Ekaia, 2025, 47, 343-355
https://doi.org/10.1387/ekaia.26590

ekaia
ZIENTZIA eta TEKNOLOGIA ALDIZKARIA

ISSN 0214-9001 – eISSN 2444-3255

Energia aurrezpena eta jasangarritasuna: aplikazioa ikastetxeetan eta Eraikinen Kalitatea Kontrolatzeko Laborategian

(Energy savings and sustainability: application in schools and Laboratory of Quality Control in Buildings)

A. Picallo-Perez[1], A. Hernandez-Arizaga[1], JM. Hidalgo-Betanzos[1], J. Aldasoro[2], A. Lasa[2], P. Sarriugarte-Onandia[3]*

[1] Research group ENEDI, (University of the Basque Country UPV/EHU; Bilbao, Spain)
[2] Elhuyar Fundazioa. (Zelai Haundi kalea, 3, Usurbil, Spain)
[3] DoPER Donostia Physics Education Research Group, (UPV/EHU; Donostia, Spain)

LABURPENA: Lan honen xedea da unibertsitateko ezagutzak eta praktikak eraikinen energia-esparruan integratzea, Bigarren Hezkuntzako ikasleekin batera. Hala, Bigarren Hezkuntzaren eta unibertsitate-ikasketen arteko harremana sendotzeko energia-estrategiak definitzen dira, Deustuko Ikastolan «proiektu pilotu» bat gauzatuz, eta gaztetxoen artean Zientzia, Teknologia, Ingeniaritza eta Matematikako (STEM) bokazio zientifikoak sustatuz, bereziki emakumeen artean. Proiektuan ikastetxearen energia-erabilpena aztertzen da, unibertsitateko ikertzaileen eta Bigarren Hezkuntzako ikasleen laguntzaz, bai eta Eusko Jaurlaritzako Eraikinen Kalitatea Kontrolatzeko Laborategiko (EKKL) profesionalen laguntzaz ere. Helburua STEM irakaskuntzan ikasleak motibatzea da, interesa eta hurbiltasuna pizteko eta eraikinen energia-eraginkortasunaren ezagutza sustatzeko. Funtsezkoa da Bigarren Hezkuntzako ikasleak eremu horiekin lotzea, lehenik etorkizun akademikoa aukeratzean oinarri bat izateko eta, ondoren, euren buruak horrelako lanbideetan islatzeko. Garatutako jarduera nagusien artean (1) ikastetxeen energia-kontsumoaren egungo egoera aztertu da; (2) ikastetxeetarako dibulgazio-hitzaldiak diseinatu eta inplementatu dira; (3) saiakuntza esperimentalak egin dira *in situ ikastetxeetan; (4) ikasleek ikastetxeetako energia-eraginkortasuna hobetzeko proiektuak garatu dituzte; (5) EKKL bisitatu da, eraikuntzako energia-arloko errealitate profesionala ezagutzeko; eta, bukatzeko, (6) ikasleentzako kongresu bat diseinatu eta inplementatu da. Ondorio gisa nabarmentzen da, ikasleentzat oso aberasgarria izan dela energia-eraginkortasunaren ezagutzak dituzten profesionalekin lan egitea, auditoretza-saiakuntza errealetan oinarrituz.*

HITZ GAKOAK: STEM, zientzia-kapitala, energia-auditoretzak, energia-eraginkortasuna.

ABSTRACT: *The aim of this work is to integrate university knowledge and practices in the energy field of buildings, together with high school students. Thus, energy strategies are defined to strengthen the relationship between secondary education and university studies, carrying out a «pilot project» in the Ikastola de Deusto, and encouraging scientific vocations in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) among the youngest students, especially women. The project analyzes the energy use of the center, with the collaboration of university researchers and high school students, as well as professionals from the Laboratory of Building Quality Control (LBQC) of the Basque Government. The objective is to motivate and reinforce the students in STEM education in order to awaken interest and proximity and to promote knowledge of the energy efficiency of buildings. Relating high school students to these fields is essential to have a basis in the choice of the future professional and orientate them towards this type of professions. Among the main activities developed (1) the current situation of energy consumption in the centers has been analyzed; (2) informative talks have been designed and implemented for the centers; (3) experimental tests have been carried out in situ in the schools; (4) the students have developed projects to improve the energy efficiency of the centers; (5) the LCC has been visited; and (6) the students have been involved in the development of projects to improve the energy efficiency of the centers.*

KEYWORDS: STEM, scientific capital, energy audits, energy efficiency.

