



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

III. IKERGAZTE NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2019ko maiatzaren 27, 28 eta 29
Baiona, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Ingeniaritzan geometria lantzer
bideratutako planteamendu baten
azterketa eta gauzatzea**

*Irantzu Alvarez Gonzalez, Elisabete
Alberdi Celaya, Maria Isabel Eguia
Ribero, Paulo Etxeberria Ramirez,
Maria Jose Garcia Lopez
eta Judit Muñoz-Matute*

16-22 or.
<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iii.05.02>



Ingeniaritzan geometria lantzerako bideratutako planteamendu baten azterketa eta gauzatzea

Alvarez Gonzalez, Irantzu¹, Alberdi Celaya, Elisabete², Eguia Ribero, Maria Isabel²,
Etxeberria Ramirez, Paulo¹, Garcia Lopez, Maria Jose¹, Muñoz-Matute, Judit³

¹ Adierazpen Grafikoa eta Ingeniaritzako Proiektuak Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

² Matematika Aplikatua Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

³ Matematika Aplikatua, Estatistika eta Ikerkuntza Operatiboa Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

irantzu.alvarez@ehu.eus

Laburpena

Ikasle askorentzat geometria arlo teoriko eta abstraktua da eta kosta egiten zaie ulertzea. Ikasleek geometria ikasten dutenean aurkitzen dituzten zailtasunak batez ere hizkuntza matematikoaren ulermenetik eta bistaratze espazialerako gaitasunetik eratorriak dira. Proiektu honetan geometria lantzeko balio duten jarduerak elkarreragile edo interaktiboak diseinatu eta inplementatu dira, ikasleei geometria ikasten laguntzeko baliabide berriak eskainiz. Ikerketa eta esperimentazio lan hau ingeniaritzako ikasleekin eraman da aurrera, eta bere oinarriak izan dira software librearen erabilera, ikasketa dinamikoa, ikasketa aktibo eta autonomoa, diziplinartekotasuna bultzatzea.

Hitz gakoak: aljebra eta geometria, GeoGebra, adierazpen grafikoa, ingeniaritza

Abstract

For the vast majority of students, geometry is a theoretical and abstract subject, difficult to understand. The problems encountered by students in the study of geometry derive mainly from the understanding of mathematical language and spatial visualization. In this project, interactive activities are designed and implemented to work on geometry, providing students with new resources to help them in the study of the subject. This research and experimentation has been carried out with engineering students, and its fundamentals are to promote the use of free software, dynamic learning, active and autonomous learning and interdisciplinarity.

Keywords: algebra and geometry, GeoGebra, graphical expression, engineering

1. Sarrera eta motibazioa

Gaur egun irakaskuntza-ikaskuntza prozesuetako asko aurrez aurreko ingurune batean ez ezik ohiko klasetik kanpo ere gertatzen dira. Hezkuntza aktibitateak dibertsifikatzeko dauden aukerak ugariak izan arren, irakaskuntza prozesu askok ohiko bideak jarraitzen dituzte, eta jarraitzen diren bide horiek nekez egokitzen dira informazioaren gizartera. Egungo agertokia esperientzia konbinatuak erabiltzeko egokiagoa da, formakuntza modalitate bateko edo besteko izaera eskusiboa duten aukerak erabiltzeko baino. Ondorioz, arrazoizkoa da irakaskuntza-ikaskuntza prozesua bateratua izatea, aurrez aurreko presentzia eskatzen duten jarduerak eta ez dutenak konbinatuz. Normalean, aurrez aurreko presentziarik eskatzen ez duten jarduerak interneteko atarietan sostengatuz garatzen dira. Informazio eta Komunikazio Teknologien (IKT) kulturaren ondorioetako bat gela birtualen sorrera eta erabilera izan da. Orain arrunta da ikasleek gela fisiko bat eta gela birtual bat izatea, arrunta den bezalaxe IKTetan oinarritutako material dinamiko eta elkarreragile edo interaktiboak izatea.

