

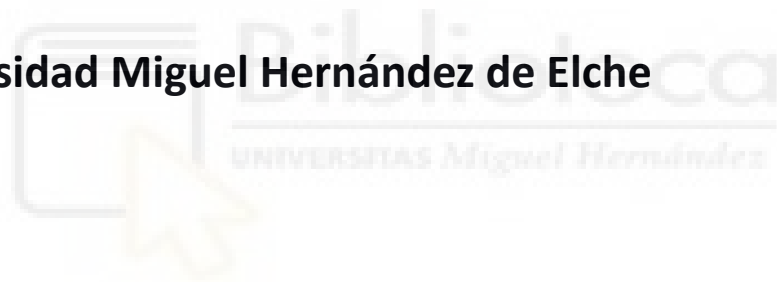


Programa de Doctorado en Medio Ambiente y Sostenibilidad

ESPACIOS EDUCATIVOS INNOVADORES Y SOSTENIBLES. AVANZANDO HACIA LOS ODS.

Estudio en el Contexto de Institutos de Educación Secundaria Públicos en
la Comunidad Valenciana, España.

Universidad Miguel Hernández de Elche



TESIS

Doctoranda

Isabel Montiel Vaquer

Director

Dr. D. José Navarro Pedreño

Codirectora

Dra. Dña. María Asunción Martínez Mayoral

2022







ESPACIOS EDUCATIVOS INNOVADORES Y SOSTENIBLES. AVANZANDO HACIA LOS ODS.

Estudio en el Contexto de Institutos de Educación Secundaria Públicos en
la Comunidad Valenciana, España.

INNOVATIVE AND SUSTAINABLE LEARNING SPACES. MOVING TOWARDS SDGs

Study in the Context of Secondary Public Education in Comunidad
Valenciana, Spain



TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

La Tesis Doctoral, titulada “*Espacios Educativos Innovadores y Sostenibles. Avanzando hacia los ODS. Estudio en el Contexto de Institutos de Educación Secundaria Pública en la Comunidad Valenciana, España*” se presenta bajo la modalidad de tesis por compendio de las siguientes publicaciones

1. ARTÍCULO INICIAL DE LA TESIS. ESTADO DEL ARTE. ARTÍCULO PUBLICADO EN 2017.

Montiel, I. (2017). Neuroarquitectura en educación. Una aproximación al estado de la cuestión. *Revista Doctorado UMH*. 3(2), p6.

<https://revistas.innovacionumh.es/index.php/doctorado/article/view/641>

2. COMUNICACIÓN A CONGRESO INTERNACIONAL. PUBLICADO EN 2018. ISBN 978-84-09-05948-5 ICERI 2018.

Montiel, I., Mayoral, A.M. (Noviembre, 2018). Promoting Innovative Learning Spaces at Universidad Miguel Hernández. In *ICERI 2018 Proceedings; IATED*: Sevilla, Spain.

<https://library.iated.org/view/MONTIEL2018PRO>

3. ARTÍCULO PUBLICADO 28 JUNIO 2019. Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals.

Montiel, I., Mayoral, A.M., Navarro Pedreño, J., Maiques, S. (2019). Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 11, 3573.

<https://doi.org/10.3390/su11133573>

Sustainability – MDPI

Sustainability 11, 3573; <https://doi.org/10.3390/su11133573>

SJR: Q2 Geography, Planning and Development

Citas del artículo hasta el momento (Google Scholar): 18

4. ARTÍCULO PUBLICADO 9 MARZO 2020. Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments.

Montiel, I., Mayoral, A.M., Navarro Pedreño, J., Maiques, S., Marco Dos Santos, G. (2020). Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments. *Educ. Sci.* 10, 65.

<https://doi.org/10.3390/educsci10030065>

Education Sciences – MDPI

Educ. Sci. 10, 65; <https://doi.org/10.3390/educsci10030065>

SJR: Q2 Education

Citas del artículo hasta el momento (Google Scholar): 3

5. ARTÍCULO PUBLICADO 10 AGOSTO 2021. Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces.

Montiel, I., Mayoral, A.M., Navarro-Pedreño, J., Maiques, S. (2021) Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces. *Educ. Sci.*, 11, 418.

<https://doi.org/10.3390/educsci11080418>

Education Sciences – MDPI

Educ. Sci. 2021, 11, 418. <https://doi.org/10.3390/educsci11080418>

SJR: Q2 Education

Citas del artículo hasta el momento (Google Scholar): 0

El presente trabajo de investigación incluye como indicios de calidad de la tesis titulada “*Espacios Educativos Innovadores y Sostenibles. Avanzando hacia los ODS*” los siguientes artículos:

- Montiel, I., Mayoral, A.M., Navarro Pedreño, J., Maiques, S. (2019). Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 11, 3573. <https://doi.org/10.3390/su11133573>
- Montiel, I., Mayoral, A.M., Navarro Pedreño, J., Maiques, S., Marco Dos Santos, G. (2020). Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments. *Educ. Sci.* 10, 65. <https://doi.org/10.3390/educsci10030065>
- Montiel, I., Mayoral, A.M., Navarro-Pedreño, J., Maiques, S. (2021) Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces. *Educ. Sci.*, 11, 418. <https://doi.org/10.3390/educsci11080418>



INFORME DIRECTORES

El Dr. D. *Jose Navarro Pedreño*, director, y la Dra. Dña. *M^a Asunción Martínez Mayoral*, codirectora de la tesis doctoral titulada **“Espacios Educativos Innovadores y Sostenibles. Avanzando hacia los ODS”**

INFORMA/N:

Que D./Dña. *Isabel Montiel Vaquer* ha realizado bajo nuestra supervisión el trabajo titulado “Espacios Educativos Innovadores y Sostenibles. Avanzando hacia los ODS” conforme a los términos y condiciones definidos en su Plan de Investigación y de acuerdo al Código de Buenas Prácticas de la Universidad Miguel Hernández de Elche, cumpliendo los objetivos previstos de forma satisfactoria para su defensa pública como tesis doctoral.