**** Harremanetan jartzeko/Corresponding author:*** Picallo-Perez Ana, Research group ENEDI, (University of the Basque Country UPV/EHU; Bilbao, Spain), helbidea. https://orcid.org/0000-0002-1889-3586, ana.picallo@ehu.eus

Nola aipatu/How to cite: Picallo-Perez A., Hernández-Arizaga A., Hidalgo J.M., Aldasoro J., Sarriugarte-Onaindia P. (2025). «Energia aurrezpena eta jasangarritasuna: aplikazioa ikastetxeetan eta Eraikinen Kalitatea Kontrolatzeko Laborategian», *Ekaia*, 47, 2025, 343-355. (https://doi.org/10.1387/ekaia.26590).

Jasoa: ekainak 17, 2024; Onartua: urriak 8, 2024

ISSN 0214-9001-eISSN 2444-3225 / © UPV/EHU Press

Lan hau *Creative Commons Aitortu-EzKomertziala-PartekatuBerdin 4.0 Nazioartekoa* lizentzia baten mende dago

1. SARRERA

Egungo gizarteak energia asko kontsumitzen du bizi-maila eta erosotasuna mantentzeko. Munduko energiaren kontsumoa biziki handitzen ari da, eta herrialde garatuetako herritarrok erantzukizun handia daukagu horretan; [1] estekan, adibidez, arazoaren neurria kuantifikatzen dituen zenbakiak azter daitezke. Beraz, erronka nagusia garapen iraunkorra da, jarduerak, eraldaketak eta aurrerapenak era jasangarrian gauzatzeko, eta, hein baten, baliabideak modu zuzenean ustiatzeko. Gainera, gero eta kezka handiagoa dagoenez ingurumena zaintzeko, munduko gobernuek eta erakundeek berokuntza globala apaltzeko zuzentarauak bideratu dituzte, hala nola energia aurrezteko eta energia-efizientzia sustatzeko argibideak emanez; [2] erreferentzian, esaterako, Europar Batasuneko azken 50 urteetako eraikinen energia-politikak berrikusten dira. Eraikinen energia-auditoretza neurri horien artean dago, eta akatsak diagnostikatzeko eta sistemak kudeatzeko balio du [3]. Horien bitartez energia-erabilera optimiza daiteke, instalazioen funtzionamendu egokia lortuz.

1.1. Aurrekariak eta gaur egungo egoera

Etxebizitzak eta 3. sektoreko zerbitzu-eraikinak, energia kontsumitzaile-zerrendan hirugarren postuan daude, garraio-sektorearen eta industria-sektorearen atzean, eta hirien energia-kontsumoa, kontsumo totalaren %29,5 da [4]. Bere aldetik, [5] erreferentzian eraikinen energia-informazio eguneratua dago, eta eraikinak CO_2-emarien laurdenaren erantzule direla jotzen da. Horregatik, eraikuntza-sektorean energia aurreztea funtsezkoa da, gizarte iraunkor eta orekatu bat lortzeko. Hala eta guztiz ere, eraikuntza-esparruan hainbat sektore daude: arkitektura, ingeniaritza, eraikuntza-teknikariak, gremioak, biztanleak, erabiltzaileak eta abar. Beraz, transmisioa beharrezkoa da eta eragile guztiak inplikatu behar dira, energia-erabilera optimizatzeko, ezagutza garatzeko eta komunitate jasangarri bat lortzeko. Gainera, haurtzarotik prestatu behar da gizartea, modu praktikoan eta didaktikoan, esperientzian oinarritutako ikaskuntza funtsezkoa baita energia behar bezala erabiltzeko eta zientzia-kapitala sortzeko.

Zientzia-kapitala [6] zientziarekin zerikusia duten baliabide guztien multzoa da, eta gazteek zientzian dituzten patroiak eta parte-hartze mailak azaltzeko eta ulertzeko erabil daiteke. Frogatu da interesak soilik ez duela bokazio zientifiko-teknologikorik areagotzen; aitzitik, bizipenek dutela eragina: ezagutzen ditugun pertsonek eta erreferenteek, familia-inguruneak, STEM praktikan izandako esperientzia arrakastatsuek, aisialdiko ohiturek, gertuko senideen ikasketek edo, azken batean, pertsona batek berekin daraman zientzia. Horrela, pertsona batek bere burua STEM lanbideetan hauteman dezan, zientzia-kapitala behar du.

1.2. **STEM hezkuntzaren arloko aurrekariak**

Zientzia eta teknologia arloko profesionalen genero-parekotasunaren joerak positiboak badira ere, oraindik ere badira unibertsitateko ikasketa teknikoetan eta ingeniaritzako ikasketetan neska-mutilen matrikula-kopuruaren arteko aldea mantentzen duten estereotipoak. Hori, beharbada, adin goiztiarretan landu beharreko eredu-faltagatik izan daiteke, batez ere curriculum kanpoko jardueretan, ikasleak ingeniaritzako jarduera profesionaletan islatzen ez direlako.