Ikerlan hau unibertsitate mailako geometriaren lanketan zentratzen da. Zehazki Bilboko Ingeniaritza Eskolan (Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU) Ingeniaritza Zibileko graduako lehenengo mailan irakasten den “Aljebra eta Geometria” irakasgaiaren garatu da, eta GeoGebra software-a irakasgaiaren lantzen diren geometriako kontzeptuak hobeto ulertzen laguntzeko erabilgarria den aztertu da.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Hezkuntza-sistemak azken bi hamarkadetan izan duen erronka IKTak irakaskuntza-ikaskuntza prozesuan barnertzea izan da. Irakasleek aztertu behar izan dute beraiek irakasten dituzten irakasgaietan IKTak erabil daitezkeen ala ez, erabiltzekotan zein ekarpen egiteko erabiliko diren eta testuinguru horretan beraiek irakasle gisa izango duten eginkizuna (Hennessy *et al.*, 2005; Salinas, 1997, 1999, 2002). Honen ondorioa da, askotariko IKT baliabideak (software, gela birtual, arbel elektronikoa, eta abar) gaur egungo sistemako parte izatea. Baliabide horiei probetxua ateratzeko zer eta nola erabili izaten da egin beharreko hausnarketetako bat eta hausnarketa hori irakasgaiaren arabera izaten da.

Geometria arlo teoriko eta abstraktua da, eta sarritan kosta egiten da ulertzea. Geometria ikastea aurkitzen diren zailtasunetako asko hizkuntza matematikoaren ulermenetik eta bistaratze espazialerako gaitasunetik eratorzen dira. Badira IKTak erabiliz matematikak lantzerako bideratutako hainbat esperientzia (Lasa eta Wilhelmi, 2013, 2014). Esperientzia horietako batzuek GeoGebra software librea oinarrituz garatu izan dira (Calder, 2011; Lasa eta Wilhelmi, 2013, 2014; Samuels eta Haapasalo, 2012; Kutluca, 2013). Geometriarako ez ezik makinaren teoria (Iriarte *et al.*, 2014), mekanismo artikulatuak (Manzano Mozo *et al.*, 2017) eta beste gai batzuekin lotutako simulazioak egiteko ere erabili izan da GeoGebra (Vega-Alvarado *et al.*, 2018). GeoGebra kode irekiko software dinamiko da, eta doakoa da helburu komertzialik ez duen erabilerarako. Aljebra eta geometriarekin lotutako kontzeptuak bere barnean biltzen ditu, eta egokia da besteak beste, tresna geometriko dinamikoak sortzeko, adierazpen grafikoak egiteko edota objektu matematikoen tratamendu aljebraikorako.

Esperientzia ezberdinetan aipatzen dira GeoGebra software-aren indarguneak, bai geometriaren ikasketan eta baita izaera dinamikodun beste hainbat alorretan ere. Gainera, esperientzia horiek hezkuntza-maila ezberdinetan garatuak izan dira, lehen-hezkuntzatik unibertsitate mailaraino. Hori guztia ikusirik, aztertu nahi izan dugu “Aljebra eta Geometria” irakasgai zenbait kontzeptu lantzeko GeoGebra ea lagungarria gerta dakigukeen. Bestalde, irakasgai horretan ikasten den geometriako parte lantzeko software-ak eskaintzen dituen tresnak ezagutu nahi izan ditugu. Paperean eskuz ebazten ditugun ariketak software bidez ebatzi eta emaitzak bistartzeko duen ahalmena ere aztertu nahi izan dugu. Era berean neurtu nahi izan dugu GeoGebra software-ak ikasleei geometriako kontzeptuen ulermenean ea laguntzen ote dien. Hori neurtzeko asmoz ikasleei kontzeptu ezberdinei buruzko ulermen maila baloratzeko eskatu zaie bi momentutan: gaia GeoGebra erabili gabe landu denean eta GeoGebra erabilia landu denean.

Azkenik, softwareak eskaintzen duen ingurunea baloratu nahi izan da, burutu nahi diren ekintzak agindu bidez idazteak duen zailtasuna eta honelakoak. Helburua software-a erabiliz geometriako kontzeptuak hobeto ulertzea izan baita, horretarako egin beharreko bitarteko ekintzetan ahalik eta zailtasun gutxien aurkituta. Hau da, software-aren erabilerraztasuna ere neurtu nahi izan da.

3. Ikerketaren muina

Ikerketa hau Ingeniaritza Zibileko graduako lehenengo mailan irakasten den “Aljebra eta Geometria” irakasgaiaren burutu da, eta 53 ikasleek parte hartu dute bertan. Irakasgai hau lehenengo lauhilekoan irakasten da eta 6 kreditutako (*European Credit Transfer and Accumulation System*, ECTS) balioa du. Hurrengo lerroetan azalduko ditugu jarraitutako metodologia eta lortu diren emaitzak.