Lo que firmamos para los efectos oportunos, en Elche a 19 de enero de 2022.

Director/a de la tesis

Dr. D. Jose Navarro Pedreño

Codirector/a de la tesis

Dra. Dña. M^a Asunción Martínez Mayoral



Doña Isabel Montiel Vaquer, con DNI 25121494C, Licenciada en Geografía, presenta la tesis por compendio de publicaciones titulada *“Espacios Educativos Innovadores y Sostenibles. Avanzando hacia los ODS”* para la obtención del título de doctora, dentro del programa de doctorado en Medio Ambiente y Sostenibilidad.



En Elche a 19 de enero de 2022

Firmado: Isabel Montiel Vaquer

INFORME-CAPD

El Dr. D. José Navarro Pedreño, Coordinador del Programa de Doctorado en **Medio Ambiente y Sostenibilidad**

INFORMA:

Que D./Dña. *Isabel Montiel Vaquer* ha realizado bajo la supervisión de nuestro Programa de Doctorado el trabajo titulado **“Espacios Educativos Innovadores y Sostenibles. Avanzando hacia los ODS”** conforme a los términos y condiciones definidos en su Plan de Investigación y de acuerdo al Código de Buenas Prácticas de la Universidad Miguel Hernández de Elche, cumpliendo los objetivos previstos de forma satisfactoria para su defensa pública como tesis doctoral.

Lo que firmo para los efectos oportunos, en Elche a 19 de enero de 2022.

Prof. Dr. D. José Navarro Pedreño

Coordinador del Programa de Doctorado en Medio Ambiente y Sostenibilidad





TRATAMIENTO DE GÉNERO

Con el fin de referirse adecuadamente a mujeres y hombres de manera igualitaria -ODS 5-, según las necesidades de redacción de la tesis, se hace uso de recursos distintos del genérico masculino, por ejemplo, empleando formas como *profesorado*, *alumnado*, *estudiantado*, colectivos o plurales como *equipo directivo*, *estudios de arquitectura* o utilizando nombres abstractos, que hacen referencia a la función, *la dirección*. No obstante, en ocasiones, por criterios de fluidez en la lectura, se usa el género masculino para referirse a colectivos mixtos sin que suponga en modo alguno legitimación de conceptos discriminatorios.



Dedico este esfuerzo a todo el profesorado del IES Mediterrània de Benidorm, en especial al de matemáticas y lengua extranjera que intenta enseñar en las aulas del módulo 2, y al alumnado que en esas aulas intenta aprender.





EL RESPLANDOR

Si el loco persiste en su locura se volverá sabio.

William Blake

Y así el amante

que defiende a espada y fuego dulcísimo el nombre

[de quien ama;

que abrumados los hombros bajo ese peso que el mundo

llama costumbre, llama moral,

llama deber,

aun así abre las alas contra el aire.

Así, el que apuntala los cimientos de su debilidad

y erige fortalezas invencibles

se hará sabio, aunque lo llamen loco,

profeta, aunque a nadie fecunde su palabra inflamada.

Se hará poeta y luego

creará un universo en su locura.

Pilar Blanco Díaz

Yo escribo la noche (Chamán, 2020)



MOTIVACIÓN PERSONAL



Antes de entrar en agradecimientos y motivación más personal, vaya por delante un reconocimiento general de profunda gratitud a todos los profesionales de la comunidad educativa, así como técnicos (arquitectos, ingenieros) y miembros de las instituciones (públicas y privadas) que han participado y aportado sus conocimientos y sinceras experiencias para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Esta no es la presentación de una tesis doctoral al uso. Esta tesis es fruto de una reivindicación. No supone el inicio de una carrera profesional, sino el cierre. Se presenta a pocos meses de solicitar mi jubilación como docente en institutos de educación secundaria, después de 33 años de servicio. Muchos de los cuales he tenido la fortuna de formar parte de equipos directivos e intervenir en la gestión del centro. Durante los años 1999-2008 viví la extraordinaria experiencia de dirigir un centro de nueva creación y la construcción de sus nuevas instalaciones desde la fase de proyecto básico. La obra se prolongó durante siete años, en los que hubo tiempo más que suficiente para escuchar a la comunidad educativa y transmitir sus necesidades a los diseñadores del espacio educativo. Esta experiencia dejó una huella muy profunda en mi vida profesional y personal.