Bestalde, irakaskuntza teknikoak interes berezia du gaur egun, arlo horretan trebatutako adituen beharrizan industriala eta soziala dela-eta. Hala ere, gero eta matrikulazio gutxiago dago karrera teknikoetan, eta genero-arrakala oraindik ere handia da, bereziki ingeniaritzetan, jaiotza-tasak behera egin duelako eta arlo horietan emakumeen matrikulazioa baxua delako. STEM teknikek Zientzia, Teknologia, Ingeniaritza, Matematika eta antzeko gai zientifikoetara hurbildu nahi dituzte gazteak. Gakoa da Bigarren Hezkuntzako eta Batxilergoko ikasleak eremu horiekin lotzea, etorkizunean karrera bat aukeratzeko interesa eta motibazioa sortzeko.

Epe laburrean, Europak zientzialari eta teknologo gehiago beharko dituela aurreikusten da, eginkizun horiek betetzeko langile kualifikatu nahikoa ez delako egongo. Horregatik, Europar Batasunaren helburu nagusien artean dago lan-merkatuak eskatzen dituen bokazio zientifikoak eta teknologikoak sustatzea, zientzia-kapitala handitzeko [7]. Beraz, etorkizuneko enpleguen %80an STEM gaitasunak beharko dira, sektore ekonomiko guztietan, mundu iraunkor baten erronkei aurre egiteko. Hala ere, gazteen asmo profesionalen proiekzioak kontuan hartuz, ez da profesional nahikoa egongo behar horiek betetzeko, eta egoera bereziki larria izango da nesken kasuan [8].

Bestalde, gogoratu behar da nerabezaroa garai erabakigarria dela gazteentzat haien autonomia eta irizpide propioa garatzen hasten direlako eta, hortaz, gazteak arlo teknikoan eta energia-arloan prestatzea ezinbestekoa dela haien gaitasunak eta interesak zehazteko. Testuinguru horretan, lan honen helburua da ikasleen ibilbidea kudeatzen laguntzea, hezkuntzaren eta prestakuntzaren bitartez. Gazteen artean zientzia-kapitala sortzeko erreferenteak sortu nahi dira; kapital horrek ikasleen bilakaeran eragiten baitu eta haien hezkuntza eta lanbide-ibilbidea diseinatzen lagunduko dielako. Horregatik, energia-eraginkortasunari eta iraunkortasunari dagokionez, ikasleriari aukerak eman behar zaizkio gaitasunak garatzeko, pentsamendua sustatzeko eta jarduera ekintzailea sustatzeko, norbanakoaren gaitasunen arabera.

1.3. **Gaur egungo ikastetxeen energia-kontsumoa**

Autore batzuek frogatu dute ohiko energia-ziurtagiriak ikastetxeetako energia-kontsumoa kuantifikatzeko erabil daitezkeela, eta, beraz, ebalua-

zio konparatiboa egin daitekeela [9]. Horrela, 2012ko ekainaren 30etik aurrera, Europar Batasuneko herrialdetan, 1.000 m^2 baino gehiago okupatzen dituzten erakunde publikoen eraikinek energia-errendimenduaren ziurtagiria ikusgarri jarri behar dute sarrerako atean edo eraikinaren atari nagusian.

Europar Batasuneko ikastetxe-eraikinen energia-efizientziari dagokionez, hala nola Belgika bezalako herrialdeetan, lehen mailako energia-eskari maximoa mugatu egin da eraikuntza-elementuen (zoruen, hormen, fatxaden eta estalkien) energia-galerak kontuan hartuz [10]. Zipren, adibidez, ia energia-kontsumorik gabeko lehen eskola diseinatzen eta eraikitzen ari dira. Eslovakian, energia termikoa erabiltzeko sailkapen-eskala bat dago, eta Austrian berokuntzaren gehieneko eskari-muga jaitsi egin da. Txekiar Errepublikan, ikastetxe berrien gutxieneko energia-efizientzia etiketa C-ra igaro dute [10].

1.4. **Inguratzailea eta instalazio termikoak**

Eraikinen inguratzailea edo itxitura da eraikin bat mugatzeko jartzen den eraikuntza-elementuen multzoa (fatxada, estalkiak, etab.), ingurunearekin energia trukatzen duena. Horregatik, eraikinen inguratzaileek efizienteak izan behar dute ingurumenarekiko hartu-emanak ahalik eta modu eraginkorrenean izateko eta energia aurrezteko. Bestalde, instalazio termikoak pertsonen ongizate termikoa eta higiene-eskaera asetzeko erabiltzen dira, ur bero sanitarioa eta berokuntza, hozte eta aireztapena ekoitziz; [11] liburuan sakon aztertzen dira eraikinen inguratzaileak eta instalazio termikoak termodinamikaren bigarren printzipioan oinarrituz.