3.1. Metodologia

GeoGebra software-aren inguruan egin den hasierako ikerketa software-aren egokitasuna eta erabilerraztasuna neurtzera bideratuta egon da. Lehen ikerketa hau irakasgai irakasleek eraman dute aurrera eta honen ondorioa izan da GeoGebra gure helbururako egokia dela.

Ondoren, ikasleek ordenagailu geletan GeoGebra erabilia garatu dituzten lau praktika diseinatu dira. Orain arte klase arruntetan bakarrik landu izan dena, ordenagailu bidez egitea eta bistaratzea izan da helburua. Gainera, ordenagailuz ariketak egitea eskuz egitea baino azkarragoa denez, ariketa bera ebazteko prozedura ezberdinak probatu ahal izan dituzte.

Praktika horietan landu diren gaiak honako hauek izan dira:

- Espazio afineko elementuen definizioa eta adierazpena.
- Elementu ezberdinen arteko posizio erlatiboa espazioan (zuzen artekoa, plano artekoa, zuzen-plano artekoa).

- Perpendikularitasuna (zuzen elkarzutak, plano elkarzutak, zuzen eta plano elkarzutak).
- Distantziak (bi punturen artekoa, puntu baten eta plano baten artekoa, puntu baten eta zuzen baten artekoa, bi plano paraleloren artekoa, zuzen eta plano paraleloen artekoa, bi zuzen paraleloren artekoa, elkar gurutzatzen duten bi zuzenen artekoa).
- Simetriak (puntu batekiko puntu simetrikoa, zuzen batekiko puntu simetrikoa, plano batekiko puntu simetrikoa).
- Angeluak (bi zuzenen artekoa, zuzen-plano artekoa, bi planoren artekoa).

Praktika horietako bakoitzean jarraitu den prozedura honako hau izan da:

1. Azalpenak: Praktika bakoitzaren hasieran, irakasleak irakasgaiaren testuinguruan kokatu du praktikan landuko dena. Praktikako ariketak aurkeztu ditu eta horiek GeoGebra bidez ebazteko beharrezko aginduen azalpena eman du.
2. Atariko testa: Ikasleek praktika egin aurretik test bat bete dute. Egun horretako praktikan landuko dutenari buruz GeoGebra erabili aurretik beraiek daukaten ezagutzari buruzko pertzepzioaz galdetu zaie atariko test horretan. Galdera bakoitzari 1-5 eskala erabilita erantzun die, 1 balioa adostasunik eza izanik, eta 5 balioa guztiz ados egotea.
3. Praktika: Ikasleek egun horretako praktika era autonomoan burutu dute GeoGebra erabiliz.
4. Osteko testa: Praktika burutu ostean berriro bete dute atarikoaren antzeko test bat, jakin nahi izan baita ea beraien ezagutzari buruz daukaten pertzepzioa GeoGebra erabili ostean hobetu ote den. Galdera bakoitzari 1-5 eskala erabilita erantzun die berriro.

Praktika bakoitzeko atariko eta osteko testetan, GeoGebraren erabilerari buruzko galdera orokorrak eta praktika bakoitzean landu diren kontzeptuei buruzko galdera zehatzak erantzun dituzte ikasleek. Lehenengo praktikako hasierako eta osteko testetako zenbait galdera orokor 1 eta 2 tauletan ikus daitezke. Eta bigarren praktikako hasierako eta osteko testetako zenbait galdera zehatz 3 eta 4 tauletan jaso dira.

1. taula. Lehenengo praktikaren atariko testeko galdera orokorrak.

G1- Programa informatikoen erabilerak kontzeptu geometrikoak bistaratzen eta hobeto ulertzen lagun diezadake.
G2- Programa informatikoaren erabilerak geometriaren alorreko problemak aztertzen eta soluzioa aurkitzen lagun diezadake.
G3- Programa informatikoaren erabilerak nire ikasketa autonomoan laguntzen dit.
G4- Programa informatikoaren erabilerak irakasgaian dudan interesa handitzen du.

2. taula. Lehenengo praktikaren osteko testeko galdera orokorrak.