Mi reivindicación de espacios sostenibles, ajustados a las necesidades de los usuarios, empezó con una carta a CIEGSA y a los arquitectos del estudio Artigues y Sanabria de Barcelona, responsables del diseño de aquel IES Nº 5 de Benidorm en el año 2001, continuó con un informe a la inspección educativa en julio de 2006, y culmina en el año 2022 con este trabajo de Tesis Doctoral. Muchas veces me he preguntado por qué me afectaba tanto el espacio que me rodeaba, cómo el diseño de aquel edificio, los colores, los olores, la temperatura, el ruido, la lluvia, el viento, el frío o el calor me hacían estallar. Ahora sé que era mi alma de geógrafa que gritaba “¡sácame de aquí!”. Con esta tesis siento que he vuelto a casa, a la casa de la geógrafa que nunca dejé de ser. Para la Geografía no sólo es importante todo lo relacionado con la superficie terrestre, también estudia la población que la habita y su adaptación en los diferentes tipos de espacios. Son variadas las especialidades de la Geografía y, por ende, múltiples sus acepciones, yo me identifico con la siguiente: “...la disciplina desde la que se discute sobre la construcción de un modelo de cómo debería estar organizado el territorio para satisfacer las necesidades de la población, en términos de su bienestar y calidad de vida” (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2022).

Esta es una tesis por compendio de artículos que, a pesar de la ralentización que ha supuesto la espera para publicaciones, me ha permitido disfrutar del trabajo en un equipo multidisciplinar

donde poder analizar resultados e iniciar discusiones muy enriquecedoras por contar con personas de distintos ámbitos, educación y arquitectura y dentro de la educación, geografía, medioambiente, matemáticas o inglés. Este ha sido un esfuerzo colectivo, por lo que usaré la primera persona sólo en esta introducción que considero necesaria para transmitir al lector la justificación y motivación que fue el germen de esta investigación.

Empiezo en primer lugar agradeciendo el apoyo de mis hijos, mi familia y mis amigas y amigos íntimos y les pido perdón porque durante más de 20 años han soportado el soniquete de lo que yo empecé llamando “arquitectura integral escolar”, ahora, “espacios educativos sostenibles”.

He de reconocer que me produce sosiego y satisfacción que mis hijos, Lucía y Felipe, miren y admiren la arquitectura no sólo con visión crítica, sino también humana y sostenible. Debo declarar que esta tesis también es producto de la discusión y debates que han tenido lugar con mis propios hijos y sus colegas Millenials alrededor de una paella en el seno de mi hogar, mientras iban formándose en el marco de la geografía, de la educación, de la arquitectura, de la innovación, del diseño, de la empresa, ámbitos que conforman ahora sus mundos. De hecho, fue mi hija quien me presentó al arquitecto, José Picó, de Espacios Maestros. “He asistido a una conferencia de un arquitecto que dice las mismas cosas que tú: escuchar a los usuarios, dejar que participen para aprender cuáles son las verdaderas necesidades. Hace unos talleres estupendos de Design Thinking. Tienes que conocerlo”. Gracias, Picó. Gracias, Lucía.

También quiero agradecer que se cruzara en mi camino Pepe Navarrete. Picó suele invitar a sus talleres a una diversidad de personas, nunca llegas a entender bien la relación que tienen, pero creo que es la base del networking, generar sinergias y contactos que nos ayudan a alcanzar nuestro objetivo. En aquel momento yo todavía estaba centrada en hacer llegar informes a los responsables de las tomas de decisiones en la Administración Educativa, es decir, políticos. Pepe conoce bien a los políticos, su frase fue definitiva: “Lo que tú pretendes sólo lo puedes hacer generando ciencia, sólo la comunidad científica te apoyará. Lánzate a una tesis doctoral, por mucho sacrificio que suponga”. Gracias, Pepe.

Ya había considerado la posibilidad, pero la había descartado tras varios intentos fallidos de encontrar quién quisiera dirigir una tesis un tanto compleja y multidisciplinar, que no encajaba del todo en una sola disciplina y en un momento en el que todavía no se hablaba de la Agenda 2030. Pedí ayuda en mi antigua facultad de Filosofía y Letras, Educación, Geografía e Historia, pero allí me dijeron que eran temas más bien relacionados con Arquitectura. Busqué en Arquitectura y allí

me comentaron que eran temas de Educación, que los arquitectos que diseñan centros escolares se ajustan a las directrices que marca Educación. Durante algún tiempo pretendí crear una asociación de profesores, llamada Gaudeamus, para, de forma lúdica, poder reivindicar nuestras necesidades. Consistía en hacer excursiones y senderismo en nuestro tiempo libre, con el objetivo de enterrar una cápsula en determinados lugares. Información que quedaba registrada en el blog “arquitecturaintegralescolar.blogspot.com” (Montiel, 2009). En la salida realizada el 9 de abril de 2011 a Villena, nos acompañó el presidente de Arquitectos sin Fronteras, José Miguel Esquembre. ¡Gracias!; En la subida al Puig Campana el 12 de febrero de 2011, nos acompañó el actual alcalde de Benidorm, Antonio Pérez Pérez, durante muchos años Concejal de Educación. Gracias, Toni.

Todos se mostraban comprensivos con la situación y tenían buenas palabras de ánimo para que siguiéramos intentando evitar los desajustes entre el diseño del edificio y las necesidades de profesorado y alumnado. Incluso los políticos de más alto rango, Diputados, Directores generales de Centros, de Universidades, de Innovación, Secretarios Autonómicos y todos sus técnicos y asesores. Gracias por haber contestado al teléfono y gracias por haberme recibido... pero en algún lugar de la cadena había un eslabón roto... era necesario hacer ciencia.

