metres. Determinar: a) l'energia potencial del cos quan està a 1 metre del sòl i b) l'energia cinètica del cos just abans de tocar el sòl i la velocitat d'impacte amb el sòl, vegeu Badosa et al. (2009).

La solució "textual" és directa.

$$a) E_p = mgh = 2 \cdot 9.8 \cdot 1 = 19.6J$$

b) En el punt inicial no hi ha energia cinètica. Tota l'energia és potencial, ja que el cos comença amb velocitat zero. D'altra banda, al final l'energia potencial s'ha transformat en energia cinètica, ja que el cos just abans d'impactar contra el terra està a una altura igual a zero.

$$E_t = \Delta E_c + \Delta E_p = (E_{ci} - E_{cf}) + (E_{pi} - E_{pf})$$

$$E_{pi} = E_{cf}; mgh = E_{kf} = 2 \cdot 9,8 \cdot 5 = 98J$$

$$E_{cf} = \frac{1}{2} \cdot mv^2; v^2 = (2 \cdot 98/2); v = \sqrt{98} = 9.89m / s$$

La via alternativa que plantejgem és la solució via MNT que es mostra a la figura 3.

Cal remarcar que el mapa gràfic que es mostra a la figura 2 es pot modificar de forma senzilla per a tenir en compte la llei de conservació de l'energia en un altre context. Tal com està explicitada, correspon a la conservació de l'energia mecànica en sistemes físics en translació, però variant l'expressió de l'energia cinètica es podria emprar en sistemes



## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

---

mecànics en rotació. I canviant les variables de l'energia potencial, aplicar-la en ressorts.

### b) Relació Força, Potència, Treball.

En Física són força conegudes les relacions entre força, potencia i treball, tal com mostra el mapa FOWOPO (FORce, WORk, POWer) de la figura 4. En MNT s'ha desenvolupat l'aplicació corresponent a la relació entre aquestes variables en sistemes físics en translació al llarg d'un eix determinat.

És un mapa diferent del de la conservació de l'energia mecànica. Com aquell, té 6 elements (trinus) enllaçats de 3 per 3 en 3 trinaris (un trinari equival a una operació binària). La diferencia és que aquest tetranari no combina 2 funcions binàries que es sumen (Suñol et al. 2016). Per tant, el nombre de combinacions possibles i, per tant, la programació subjacent de l'aplicatiu, és diferent.

Per altra banda, modificant la simbologia del context gràfic, el mapa de la figura 4 es pot adaptar a situacions diverses com ara la relació FOWOPO en sistemes mecànics en rotació o la relació FOWOPO en sistemes elèctrics.

### c) Principi de Bernoulli (fluids ideals).

El principi de Bernoulli (aplicat en fluids ideals) es basa en que l'energia del fluid roman constant al llarg del seu recorregut per un conducte. És a dir, un canvi en la velocitat del fluid implica una disminució de la pressió o de l'energia potencial. Expressat en el cas de les pressions, la suma dels dos termes (pressió dinàmica i pressió estàtica) es manté constant. Amb MNT tot es fa gràficament i d'una forma intuïtiva.

El quadre de control tracta de representar l'equació següent:

$$P_t = P_{est} + P_{din} = (P_1 + \rho \cdot g \cdot h) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

A la figura 5 es mostra el mapa (context gràfic) de la combinació del principi de Bernoulli amb l'equació de continuïtat del cabal del fluid. MNT es va aplicar aquí a fluids ideals. El principi de Bernoulli es pot escriure com una relació entre pressions, energies o punts. En la nostra anàlisi, es va triar la forma de pressió. Tenint en compte les relacions entre l'energia, la pressió i la longitud, serà fàcil modificar diagrames per analitzar aquests



## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

---

problemes com a conseqüència de la conservació de l'energia o com l'alçada a la qual pot pujar una columna de líquid (per exemple, aigua al camp de construcció). També és possible ampliar aquests diagrames per tenir en compte les pèrdues de flux al llarg de la línia aerodinàmica a causa de friccions i pèrdues menors (pèrdues addicionals a causa de les entrades i sortides, accessoris i vàlvules).