G1- Programa informatikoaren erabilerak kontzeptu geometrikoak bistaratzen eta hobeto ulertzen lagundu dit.
G2- Programa informatikoaren erabilerak geometriaren alorreko problemak aztertzen eta soluzioa aurkitzen lagundu dit.
G3- Programa informatikoaren erabilerak nire ikasketa autonomoan lagundu dit.
G4- Programa informatikoaren erabilerak irakasgaian dudan interesa handitu du.

Jarraitutako prozedurarekin jakin nahi izan da “Algebra eta Geometria” irakasgairako GeoGebra ea egokia eta erabilerraza den, eta ea ikasleei lagungarria gertatu zaien. Zentzu honetan, software-ak hiru dimentsiotan lan egiteko eskaintzen dituen aukerak aztertu dira. 1 irudian praktiketako baten ikasleek egin beharreko ariketa bati dagokion GeoGebra bidezko ebazpena ikus daiteke. Ariketa honetan, A eta B puntuak eta α eta β planoak ematen dira datu gisa. A eta B puntuek bi zuzenen arteko distantziarik txikieneko zuzenkia osatzen dute. Ikasleari eskatzen zaio bi zuzen horiek kalkulatzeko, jakinik zuzenetako batek A puntua barnean duela eta α planoarekiko paraleloa dela, eta bestea B puntua barnean izanik β planoarekiko paraleloa dela.

3.2. Emaitzak

Metodologiari dagokion atalean azaldu den moduan, bi ziren galdetegiako galderen helburuak. Alde batetik, software-aren erabilerak arlo hauetan izan ditzakeen onura orokorrak aztertzea (ikus 1 taula): kontzeptuen ulermenean, arazoei soluzioak bilatzerakoan, ikasketa autonomoan, motibazioan, eta abar. Eta bestetik, geometriako

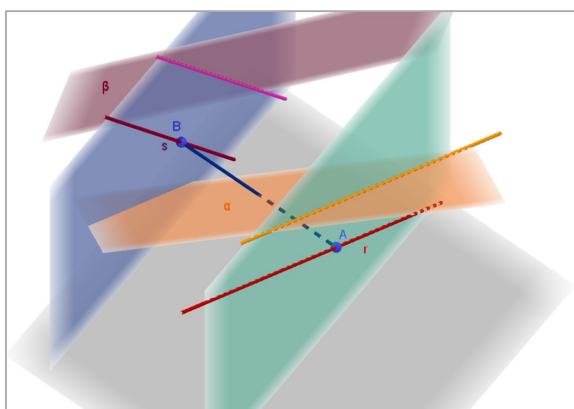
3. taula. Bigarren praktikako atariko testeko zenbait galdera zehatz.

A1- Zuzenek espazioan izan ditzaketen posizio erlatiboak ezagutzen ditut.
A2- Planoek espazioan izan ditzaketen posizio erlatiboak ezagutzen ditut.
A3- Zuzen batek eta plano batek espazioan izan ditzaketen posizio erlatiboak ezagutzen ditut.
A4- Plano-sortaren adierazpen aljebraikoa ezagutzen dut.
A5- Plano-sorta bat bistartzeko gai naiz.
A6- Badakit zein baldintza aljebraiko bete behar diren bi zuzen espazioan gurutza daitezen.
A7- Badakit zein baldintza aljebraiko bete behar diren zuzen bat plano baten barruan egon dadin.
A8- Hezkuntzako beste etapa batzuetan jasotako ezagutzak erabiliz problema geometrikoak ebazteko gai naiz.
A9- Espazioko geometriako problemak ebazteko prozedurarik egokiena aukeratzeko gai naiz.

4. taula. Bigarren praktikaren osteko testeko zenbait galdera zehatz.

O1- Zuzenek espazioan izan ditzaketen posizio erlatiboak bistaratzen ditut.
O2- Planoek espazioan izan ditzaketen posizio erlatiboak bistaratzen ditut.
O3- Zuzen batek eta plano batek espazioan izan ditzaketen posizio erlatiboak bistaratzen ditut.
O4- Plano-sorta bat bistartzeko gai naiz.
O5- Klase ordu honetan jaso ditudan edukiei esker problema geometrikoen soluzioa aurkitzeko gai naiz.
O6- Espazioko geometriako problemak ebazteko prozedurarik egokienak aukeratzeko gai naiz.
O7- Proposatutako ariketa guztiak egin ditut.
O8- Praktika egiteko jaso dudana materiala egokia izan da.
O9- Jarraitutako metodologiak ikasketan lagundu dit.
O10- Burutu dugun praktika interesgarria iruditut zait.