Entonces, inmersa en el Máster de Formación del profesorado como profesora asociada de la UMH, decidí revisar a fondo todos los programas de doctorado que ofrecía la UMH y encontrar uno donde encajar... y un valiente que me quisiera dirigir. Gracias José Navarro Pedreño, director del Programa de Doctorado de Sostenibilidad y Medio Ambiente. José Navarro me ha reconciliado con mi alma de geógrafa. Sus conocimientos, su positividad, su saber hacer...estaré eternamente agradecida. Recuerdo sus dudas y la alegría que me dio cuando decidió liderar nuestro equipo “si te atreves con una tesis actual, por compendio de artículos científicos, en inglés, vamos adelante... y busquemos quién pueda codirigirla”. Ha sido una de las mejores decisiones de mi vida.

Tenía claro quién debía ser la codirectora. No tengo palabras para expresar la gratitud con esta mujer. Una PROFESIONAL HUMANA con mayúsculas. Creativa, innovadora, concedora a fondo del mundo de las TIC y con la misma intensidad, también de las emociones humanas. Todo lo que para mí representa una Profesora Doctora Titular de Universidad. Una mujer STEM, luchadora madre de familia numerosa, que comparte preocupaciones profesionales con esposo en su mismo departamento. Asunción Martínez Mayoral eres mi Marie Curie. Te daría el premio Nobel por todo lo que has luchado por esta Universidad y tus esfuerzos en la formación práctica, actual e innovadora del profesorado de secundaria. He aprendido tanto contigo en estos años...y

sobre todo me enseñas... humildad. Desde el primer momento en que me entrevistó para formar parte del equipo del Máster de Profesorado, en el año 2010, conectó con la causa, me presentó a José Ángel López, quien me introdujo en el proyecto HABITAT 5U impulsando las ponencias en youtube (UMH, 2013, 2016). Gracias José Ángel por todos tus esfuerzos y viajes a Valencia. Asun también me conectó con arquitectos en la UPV. Y empezamos nuestro peregrinaje ofreciendo talleres de Design Thinking, recabando información y datos de estudiantado de arquitectura, de profesorado, participando en sus cursos y entonces... en la Escuela de Arquitectura de Valencia, volvió a aparecer en mi vida Silvia Maiques Sa marra.

A Silvia Maiques la había conocido como arquitecta de CIEGSA en el año 2006. Profunda conocedora de las dificultades de la construcción escolar. Había revisado e intentado introducir modificaciones en el IES Mediterrània (IES Nº 5 de Benidorm), empatizábamos y me demostraba que incluso, desde dentro, algunas veces, hay cosas que no son posibles. Silvia me ha reconciliado con los arquitectos y con la Arquitectura. “Súbete al carro, Silvia, que vamos a escribir artículos en equipo”. Y se subió. Gracias, Silvia, por tu valor. Gracias por hacerme entender que, aunque te guste el hormigón visto, podemos ser amigas.

Quiero agradecer también a las Instituciones. Para mí la institución no es sólo un ente, sino que se personifica a través de individuos como los anteriormente mencionados. En este sentido agradezco a la Universidad Miguel Hernández de Elche, la posibilidad que me dio de entrar a formar parte del Programa de Doctorado de Sostenibilidad y Medio Ambiente y también quiero agradecer a MasterprofUHM. Esta tesis no se habría iniciado y acabado de no formar parte como profesora asociada del Máster de Formación de Profesorado que me permitió, enseñando, aprender tanto. Me abrió las puertas a la investigación y a todos los centros educativos de Elche y de la provincia de Alicante. Gracias a todos los compañeros de aquel equipo que me animaron, me apoyaron, y me allanaron el camino de esta investigación. Todos, quedáis representados bajo el nombre de Natalia García Lobera. Gracias, Natalia, mientras viva, te llamaré, esté donde esté para que entres en mi ordenador y hagas milagros.

Agradezco también a todos mis compañeros de los institutos CIPFP Canastell de San Vicente del Raspeig y del IES Mediterrània de Benidorm, a sus equipos directivos, directores y colegas del departamento de inglés por su apoyo y comprensión, por cubrir mis guardias y mis clases y más. Reconozco que no es fácil trabajar con alguien que no encaja en ese sistema, alguien que reivindica...alguien raro/a, os pido disculpas por todas mis “rarezas” y me quedo con ese “es que

eres especial". El nombre que en mi corazón siempre os representará a todos es el de Cristina López Zanón, mi PT favorita, mi amiga y a la vez mi psicóloga de cabecera... Forever.

Sólo mencionaré unos nombres más, Millenials de pro, Jeffrey Hyde, Máster en Traducción e Interpretación, que me ha ayudado con la corrección del inglés e Isabel Campos Lafuente, arquitecta, comprometida con la sostenibilidad, a quien debo el diseño y maquetación final del trabajo. Se quedan un montón de nombres en el tintero. A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

Hasta aquí historia, ahora pasemos a la ciencia.