### d) Regles de Kirchhoff

Un dels camps que es fa més evident la proximitat entre la Física i la tecnologia és el de l'electrotècnia. Actualment estem desenvolupant MNT en les lleis de Kirchhoff i la resolució de circuits de corrent continu (vegeu figura 6). Encara s'han de testar totes les combinacions possibles, però és un exemple clar de la potencialitat de MNT. En Física les regles de Kirchhoff tenen una component conceptual molt important per estar basades en dos principis de conservació: el de la càrrega elèctrica i el de l'energia. En canvi, en electrotècnia és un conjunt de regles que estableix relacions numèriques entre variables. En aquesta aproximació és on la metodologia MNT és clau en l'aprenentatge.

### CONCLUSIONS

Cal considerar que l'actitud enfront la tecnologia mòbil és un aspecte important. A mesura que l'accés i ús dels dispositius mòbils creixi a les escoles i universitats, serà important per a que la investigació en aquesta àrea continuï desenvolupant eines assequibles per a l'aprenentatge mòbil que puguin ser avaluables i compartides amb altres. Per altra banda, la percepció d'usuaris i experts ha de comportar una retroalimentació que permeti la millora dels aplicatius i material generat.

La solució MNT és molt intuïtiva, principalment quan s'utilitza el dispositiu mòbil. La nostra experiència demostra que quan el professor ensenya els conceptes de la Física i el alumne coneix els procediments bàsics de MNT, llavors l'estudiant ho resol molt ràpidament i el percentatge d'alumnes que aprenen els conceptes s'amplia molt. MNT es més ràpid d'aprendre i més fàcil d'emprar. En el desenvolupament de la experiències hi ha el desplegament de les relacions numèriques (matemàtiques) amb tecnologia mòbil amb representació en context gràfic (intel·ligència espacial) i "muti-touch gestures" ja que la representació textual actual no cospa ni l'atenció ni les necessitats dels nadius digitals amb els seus dispositius mòbils.



## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

---

### Agraïments

Design, graphs and works are based on research and technological development of J. Tarrés, whereas graphical icons are designed by T. Vinyes. We also acknowledge not only the works of 27 students from University of Girona as company internships but also the final engineering degree works of different students from University of Girona and University of Barcelona.

The present communication reflects the deployment of MNT Edu (Mobile Numbers Technology) by a team of university professors, high school teachers, university students and professionals in order to be implemented in education on edu free licensing basis. The mission is to facilitate a new way of teaching in order to extend the knowledge and use of the STEM disciplines to students of all social and intellectual conditions that will help them to face the challenges of the 21st century.

At this time, the core MNT Edu deployment team is formed by Fabiola Vilaseca, Joan Josep Sunyol, University of Girona; Manuel Moreno, Universitat Politècnica de Catalunya; Timo Tiihonen, Jyväskylä University; Arcadi Juncosa, IES Llança; Alex Espigol, junior researcher UdG; and Josep Tarrés. Different companies and organizations are also related.