1. irudia. GeoGebra erabiliz ebatzitako ariketa baten adibidea.



- $A = (5, 1, 4)$
- $B = (5, 5, 4)$
- $AB = 4$
- $\alpha: x + y + z = 12$
- $\beta: 4x + 5y + 2z = 60$
- $PA: y = 1$
- $r1: X = (6, 1, 5) + \lambda(-1, 0, 1)$
- $r: X = (5, 1, 4) + \lambda(-0.71, 0, 0.71)$
- $PB: y = 5$
- $s1: X = (6.4, 5, 4.7) + \lambda(-2, 0, 4)$
- $s: X = (5, 5, 4) + \lambda(-0.45, 0, 0.89)$
- $d = 4$

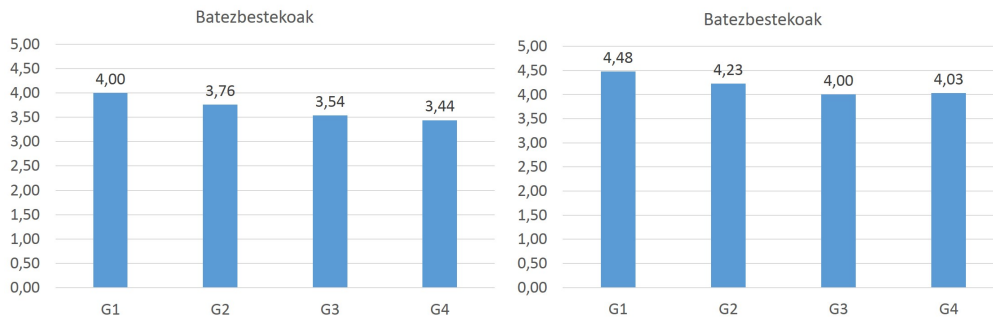
kontzeptu eta prozedura zehatzak hobeto ulertzeko, software-a baliagarria zen ala ez ebaluatzea. Galdetegietako erantzunak aztertu eta gero (ikus 2 irudia), GeoGebra erabiltzearen onura orokorrak argiak dira. Atal guztietan, ikasleen adostasuna puntu erdi igo da atariko galdetegitik GeoGebra aplikatu osteko galdetegira. Kontzeptuak bistartzeari eta ulertzeari zein geometriaren alorreko problemak aztertzeari eta soluzioa aurkitzeari dagokienez, nabaria da programaren ekarpena, betiere ikasleen iritziz. Ikasketa autonomoa eta irakasgaiaren interesa handitzeari dagokienez ere (G3 eta G4 galderak) baliagarritzat jotzen dute ikasleek GeoGebra, beste maila batean (4 inguruko puntuazioaz) bada ere. “Aljebra eta Geometria” irakasgaia berriz ikasi beharko balute ea programa erabiliko luketen ere galdetu zaie, eta ikasle gehienek erabiliko lukete.

Galdera orokorrez gain, beste galdera zehatzago batzuk egin ziren, praktika bakoitzean landu beharreko kontzeptu eta prozeduren ulermenean GeoGebrak zeukan eragina neurtzeko asmoarekin. Galdera horietan honelako ezagutzak eta gaitasunak, besteak beste, aztertu ziren:

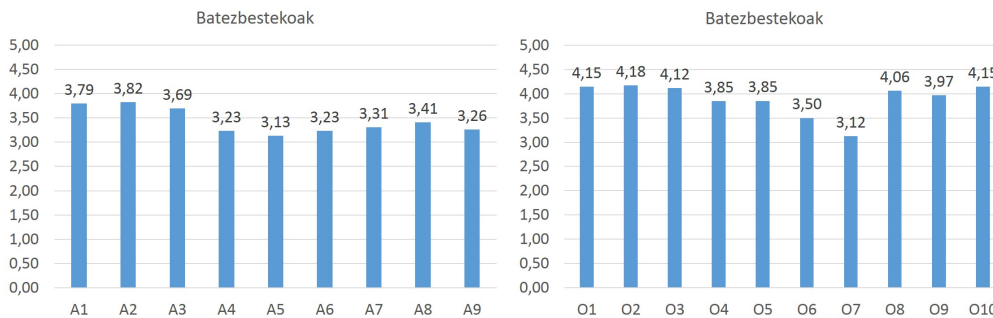
- Geometriako elementu-motak ezagutzea.
- Elementuen arteko posizio erlatiboak ezagutzea.
- Problemak matematikoki ebazteko prozedurak ezagutzea eta aplikatzea.
- Espazioko geometriako problemak ebazteko prozedura egokiak aukeratzea eta aplikatzea.