1.4.1. *Termografia-kamerak*

Termografia infragorriarekin eremu baten tenperatura neurtzen da. Hala, tenperatura-banaketa zehazten da, eta eraikinen inguratzaileak ezaugarritzen dira, zubi termikoak, aire-infiltrazioak eta hezetasun guneak detektatuz. Teknika hau [12] energia-auditoretzetan erabil daiteke inguratzailearen egoera ebaluatzeko, horma, solairu eta sabaien gainazaleko tenperaturak aztertuz. Gainera, oso erabilgarria da instalazio termikoak inguratzailearekin nola integratzen diren aztertzeko.

1.4.2. *Blower Door entseguak*

Eraikin baten kontrolatu gabeko aire-zirrikituek arazo asko sor ditzakete; izan ere, aire-ihesa bero-galeren %25 artekoa izan daiteke hainbat kasutan. *Blower Door* entseguarekin (UNE-EN ISO 9972:2019) eraikinaren zirrikituetatik dabilen aire-fluxua, infiltrazioak, aztertzen da ate batean muntatutako haizagailu baten bitartez [13]. Haizagailua piztean, 75-10 Paeko depresio-kurba (eta gainpresioarena gero) sortzen da, eta esparru ho-

rretan dauden zirrikituak, alegia infiltrazioak, kuantifikatzen dira eta inguratzailearen estankotasuna zehazten da.

2. **HELBURUAK**

Lan honetan energia-auditoretza bat egin da, jasangarritasuna sustatzeko eta energia aurrezteko energia-teknikak erakutsiz, Deustuko Ikastolako ikasleekin, gaztetxoen jakin-mina pizteko. Ondorengoak dira helburu nagusiak:

- Ikasleen ezagutza-maila handitzea, iraunkortasuna eta energia-aurrezpena lortzeko teknikak irakatsiz.
- Gaztarotik energia-arloko ezagutza zabaltzea eta gizartearen arteko harremanak estutzea.
- Ikasleak autonomian gaitzea eta motibatzea, energia-eraginkortasunaren erronkak indartuz.

Horrela, proiektuaren helburu orokorrak bat datoz Eusko Jaurlaritzako Hezkuntza Sailak sustatutako STEM estrategiekin [14]:

- Hezkuntza eta prestakuntza zientifiko teknikoa sustatu nahi da hezkuntzaren etapa guztietan, eragile sozioekonomikoen lana barneratuz.
- Lehen Hezkuntzatik STEM diziplinetan profesionalki aritzeko bokazioa eta gogoa piztu nahi da, neskei arreta berezia eskainiz, ikasleak etorkizuneko erronketarako prestatzeko.
- Euskal herritarren artean dibulgazioa eta kultura zientifiko-teknologikoa sustatu nahi dira.

3. **IKERKETA-KASUA**

Lan honetan bi protagonista-talde nagusi daude: batetik, (1) eragileak: Euskal Herriko Unibertsitateko ENEDI (Energia Eraikuntzan) eta DoPER (Donostia Physics Education) ikerketa-taldeak eta Elhuyar Fundazioa; bestetik, (2) langileak: Deustuko Ikastolako ikasleak eta EKKLko profesionalak.

3.1. **Eragileak**

Alde batetik, ENEDI ikerketa-taldeko kideek eraikinen energia-eraginkortasuna hobetzeko teknikak ikertzen dituzte, inguratzaileetan zein instalazioetan eta DoPER ikerketa-taldeak unibertsitate arloko STEM diziplinak ikertzen eta garatzen ditu.

Beste alde batetik, Elhuyar Fundazioan hezkuntza-sistemaren eta mundu profesionalaren arteko harremanak sustatzen dituzte zubiak eraikiz

eta erreferenteak lortuz. Elhuyarren bizipen zientifiko-teknologikoak diseinatzen dituzte ikasleak eragile sozialekin inplikatuz.

Beraz, zientzia-dibulgazioan eta irakaskuntza-ikerketan eskarmentu handia duen profesional-taldea da eragile nagusia.

3.2. **Ikasleak eta profesionalak**

Alde batetik, Deustuko ikastolan, DBHko 3. eta 4. mailako ikasleekin, (1) energia-efizientzia alorreko hitzaldi dibulgatibo aktiboak diseinatu eta gauzatu dira, eta, ondoren, Deustuko Ikastolako inguratzailea aztertu da (2) *Blower Door* eta (3) termografia-kamera entseguen bidez.

Bestetik, Eusko Jaurlaritzak, Eraikuntzaren Kalitatea Kontrolatzeko Laborategi (EKKL) bat du, eraikuntza-materialen saiakuntza fisikoak, mekanikoak eta kimikoak egiteko. Laborategiaren helburuetako bat da, arlo teknologiko berriak sortuz eta bultzatuz, eraikinen kalitatea hobetzea eta iraunkortasuna sustatzea.

4. **METODOLOGIA**

Ekintzak bi saio nagusitan banatu dira.