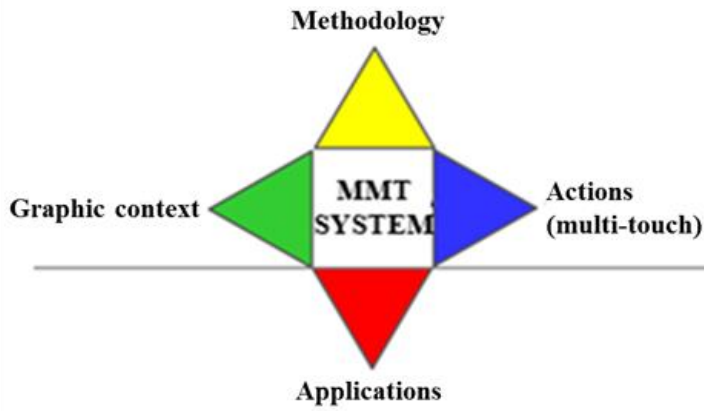




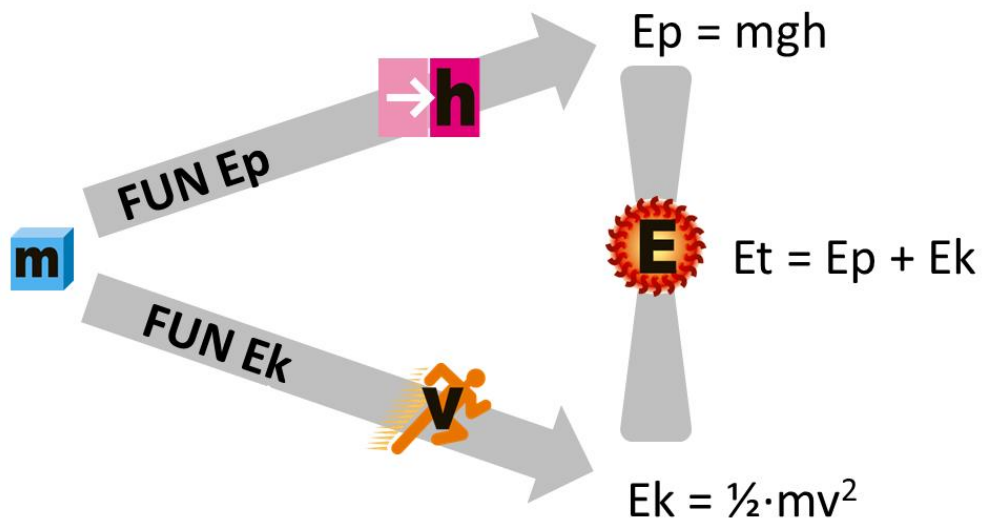
## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

---

### 5.1. FIGURA O IMAGEN 1



### 5.2. FIGURA O IMAGEN 2

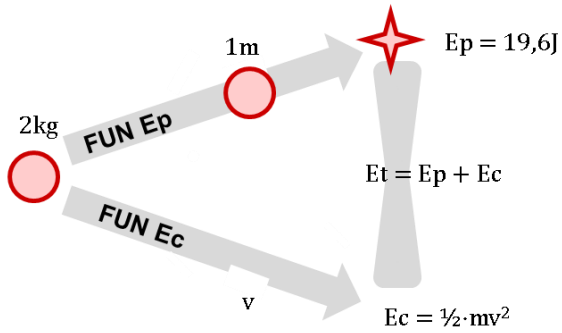




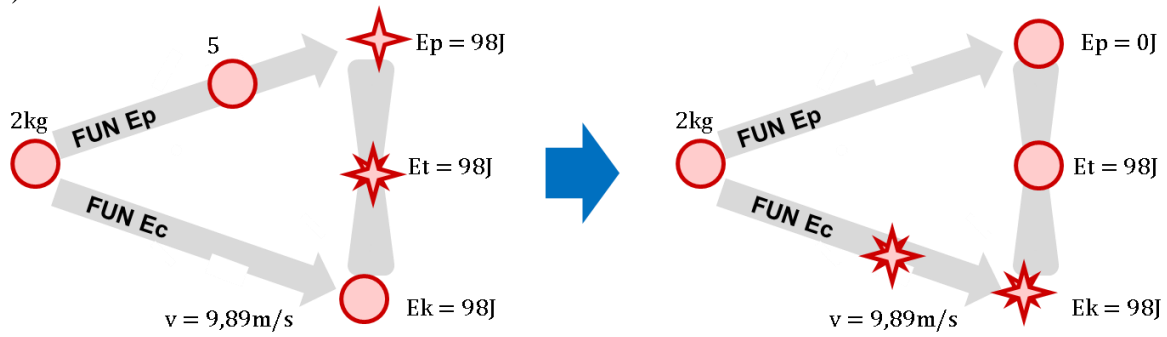
## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