Tabla de Contenidos

Compendio de trabajos publicados	6
Informe de los directores	9
Informe-CAPD	11
Nota sobre el tratamiento de género	13
Motivación personal	14
Tabla de Contenidos	26
Listado de Acrónimos	30
Cuerpo de la tesis	32
1. Resumen	34
1. Abstract	38
2. Introducción	44
2.1 Breve Referencia al Sistema Educativo Español	44
2.2 Antecedentes	45
2.3 Relación entre artículos	46
3. Objetivos	50
4. Metodología y materiales	54
5. Resultados y Discusión	62
5.1 Resumen extendido de los resultados y discusión del artículo 1: “Neuroarquitectura en educación. Una aproximación al Estado de la Cuestión”	62
5.2 Resumen extendido de los resultados y discusión de la publicación 2: “Promoting Innovative Learning Spaces at Universidad Miguel Hernández”	64
5.2.1 Comparativa de estudios. Posibles Soluciones que Aumentan el Confort de los Usuarios	64
5.2.2 Comparativa de estudios. Necesidades Correspondientes a la Tecnología	65
5.2.3 Comparativa de estudios. Sugerencias Relativas a la Sostenibilidad y Energía Neta Cero	66
5.3 Información Relevante de los IES Participantes en el Estudio	68

5.4 Resumen extendido de los resultados y discusión del artículo 3: “Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals”	70
5.4.1 Breve referencia a efectos perjudiciales del ruido	70
5.4.2 Comparación entre las consideradas asignaturas “prácticas” y “teóricas”	72
5.4.3 Aulas de música. Estudio de caso. IES MEDITERRÀNIA de Benidorm	73
5.4.4 El caso de las lenguas extranjeras	75
5.4.5 Recomendaciones	75
5.5 Resumen extendido de los resultados y discusión del artículo 4: “Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments”	76
5.5.1 Breve análisis del clima de la zona y relación con el curso escolar	76
5.5.2 Importancia de las ventanas y retos que afrontan los usuarios según su diseño	79
5.5.3 Retos según los dispositivos de protección solar	82
5.5.4 Retos debidos al diseño “en abierto” del edificio	82
5.5.5 Relación de ODS y recomendaciones vinculadas con los espacios educativos	84
5.6 Resumen extendido de los resultados y discusión del artículo 5 “Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces”	87
5.6.1 Necesidad de espacio	87
5.6.2 Mejora en integración de TICs y metodologías activas	89
5.6.3 Brecha en sostenibilidad	90
5.6.4 Experiencia de Aprendizaje y Servicio entre la Escuela de Arte y Superior de Diseño de Alicante y el IES Severo Ochoa de Elche	93

6. Conclusiones	98
6. Conclusions	102
7. Perspectivas de Futuro	108
8. Referencias bibliográficas	112
9. Publicaciones originales que conforman la tesis	122
9.1 Artículo 1	123
9.2 Publicación 2	141
9.3 Artículo 3	161
9.4 Artículo 4	183
9.5 Artículo 5	209
Anexos	235
Anexo 1. Cuestionario a centros	235





LISTADO ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AMPA: Asociación de Madres y Padres de Alumnos

ABP: Aprendizaje Basado en Proyectos

ApS: Aprendizaje y Servicio

CEFIRE: Centro de Formación, Innovación y Recursos del profesorado en la Comunidad Valenciana

CIPFP: Centro Integrado Público de Formación Profesional

EASDA: Escuela de Arte Superior y Diseño de Alicante

ESO: Educación Secundaria Obligatoria

EDS: Educación para el Desarrollo Sostenible

GVA: Generalitat Valenciana

IEQ: Siglas en inglés de “Calidad Ambiental Interior” - Interior Environmental Quality

IES: Instituto de Educación Secundaria

LOGSE: Ley Orgánica General del Sistema Educativo

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

SAI: Soporte y Asistencia Informática de la Conselleria de Educación

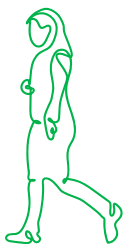
SDGs: Sustainable Development Goals

STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)

UMH: Universidad Miguel Hernández de Elche

UPV: Universidad Politécnica de Valencia





1. RESUMEN / ABSTRACT



1. RESUMEN

La presente tesis doctoral está compuesta por un total de cinco publicaciones que pretenden mostrar que el diseño y distribución de los espacios educativos facilita la transformación hacia metodologías innovadoras, está relacionado con la salud y bienestar y consecuentemente repercute en el rendimiento de estudiantado y profesorado. Asimismo, los espacios sostenibles generan menor inversión en gastos de arrastre y promueven una educación económica responsable a través de su currículo oculto, que también educa.

El objetivo final del estudio es que las conclusiones sirvan para sensibilizar a planificadores y diseñadores de centros públicos de las necesidades reales de los usuarios detectadas mediante diagnósticos participativos y poner de manifiesto que la actualización de las metodologías se ve facilitada por espacios físicos y espacios virtuales funcionales, bien estudiados y diseñados.

Se trata, pues, de orientar el diseño de espacios desde el paradigma de una educación actual, comprometida con la Agenda 2030 y las necesidades de la sociedad del siglo XXI, incluidas las generadas por la pandemia COVID-19. Esta investigación contribuye al logro de metas de varios ODS, por ejemplo, relacionados con salud y bienestar-ODS 3-, con una educación de calidad-ODS 4-, sensibilizando a la administración educativa sobre la importancia de que los edificios eduquen al alumnado en eficiencia energética y no contaminante y promuevan una educación económica responsable -ODS 7, 9, 11, 12, 13; empleando metodologías de Aprendizaje y Servicio que aumentan las posibilidades de empleabilidad y ayudan a reducir desigualdades-ODS 8 y 10-; con ideas sobre innovación en infraestructuras y tecnologías de la información y comunicación-ODS 9- necesarias en todo momento pero muy especialmente después de la COVID 19; y generando alianzas entre centros e instituciones-ODS 17-.