4.1. **Deustuko Ikastolako saioa**

— 1. jarduera: ENEDIko, DoPER-eko eta Elhuyarreko taldekideen hasierako bileran proiektuaren urratsak definitu ziren.
— 2. jarduera: Ondoren, Deustuko Ikastolako irakasleei eta zuzendariari definitutako dinamikak planteatu zitzaizkien. Bileran, saioak zehaztu eta ikasleen curriculumean barneratzeko urratsak adostu ziren; gainera, Zientzia Azokan parte hartzeko prozedura azaldu zen, eta EKKL bisitatzeko egutegia planteatu zen.
— 3. jarduera: Hitzaldi dibulgatiborako dokumentazioa definitu eta aurkezpena diseinatu zen, ikasleen parte-hartzean oinarrituz.
— 4. jarduera: Deustuko ikastolan, (1) hitzaldi dibulgatiboa egin zen energia-efizientzia eraikinetan sustatzeko, eta (2) hiru saiakuntza esperimental egin ziren ikasleekin:

- Deustuko Ikastolako instalazio termikoak bisitatu ziren.
- *Blower Door* saiakuntza egin zen eskolako klase batean.
- Termografia-kameraren funtzionamendua azaldu zen, eta klase horretako bero-galerkoa guneak detektatu ziren.

Gainera, Zientzia Azokaren nondik norakoak azaldu ziren.

4.2. **EKKLko saioa**

— 5. jarduera: Deustuko 3. eta 4. DBHko ikasleek ikastolaren energia-efizientzia sustatzeko proiektuak hasi zituzten.
— 6. jarduera: EKKL bisitatu eta kongresu-estiloko ekintza bat antolatu zen ikasleekin, non, taldeka, Zientzia Azokako proiektuak aurkeztu ziren EKKLko epaimahai esperimentatu baten aurrean (arlo termikoko doktore baten eta energian aditua den doktoregai baten aurrean), zalantzak argituz eta proposamenak eginez.
— 7. jarduera: Deustuko ikastolako 8 taldek eman zuten Zientzia Azokan parte hartzeko izena.
— 8. jarduera: Zientzia Azoka Bilboko Areatza pasealekuan burutu zen.

5. **GAUZAPENA ETA EMAITZAK**

Jarraian lortutako emaitzak labur deskribatzen dira.

5.1. **Deustuko Ikastolako saioa**

Lehenengo ekintza presentziala Deustuko Ikastolan izan zen. Ordubeteko hitzaldian, energia-efizientziaren oinarrizko kontzeptuak zabaldu ziren, galdera-erantzunen bidez, ikasleak erdigunean jarriz. Ikasleen parte-hartze ugariak zirela eta, hizlariak ez zuen bost minutu baino gehiago jarraian hitz egin. Horrela mundu-mailako energia aurrezteko beharra azaldu zen, energia-katearekin batera, lehen mailako energiatik eskarira arte dauden energia-transformazioak aztertuz. Gero, energia-etiketa azaldu zen, eta etxeko gailu elektrikoen kontsumoak eztabaidatu ziren, eta eskariak asetzeko instalazioak aipatu ziren. Energia-auditoretzak eta energia-efizientzia sustatzeko irtenbideak eztabaidatu ziren, eta, bukatzeko, *Blower Door* eta termografia saiakuntzen sarrera egin zen eskolako energia-efizientzia zelan neurtu azaltzeko.

Hitzaldiaren ostean, Deustuko Ikastolako instalazio termikoak bisitatu ziren berokuntza nondik zetorren konprobatzeko: galdarak eta tutueria identifikatu ondoren, sentsoreak izendatu eta aztertu ziren, ikus 1. irudia (a).

Aipatu bezala, *Blower Door* saiakuntzaren bitartez ikasleek eraikinaren iragazkortasun-maila ebaluatu zuten. Horretarako, gela neurtu ostean, aire-sarrerak zigilatu zituzten, eta gelako ate nagusian akoplatzeko *Blower Door* markoa muntatu zen beharrezko sentsoreak eta gailu elektronikoak instalatuz, ikus **1**. irudia (c). Bukatzeko, softwarrean orduko aire-berritzea kalkulatu zen kontrolatu gabeko infiltrazioak zenbatesteko. Emaitzei dagokienez, iragazkortasun-maila hobetu zitekeela ikusi zenez, talde bati iradoki zitzaion Zientzia Azokarako proiektu gisa proposamenak diseinatzea.

Azken saiakuntza termografia-kameran datza eta, gelako zubi termikoak eta materialen erradiazioa detektatzeko erabili zen. Horretarako, beroa transmititzeko mekanismoak (kondukzioa, konbekzioa eta erradiazioa) labur azaldu eta erradiazio termikoa deskribatu ziren, giro-tenperaturako objektuen bero-igorpenaren espektro infragorria aipatuz eta emisibitate kontzeptua azalduz, ikus **1**. irudia (b). Ondoren, gelako erradiazio-banaketa aztertu zen, eta gune hotzak eta beroak identifikatu ziren. Gainera, irradiazioarekiko objektuen gainazalek dituzten propietateak aipatu ziren: (1) islapena, (2) xurgapena eta (3) transmisioa.