### 5.3. FIGURA O IMAGEN 3

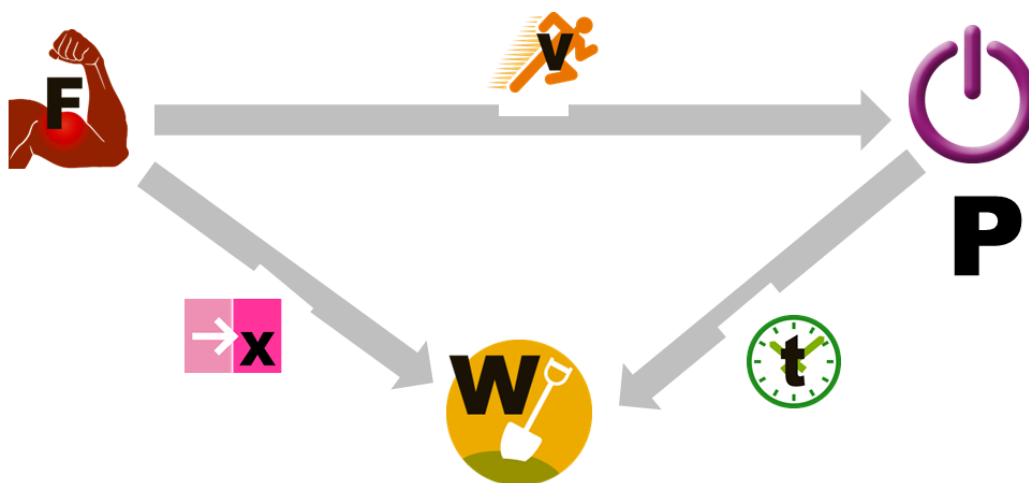
a)



b)