Cada una de las publicaciones aborda una serie de interrogantes que aportan información para demostrar las hipótesis de inicio.

Las publicaciones 1 y 2 marcan los primeros pasos de la investigación. El artículo 1 titulado "Neuroarquitectura en educación. Una aproximación al estado de la cuestión", indaga en el estado del arte. La transformación de los espacios como elemento que ayuda en el cambio hacia metodologías más activas y acordes a la sociedad en la que vivimos es un tema de actualidad en educación. Se constata que, aunque la preocupación por este tema no es nueva, es a partir de la segunda década del siglo XXI cuando emerge con fuerza en el contexto español. La discusión se produce en todos los niveles de la enseñanza, si bien, observamos que el número de estudios

que se centran de manera específica en educación secundaria son escasos. Es, en primer lugar, en infantil y primaria donde están surgiendo grandes avances y en segundo lugar en las universidades. A día de hoy, existe una brecha importante entre la teoría y la realidad del espacio educativo de los centros públicos de secundaria.

Es evidente que no sólo cambiando los espacios se produce la transformación deseada, pero los avances en neurociencia, tanto desde la neuroeducación como desde la neuroarquitectura, demuestran que el entorno que nos rodea, el tipo y la propia distribución del mobiliario, los colores de las paredes, etc. producen efectos en nuestro comportamiento y rendimiento tanto en el alumnado como en el profesorado. Generando espacios más amables y funcionales, con buenas condiciones de conectividad y profesorado formado en metodologías activas y de cooperación nos aproximamos a lo que demanda la sociedad del siglo XXI.

La publicación 2, "Promoting Innovative Learning Spaces at Universidad Miguel Hernández, Elche, Spain. A Design Thinking Experience" (UMH) expone las bondades de las técnicas de Design Thinking, que forman parte de la metodología de investigación-acción participativa empleada en cuatro de las cinco publicaciones que forman parte del cuerpo de esta tesis doctoral. Esta publicación relata la experiencia y necesidades detectadas en los talleres "Sé el arquitecto de tu UMH". Hace referencia a espacios para educación en la universidad, no obstante, el aprendizaje adquirido para replicar las técnicas de Design Thinking fue significativo para posteriores estudios y muchas de las ideas obtenidas en dichos talleres, de aplicación en educación superior, no se distancian apenas de las necesidades detectadas para la educación secundaria. En esta publicación, tres tablas recogen las recomendaciones surgidas de los equipos de trabajo UMH y las comparan con otros estudios. Los talleres de Design Thinking fueron clave para la posterior aplicación de una metodología innovadora de co-creación con el fin de obtener datos e información para la investigación y transformación de espacios en educación secundaria. Esta técnica se replicó en los años siguientes en grupos de futuros profesores (estudiantes del máster de profesorado), futuros arquitectos (estudiantes de la Universidad Politécnica de Valencia- UPV), alumnado de secundaria, profesorado y equipos directivos que fueron el germen de los resultados, discusión y conclusiones de los artículos 3, 4, 5.

Los artículos 3, 4 y 5 investigan espacios en institutos públicos de educación secundaria (IES) en la Comunidad Valenciana y cómo su transformación puede relacionarse con objetivos de desarrollo sostenible (ODS) expresados en los términos de las propuestas para la Agenda 2030.

Diversas tablas sirven para ilustrar la relación con los ODS.

Los artículos 3 y 4 ponen de manifiesto cómo afectan a los usuarios las cuestiones de calidad ambiental (Indoor Environmental Quality -IEQ). El artículo 3, lleva por título “Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals”, hace referencia a la comodidad acústica y ofrece experiencias concretas derivadas de la ubicación de las aulas de música y las pistas deportivas en el diseño del edificio del IES Mediterrània de Benidorm. El artículo 4, llamado “Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments”, versa sobre cuestiones relacionadas con el confort térmico, ventilación y confort visual. Este artículo incluye el 100% de los IES de la ciudad de Elche y ofrece una comparativa entre los centros construidos con anterioridad al año 2000 y aquellos posteriores, con un diseño más vanguardista, aunque, sorprendentemente, con menos confort térmico. Las conclusiones de este artículo, publicado anteriormente a la crisis sanitaria, resultan muy significativas, pues insistían, ya previamente a la pandemia de la COVID-19, en la necesidad de evitar en IES los habitáculos acristalados sin ventilación natural.

Esta tesis doctoral se enfoca en una línea de investigación-acción participativa cuyas conclusiones tienen una aplicación inmediata. En este sentido, el artículo 5, “Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces”, pone de manifiesto los avances que la metodología de investigación-acción-reflexión-investigación pueden generar, incluso en tiempos de pandemia, presentando experiencias a pequeña escala de transformación de los espacios mediante metodologías de Aprendizaje y Servicio y alianzas entre centros.



1. ABSTRACT

The present Doctoral Thesis is a compilation of five publications seeking to illustrate that the design and distribution of learning spaces facilitates a transformation towards innovative methodologies, is also associated with health and wellbeing and consequently has an impact on students and teacher's performance. Furthermore, sustainable spaces generate lower operating costs and promote a responsible financial education by means of a "hidden curriculum" of the building.