— Azaldu zen gizakien begiek espektro ikusgaian ikusten dituztela objektuak (eguzki-erradiazioaren espektroaren uhin-luzera tarte jakin baten barruan, hain zuzen) eta uhin-luzera horretan objektuak «opakuak», «gardenak» edo «ispiluak» izan daitezkeela eguzki-erradiazio horri erantzuteko moduaren arabera.
— Bestalde, azaldu zen giro-tenperaturan dauden objektuek erradiazio infragorria jaulkitzen dutela, eta igorritako erradiazio hori termografia-kamerarekin ikus daitekeela, objektuak espektro infragorri horretan ere «opakuak», «gardenak» edo «ispiluak» izanik.

1. irudia. (a) Eskolako instalazio termikoetan bisita, (b) Blower Door saiakuntza, (c) termografia-kamerarekin lanean, (d) islapena, xurgapena eta transmisioa azaltzen.

Hori guztia azaltzeko, bi saiakuntza egin ziren, ikus **1**. irudia (d). Batetik, opakua zen poltsa baten barruan eskua sartu zen, eta, giza begiak poltsa «opakua» ikusten bazuen ere, kamera infragorriak plastikoa «opaku» erakusten zuen. Bestetik, betaurrekodun ikasle bati termografia-argazki bat ateratzean, nahiz eta giza begiak beira «gardena» ikusi, kamera infragorriak beira «opaku» erakusten zuen. Beraz, ondorioztatu zen uhin-luzeraren arabera (argi ikusgaiaren vs erradiazio infragorriaren uhin luzera) (1) islapen-, (2) xurgapen- eta (3) transmisio-ahalmenak aldatzen direla, eta horrela «berotegi-efektua» azaldu zen.

5.2. **EKKLko saioa**

Deustuko Ikastolako saioaren ostean, ikasleak Zientzia Azokarako proiektuak lantzen hasi ziren, zeinen helburu nagusia baitzen eskolako energia-efizientzia handitzea. Ondoren, bigarren saio esperimental bat egin zen Eusko Jaurlaritzaren Eraikinen Kalitatea Kontrolatzeko Laborategia bisitatuz. Helburu nagusia ikasleek benetako profesionalak lanean ikustea eta eurekin landutako proiektuak eztabaidatzea zen, ikasleak ikerketaren muinean kokatuz. Horrela, lehenengo, laborategiko instalazioak bisitatu ziren eta, ondoren, kongresu estiloko ekintza bat burutu zen ikasleen proiektuak elkarbanatzeko.

5.2.1. *EKKLko arloen bisita*

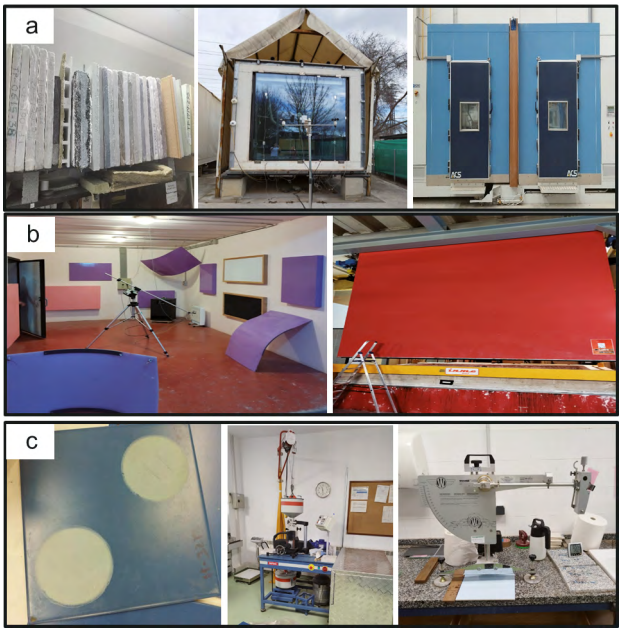
EKKL hiru sail nagusitan banatzen denez, hiru bloketan banatu zen bisita, bakoitza dagokion profesionalaren eskutik:

— Arlo termikoa → Arlo termikoa UPV/EHUko ENEDI ikerketa-taldeak kudeatzen du, eta aholkularitza-zerbitzuak ematen dizkie eraikuntzaren sektoreko agenteei, saiakuntzen, azterketen eta monitorizazioen bidez, energia-eraginkortasuna eta eraikuntzaren kalitatea bultzatzeko. Bertan eraikuntza-materialen eta sistemen portaera termiko-energetikoa ezaugarritzen da, eraikinen produktuak, proiektuak eta sustapenak hobetzeko. Azken batean, beharrezkoa baita zehaztutako prestazio termiko eta energetikoak bermatzea. **1**. irudiko (a) atalean, adibidez, saiakuntza batzuen argazkiak agertzen dira. Erdiko Paslink zeldetan, adibidez, fatxaden eta estalkien jarrera termikoak ezaugarritzen dira kanpo-baldintza dinamikoen arabera.