Emaitzak aztertuta (3 irudia), GeoGebra-ren ekarpena nabaria da aipatu diren lehen hiru kasuetan (elementu-motak, haien arteko posizio erlatiboak eta prozedura sinpleak). Espazioko prozeduretan ekarpena positiboa izan arren, txikiagoa da. Azken prozedura horiek garapen luzeagoa eta izaera guztiz tridimentsionala dutenez, geometria dinamikoak eskaintzen duen laguntza ez da hain eraginkorra.

2. irudia. Lehen praktikako atariko (ezker) eta osteko (eskuin) testetako galdera orokorren emaitzak.

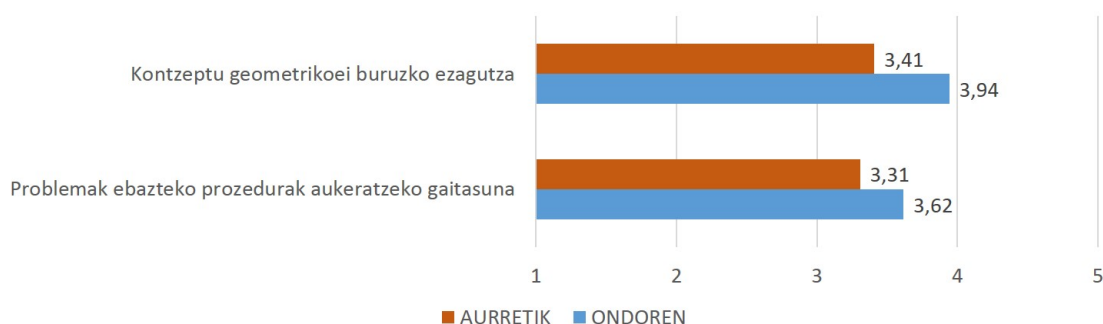


3. irudia. Bigarren praktikako atariko (ezker) eta osteko (eskuin) testetako zenbait galdera zehatzen emaitzak.



GeoGebra erabili gabe edo erabilia ikasleek geometriako kontzeptuei eta prozedurei buruz daukaten ulermen mailari buruzko informazioa 4 irudian ikus daiteke. Ikasle guztiek software-a erabili dutenez, hura erabili aurretik eta erabili osteko ezagutza maila da era honetan neurtu dena.

4. irudia. GeoGebra erabili gabe eta erabilia ikasleen ezagutza maila.



4. Ondorioak

GeoGebra programa geometriaren irakaskuntzan aplikatu eta gero, irakasleek oso lanabes egokitzat jotzen dute. Software-ak hiru dimentsiotan lan egiteko eskaintzen dituen aukerak oso egokiak dira, bai irakasgaian ikasten diren geometriako kontzeptuak lantzeko, baita paperean eskuz ebazten diren problemak garatzeko ere.

Ikasleei erabilerraza iruditu zaie programa. Sintaxi errazeko software-a denez, saio praktikoko gutxirekin nahikoa baita erabiltzaileek segurtasuna har dezaten. Ikasleen erantzunak aztertu ondoren, GeoGebra erreminta lagungarria dela ondorioztatzen da. Hiru dimentsiotako adierazpen grafiko sendoan eta sorkuntza dinamikokoan oinarrituta, programaren ekarpena handia da geometriako elementuak eta haien arteko posizio erlatiboak hobeto ulertzeko, eta horien inguruko problema sinpleak ebazteko.

Aurtengo esperientzia ordenagailu geletan aurrez aurre burutu bada ere, aurrera begira, gela birtualean jar daitezke software-a erabiltzeko oinarritzko aginduak eta ikasleek beraien kabuz egin ditzakete ariketak.