The main goal of the investigation is to create knowledge for planners and decision makers of public high schools about the real needs of the users, identified through participatory diagnostics. Learning spaces that have been carefully planned and designed enable up-grading methodologies.

The purpose is to guide the design of spaces from the paradigm of modern education, engaged with Agenda 2030 and the needs of the society of the twenty-first century, including those generated by COVID-19 pandemic. This study contributes to the achievement of several SDGs, for example, the ones related with health and wellbeing-SDG 3- or with quality education - SDG 4-. It also raises awareness amongst the Administration about the role of the building in educating for energy efficiency and promoting a responsible financial education-SDGs 7, 9, 11, 12, 13-. Methodological approaches used are also relevant, Service-Learning methodologies increase the possibilities of employability of the students and reduce social inequalities- SDGs 8, 10-; The investigation also provides insights about infrastructures and information and communication technologies, necessary at all times but more so after the COVID-19 situation. Finally, it also addresses SDG 17 promoting alliances with other schools and institutions.

Each one of the articles deals with a series of questions that grant information in order to prove the hypothesis initially posed.

Article 1 and 2 set the first steps of the investigation. Article 1, titled "Neuro-architecture in Education. An Approach to the State of the Art", examines the state of the art. The transformation of space as an element that supports a change towards more active methodologies aligned with a modern society is a current debate in education. Although concern about these issues is not new, it is in the second decade of the twenty-first century when it emerges powerfully in the Spanish context. The discussion takes place at all levels, however we verify that most of the reports explore Pre-school and Primary learning spaces, as well as University spaces. There are few studies that focus specifically on secondary education and even less on public high schools,

Institutos de Educación Secundaria (IES).

It is evident that not only transforming learning spaces brings along a change in methodologies, but progress in neurosciences, both neuroeducation and neuroarchitecture indicate that the surrounding environment, the type and distribution of furniture, the colour of the walls, etc. has effects on people's behaviour and performance. Generating spaces that are functional and friendly, healthy and comfortable, with good conditions of connectivity and teachers trained in emerging methodologies and cooperative approaches adjusts to what the society of the twenty-first century demands.

Publication 2, "Promoting Innovative Learning Spaces at Universidad Miguel Hernández" (UMH) presents the benefits of Design Thinking techniques that are part of the participatory action research methodology used in four of the studies in this Doctoral Thesis. The publication reports the experience and needs identified in the workshops "Be the architect of your UMH". It refers to learning spaces at university, however, the knowledge acquired was relevant for implementing the techniques in future groups and many of the views discussed in those sessions hardly distance themselves from secondary education ones. In this paper three tables summarize the recommendations provided by the UMH teams and compare them with other studies. The Design Thinking workshops were a key element for the further application of an innovative methodology of co-creation in order to obtain information for transforming learning spaces in secondary education. In the years that followed, techniques from these workshops were replicated in groups of future teachers at UMH, future architects at UPV, high school students, high school teachers and head teams and were the seed of the results, discussion and conclusions described in articles 3, 4 and 5.

Article 3, 4 and 5 investigate learning spaces in public high schools (IES) and how transforming these spaces can help achieve sustainable development goals (SDGs) expressed in terms of Agenda 2030 approaches. Different charts serve to relate matters of the study with SDGs.

Articles 3 and 4 reveal how Indoor Environmental Quality (IEQ) issues affect the users. Article 3, "Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals", refers to acoustic comfort and presents field experiences regarding the location of music rooms and sport premises stating the case study of IES Mediterrània in Benidorm. Article 4, "Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments" centres on issues concerning thermal comfort, ventilation and visual comfort. This study includes

100 % of the public high schools of Elche and shows a comparison between those built before and after 2000, with a more contemporary design and surprisingly less thermal comfort. The conclusions of this article, published before COVID-19 sanitary alert, proved to be highly relevant, since we insisted on the need to avoid, in IES, rooms with large glass windows and no natural ventilation.

This Doctoral Thesis focuses on a participatory action research methodology which produces outcomes that can be implemented immediately. In this context, article 5 “Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces” describes the methodology of investigation-action-reflection-investigation used and shows examples of changes achieved, even in times of pandemic. They are small changes but by no means irrelevant and also explains the steps for a Service Learning experience for transforming spaces, concluding with the alliance within schools and institutions.







2. INTRODUCCIÓN



2. INTRODUCCIÓN

La variedad de agentes implicados en la planificación, construcción o transformación de infraestructuras escolares públicas y sus distintos intereses dota de complejidad al estudio que nos ocupa. Contamos, por un lado, con los usuarios del edificio (profesorado, alumnado, personal de administración, conserjería, limpieza, familias, equipos directivos), por otro lado, con los diseñadores y constructores de los espacios (estudios de arquitectura, ingeniería, empresas constructoras), y en medio, el importante papel que ejerce la Administración Educativa (Autonómica y local), a través de departamentos y programas que se han creado en distintas épocas para la gestión de infraestructuras escolares, como pueden ser CIEGSA o Edificant. De ahí nuestro empeño en formar un equipo de investigación que pudiera acoger el debate de profesionales de diferentes disciplinas, evitando sesgos parciales debidos a una perspectiva únicamente pedagógica o únicamente arquitectónica.