— Arlo akustikoa → Tecnalia fundazioak kudeatzen du akustikaren arloa, eta araudiak, azterlan akustikoak eta dibulgazioa garatzen ditu, horretarako sektorearen esku jartzen ditu datu-base akustikoak, gidak, iragarpen-softwarea eta argitalpenak. Gainera, laborategi akustiko bat du, eraikinaren elementuak eta sistemak isolatzeko eta soinua xurgatzeko saiakuntzak egiteko. Saiakuntza akustikoe-

tan, materialen, produktuen eta eraikuntza-sistemen kalitate akustikoa ebaluatzen da, konfort akustikoa bermatzeko. **1**. irudiko (b) atalean, esaterako, saiakuntza-gela baten argazkiak daude, zeinen helburua baita gelaren ezaugarri akustikoak kuantifikatzea eta kualifikatzea.

— Materialen saila → Sail honetan, trakzioko, biskositateko, gogortasuneko eta abarreko saiakuntzak egiten dira, ikuspegi mekanikotik. **1**. irudiko (c) atalean, adibidez, etxeko baldosetan garbitasun-produktuek eragindako azaleko kalteak ezaugarritzen dira, baldosen ezaugarri mekanikoen arabera.



2. irudia. (a) Arlo termikoan inguratzaileentzako materialak, Paslink zelda dinamikoa eta *guarded box* testa, (b) akustika-saileko entsegu-gelak, (c) mekanika-saileko baldosen saiakuntza, trakzio-saiakuntza eta irristatzeko-ahalmenaren neurgailua.

5.2.2. **EKKLko kongresua**

Beste alde batetik, Deustuko ikastolako ikasleek «kongresu» bat egin zuten, beren zientzia-kapitala handitzeko eta ikasleen parte-hartzea nabarmentzeko, ikus **3**. irudia (a).

Kongresu horretan ikasleek, taldeka, Zientzia Azokarako proiektuak aurkeztu zituzten, energia-iturri berriztagarrien erabilera nabarmenduz, eraikuntza-arloan. Esaterako, talde batek eraikinen inguratzailea hobetzeko

isolamendu organikoak azaldu zituen; beste batek eguzki-kolektore baten prototipoa diseinatu zuen material birziklatuekin; eta hirugarren batek komunetako eta sukaldeko ur grisak arazteko sistema bat diseinatu zuen ur garbiarekin landareak ureztatzeko asmoz. Proiektuen adibide gehiago Zientzia Azokako estekan [15] aurki daitezke. Horrela, epaimahai zeuden EKKLko profesionalek (eraikinen energian adituak ziren doktore bat eta doktoregai bat) galderak egin zizkieten ikasleei, eta lana hobetzeko proposamenak mahai-gaineratu zituzten. Bukatzeko, mokadu bat egin zen haien ekarpenak eskertzeko, ikus **3**. irudia (a).

5.3. **Zientzia Azoka Bilbon**

Ikasleek egindako proiektuak Elhuyar Fundazioak antolatutako 2023ko Zientzia Azokan aurkeztu ziren Bilboko Areatza pasealekuan, ikus **3**. irudia (b). Horrelako ekintzetan ikasleak protagonista dira, eta egindako proiektuak erakusten dizkiote gizarteari.

3. irudia. (a) ikasleen kongresua EKKLn eta mokadua, (b) Zientzia Azokako argazki batzuk gizarteari.

6. **ONDORIOAK**

Lan hau Elhuyar Fundazioarekin eta ENEDI eta DoPER EHUko ikerketa-taldeekin batera egin da, eta haren helburua da gazteengan STEM bokazioak sustatzea, zientzia-kapitala handituz eta erreferenteak sortuz. Horretarako, energia-eraginkortasuna eskola-eraikinetan zelan sustatu landu da, energia-auditoretzen bitartez, ikasleekin batera saio esperimentalak gauzatuz. Horrela, STEM gaitasun zientifikoak landu dira, pentsamendu zientifikoa eta talde-lana bultzatuz, eta proiektuak Zientzia Azokan aurkeztu dira.