5. Etorkizunerako planteatutako norabidea

Irakasgai baten garapenean software bat barneratzeak zenbait azterketa egitera behartzen gaitu. Gure kasuan, “Aljebra eta Geometria” irakasgaian landu nahi ditugun edukiak lantzeko GeoGebra ea egokia ote den eta erabiltzeko zailtasunik ote duen aztertu ditugu lehendabizi. Aipatutako irakasgaian GeoGebra lagungarri izan daitekeela ondorioztatu ostean, bigarren azterketa baten beharrezana izan dugu, zehazki zer egingo den eta egingo den hori diseinatzeko, alegia.

Etorkizunera begirako lana izan daiteke irakasgaiko kontzeptu teorikoak hobeto ulertzera bideratutako applet dinamikoko eta interaktiboak sortzea. Applet dinamikoko horiek ikasgela birtualean izan ditzakete ikasleek eskura eta beraien kontura landu ditzakete klaseko esparrutik kanpo. Beste aukera bat izan daiteke, unibertsitate mailako “Adierazpen Grafikoa” bezalako irakasgaietan GeoGebra erabilgarritasuna aztertzea edota irakasgai bietako (“Aljebra eta Geometria” eta “Adierazpen Grafikoa”) loturak aurkitzera bideratutako aktibitateak GeoGebra diseinatzea.

6. Erreferentziak

Calder, N. 2011. *Processing Mathematics Through Digital Technologies*. Sense Publisher.

Hennessy, S., K. Ruthven, eta S. Brindley. 2005. Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: commitment, constraints, caution, and change. *Journal of Curriculum Studies* 37(2).155–192.

Iriarte, X., J. Aginaga, eta J. Ros. 2014. Teaching mechanism and machine theory with GeoGebra. In *New Trends in Educational Activity in the Field of Mechanism and Machine Theory*, 211–219. Springer International Publishing.

Kutluca, T. 2013. The effect of geometry instruction with dynamic geometry software; GeoGebra on Van Hiele geometry understanding levels of students. *Educational Research and Reviews* 8(17).1509–1518.

Lasa, A., eta M. R. Wilhelmi. 2013. Use of geogebra in explorative, illustrative and demonstrative moments. *Revista do Instituto GeoGebra de São Paulo* 2(1).52–64.

—, eta —. 2014. Geogebra eta bigarren hezkuntzako irakasleen prestakuntza. *Hik Hasi* 188.32–34.

Manzano Mozo, J., M. Gómez García, eta J. Mozo Fernández. 2017. Mecanismos articulados: Geometría dinámica y cinemática en un entorno educativo STEM. *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation* 3(1).15–27.

Salinas, J. 1997. Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información. *Pensamiento Educativo* 20.81–104.

— 1999. El rol del profesorado universitario ante los cambios de la era digital. In *Actas del I Encuentro Iberoamericano de Perfeccionamiento Integral del Profesor Universitario*, Caracas: Universidad Central de Venezuela.

— 2002. Modelos flexibles como respuestas de las universidades a la sociedad de la información. *Acción Pedagógica* 11 (1). (Online erako artikulua).

Samuels, P., eta L. Haapasalo. 2012. Real and virtual robotics in mathematics education at the schooluniversity transition. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 43(3).285–301.

Vega-Alvarado, E., E. A. Portilla-Flores, G. A. Ardul Munoz-Hernandez, E. Mezura-Montes, G. Sepúlveda-Cervantes, eta P. Bautista-Camino. 2018. A memetic algorithm based on Artificial Bee Colony for optimal synthesis of mechanisms. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería* 34(1).1–10.

7. Eskerrak

Autore guztiek eskerrak eman nahi dizkiote UPV/EHU-ko Berrikuntzaren, Gizarte Konpromisoaren eta Kulturgintzaren arloko errektoreordetzari, SAE/HELAZen bidez lan hau finantzatu baitu.

Elisabete Alberdi Celaya eta Judit Muñoz Matute autoreak Euskal Gobernuko Ikerketa Talde Kontsolidatuak (IT649-13 Mathematical Modeling, Simulation, and Industrial Applications M2SI), Espainiar Gobernuko Ekonomia eta Lehiakortasun Ministeritzako MTM2016-76329-R (AEI/FEDER, EU), eta MTM2016-81697-ERC/AEI erreferentzia zenbakidun proiektuek partzialki diruz lagunduak izan dira.

Judit Muñoz Matutek Euskal Herriko Unibertsitateko dirulaguntza ere jaso du, No. PIF15/346.