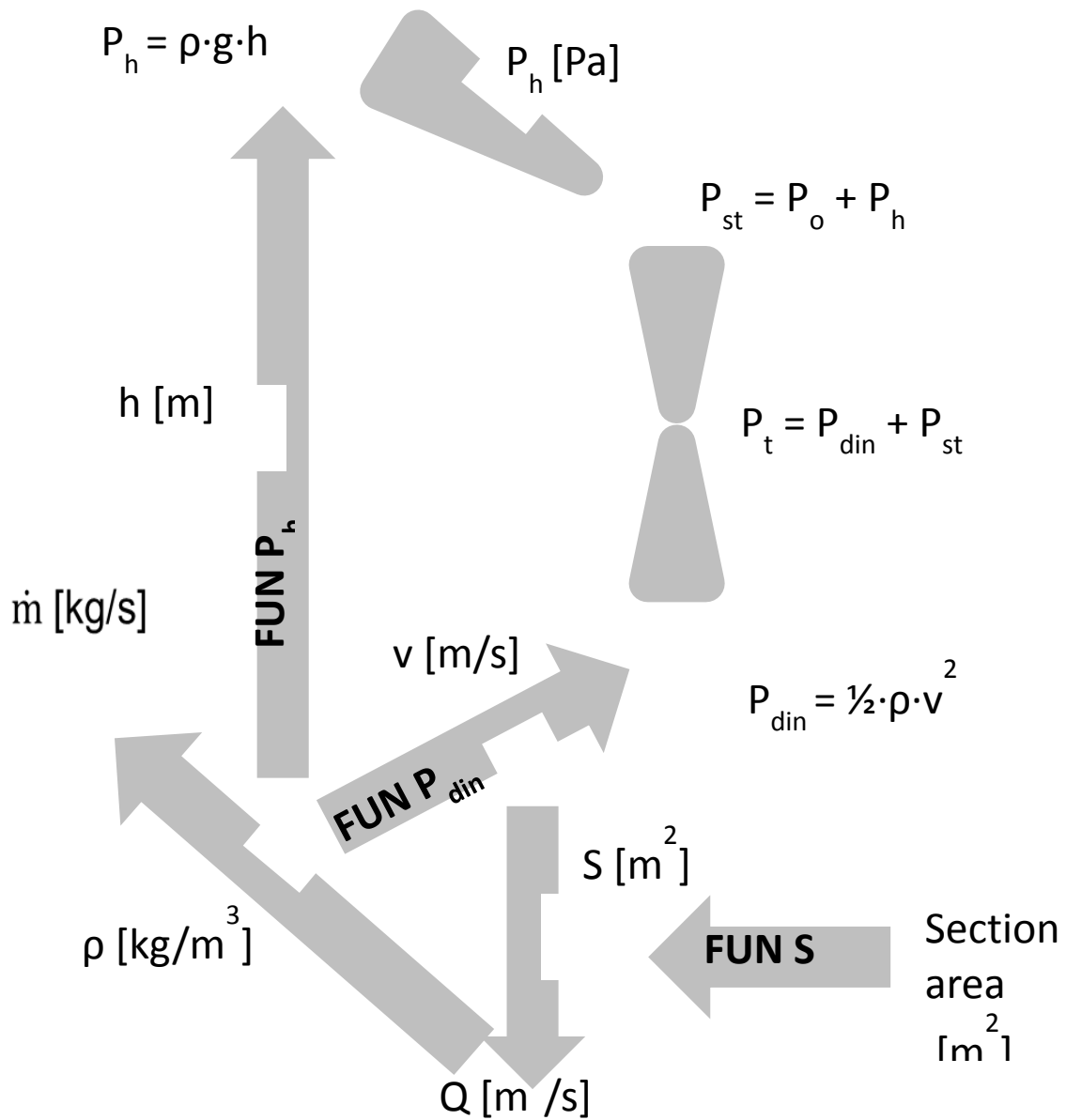


### 5.4. FIGURA O IMAGEN 4



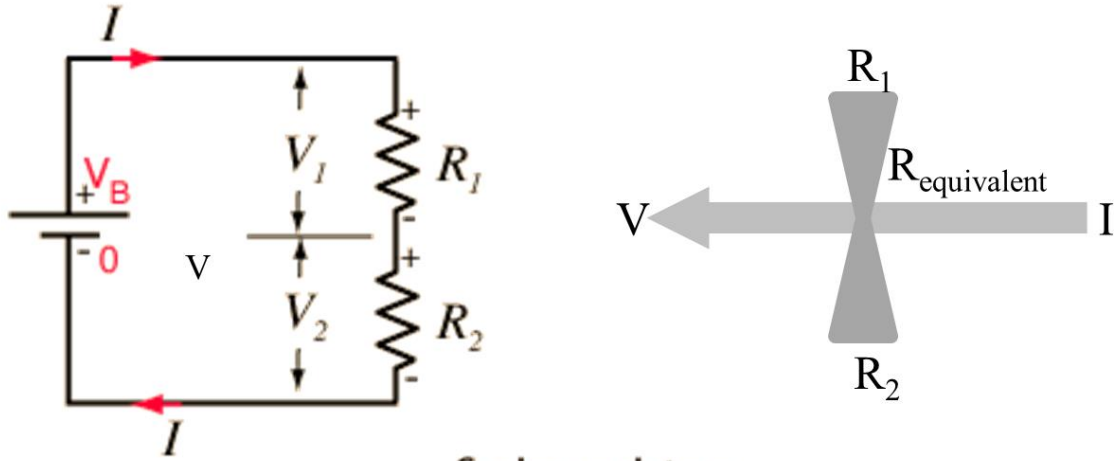


5.5. FIGURA O IMAGEN 5





5.6. FIGURA O IMAGEN 6



Series resistors

$$R_{equivalent} = R_1 + R_2$$



## ESPACIOS DE APRENDIZAJE: AGENTES DE CAMBIO EN LA UNIVERSIDAD

---

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (según normativa APA)

Badosa, J., Bastida, I., Bonastre, J., Coll, R., Escoda, L., Farjas, J., Planella, J., Sánchez, X., Soler, M. i Suñol J.J. (2009). *Apunts de Física per a Fonaments de Física 1*. Ed. Documenta Universitaria.

Chen, G.D., Chang, C.K., Wang, C.Y. (2008). Ubiquitous learning website: Scaffold learners with mobile devices with information aware techniques. *Computers and Education*, 50, pp. 77-90.

Echeverría, A., Nussbaum, M., Calderón, J.F., Bravo, C., Infante, C., Vázquez, A. (2011). Face to face collaborative learning supported by mobile phones. *Interactive learning environments*, 19(4), pp. 351-363.

Escoda, M.L., Planella, J. i Suñol, J.J. *Problemes de física per a batxillerat i cicles formatius*. (2005). Ed. Documenta Universitaria.

González, M.A., Martín, M.E., Llamas, C., Martínez, O., Vegas, J., Herguedas, M. and Hernández C. (2015). Teaching and learning Physics with smartphones. *Journal of Cases on Information Technology*, 17(1), 31-40.

Suñol, J.J., Güell, J.M., Montoro, L., Suy, J and Tarrés J. (2015). Learning Physics with mobile technology: experiences and future developments. Physics at your fingertips! *Edulearn Conference Proceedings*. 2352-2356.

Suñol, J.J., Güell, J.M. Suy, J. and Tarrés. J. (2016). Physics with mobile math technology. *INTED 2016 Proceedings*, 1256-1260.