Proiektu horiek gazteen zientzia- eta teknologia-jakintzak areagotu dituzte, bai eta gizartearen kultura zientifikoa ere, hezkuntza-sistemarekin, komunitate zientifikoarekin, familiekin eta, oro har, gizartearekin loturak sortuz. Gainera, zientziaren eta teknologiaren irudi errealistagoa sortu da gazteen STEM posizionamenduan positiboki eraginez eta benetako ikerketa-taldeen zuzeneko inplikazioarekin. Beraz, zientzia-kapitala handitu da esperimentalki, eta ezagutza teknikoa duten ikertzaileekin gaitasun sozialak landu dira elkarlanerako giroa sustatuz.

Saiakuntzei dagokienez interes handia erakutsi zuten ikasleek, bereziki *Blower Door*-eko eta termografiako praktikekin, besteak beste, eraikinaren energia-auditoretza azaltzean, termografia-kamera erakustean edo berotegi-efektua deskribatzean; eta irakasleek EKKLko kongresu-ekintzagatik zoriondu gintuen, ikasleak asko motibatu baitziren. Emaitza gisa, datorren ikasturtean ere ekintza berberak garatzeko eskatu digute irakasleek.

Esan bezala, proiektu-pilotu hau datorren proiektu handi baten aitzindaria da, eta beste ikastetxe batzuetan ekintzak errepikatzea du helburu. Beraz, ikasitako praktikak erreplikatuko dira, eta hobekuntzak gaineratu. Esaterako, helburuen lorpen-maila inkesten bidez neurtu da, saioen aurretik eta ondoren egindako galdetegien bitartez. Gainera, saioak garatzeko urrats-bideoak sortzen ari gara, nahi duen ikastegiak bere kabuz errepika dezan, ahalik eta zientzia-kapital gehien sortuz.

Orotara, oso aberasgarria izan da gaztetxoentzako energia-eraginkortasuneko ezagutza duten profesionalekin lan egitea, hala nola unibertsitateko irakasleekin, ENEDI eta DoPER ikerketa-taldeko kideekin edo Eraikinen Kalitatea Kontrolatzeko Laborategiko kideekin, lortutako ezagutzak berezko balioa duelako.

7. **ESKER ONAK**

Eskerrak eman nahi zaizkio ILARGI proiektua finantzatzen duen EHUko Unibertsitate-Enpresa-Gizarte deialdiari, US22/08. Bestalde, Iker Ortega eta Eusko Jaurlaritzako Eraikinen Kalitatea Kontrolatzeko Laborategiko kideak eskertu nahi dira bisitan zehar egindako lanagatik.

8. **BIBLIOGRAFIA**

[1] https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy. Orrialdearen eguneratze-data: 2024/09/16

[2] ECONOMIDOU, Marina, *et al.*, 2020. «Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings». *Energy and buildings*, **225**. bol., 110322.

[3] KRARTI, Moncef. 2020. *Energy audit of building systems: an engineering approach*. TaylorFrancis.

[4] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energia. 2010. *Guía Práctica de la Energia. Consumo eficiente y responsable.* Gobierno de España.

[5] GONZÁLEZ-TORRES, M., *et al.* A review on buildings energy information: Trends, end-uses, fuels and drivers. *Energy Reports*, 2022, **8**. bol., 626-637.

[6] CHRISTIDOU, Dimitra; PAPAVLASOPOULOU, Sofia; GIANNAKOS, Michail. 2021. «Using the lens of science capital to capture and explore children's attitudes toward science in an informal making-based space». *Information and Learning Sciences*, **122**. bol., 5/6 zk., 317-340.

[7] G.ESPAÑA. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Científicas en cifras 2017. «Estadísticas e indicadores de la (des)igualdad de género en la formación y profesión científica»

[8] ELHUYAR. 2020. «Educación STEM y profesiones STEM, fuente de inspiración para jóvenes. STEAM Hezkuntza eta STEM profesioak, gazteak inspiratzeko»

[9] COZZA, Stefano, *et al.*, 2020. «Do energy performance certificates allow reliable predictions of actual energy consumption and savings? Learning from the Swiss national database. » *Energy and Buildings*, **224**. bol., 110235.

[10] MALDONADO E. 2013. Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) - featuring country reports 2012», *European U. Brussels*

[11] SALA-LIZARRAGA, Jose M.; PICALLO-PEREZ, Ana. 2019. *Exergy analysis and thermoeconomics of buildings: design and analysis for sustainable energy systems.* Butterworth-Heinemann.

[12] MARTIN, Miguel, *et al.* 2022 «Infrared thermography in the built environment: A multi-scale review». *Renewable and sustainable energy reviews*, **165**. bol., 112540.

[13] BIERBAUER, Virgil. 2022. «Four essays on modern architecture». *Art East Central*, **2**. bol., 2. zk., 77-111.

[14] Eusko Jaurlaritza. 2018. *STEAM Euskadi Hezkuntza Estrategia.* Hezkuntza Saila

[15] https://zientzia-azoka.elhuyar.eus/eu Orrialdearen eguneratze-data: 2024/07/10