Afortunadamente, hoy en día, el debate en sostenibilidad, en su sentido más amplio, enriquece a todas las partes. Y así esta tesis doctoral indaga en el estudio de la transformación y construcción de espacios educativos con el fin de fomentar la sostenibilidad de esos espacios de enseñanza-aprendizaje, intentando mantener en equilibrio la balanza de la innovación en metodologías activas y la vanguardia arquitectónica.

A lo largo de todo el estudio usaremos extensamente el acrónimo IES (Instituto de Educación Secundaria) con el fin de mantener una clara diferenciación con centros de secundaria concertados o privados, que en cuanto a la reforma de espacios y adjudicación de obras difieren significativamente de los públicos (IES).

2.1 Breve Referencia al Sistema Educativo Español

Puesto que la investigación se difunde en revistas científicas internacionales y los potenciales lectores pueden pertenecer a países con sistemas educativos diferentes al nuestro, hemos considerado necesario incluir algunos matices del sistema educativo español con el fin de ilustrar mejor los retos que pretendemos resolver. Así, en el artículo 3 se muestra un breve esquema del sistema de enseñanza secundaria y en el artículo 4 se hace referencia a cómo afectan a los temas que nos ocupan algunos cambios introducidos por la Ley Orgánica General del Sistema Educativo, de 3 de octubre de 1990 (LOGSE, 1990). De manera sucinta, se resalta que a partir de 1990 con la

entrada de la LOGSE se producen cambios significativos no sólo en el currículum y metodologías, sino también en la normativa para la construcción escolar. La ratio de estudiantes por grupo se redujo de 40 a 30 y consecuentemente el tamaño de las aulas en construcciones posteriores también. El tamaño de los espacios para aprendizaje formal (aulas clásicas) se calcula multiplicando 1.5 m² por estudiante (Real Decreto 132/210) por tanto, en las nuevas construcciones, las aulas de ESO se diseñan para ocupar 45m² y consecuentemente, limitan la versatilidad, pues los grupos de Bachillerato o Formación Profesional pueden tener ratios superiores a 30.

Otro hecho importante ocurre a partir de la entrada en vigor de la LOGSE de 1990: los Institutos de Formación Profesional (FP) y los Institutos de Bachillerato Unificado Polivalente (BUP) se funden en uno sólo y pasan a llamarse Institutos de Educación Secundaria (IES), se adaptan unos y otros edificios. La edad de los estudiantes que reciben enseñanzas en estas instalaciones se amplía. En las mismas instalaciones puede cohabitar alumnado desde 1º ESO (12 años) hasta ciclos formativos de grado superior (sin límite de edad). En la mayoría de los casos, la población más numerosa en los centros es la comprendida entre los 12 y 16 años, por pertenecer a la educación secundaria obligatoria (ESO). La mayoría de los IES participantes en el estudio acogen entre 800 y 1000 alumnos cada uno y tienen claustros entre 80 y 110 profesores. Las metodologías empleadas y los intereses de los diferentes grupos a menudo son discrepantes, especialmente en cuanto a condiciones de acústica se refiere, permisos de salida y control de accesos.

2.2 Antecedentes

El IES que motivó los primeros debates y la necesidad de promover un mayor diálogo entre las partes fue el IES Mediterrània de Benidorm, como quedó reflejado en el informe presentado a Inspección educativa por la dirección del centro, disponible en el Servicio Territorial de Educación de Alicante, dentro de la memoria de fin de curso 2006-2007. También puede consultarse en el anexo 1. Desde la finalización de su construcción en 2006, las dificultades experimentadas por la comunidad educativa del centro entraban en discrepancia con las bondades atribuidas al diseño arquitectónico por parte de las escuelas de arquitectura. El IES era visitado por estudiantes de arquitectura como modelo a seguir por ser premio arquitectónico, generando en el profesorado, indefensión aprendida e impotencia.

Posteriormente se formó un equipo de investigación constituido por profesorado de la Universidad Miguel Hernández de Elche especializado en sostenibilidad, geografía, estadística,

matemáticas, inglés, gestión de centros, diseño y arquitectura. Con el fin de comparar logros que se iban alcanzando en la transformación de espacios educativos, distintos miembros de este equipo realizaron sondeos para conocer de primera mano, centros privados, concertados y públicos de primaria y secundaria, así como de enseñanza de adultos. Finalmente, se decidió, con el objetivo de aportar luz al debate surgido de las cuestiones planteadas en el IES Mediterrània, estudiar a fondo los quince IES que constituyen el total de centros públicos de secundaria del municipio de Elche.

Se eligió Elche por varias razones. En primer lugar, Elche constituía nuestro entorno más próximo, y puestos a intentar influir en la comunidad educativa, podría considerarse un buen punto de referencia, por su representatividad y especificidades dentro de la Comunidad Valenciana. Por un lado, se consideró que quince IES constituían una población suficientemente amplia para aportar resultados cuantitativos y cualitativos significativos. Por otro lado, estaban a punto de iniciarse las obras de un IES de nueva construcción en la ciudad, después de 10 años de reivindicación por parte de la comunidad educativa. Estas nuevas instalaciones podrían beneficiarse de los resultados aportados por la investigación. Se presentaron informes y solicitaron entrevistas con autoridades locales, provinciales y regionales con el fin de transmitir información sobre la investigación que estaba en curso y ofrecer colaboración. Por último, los lazos que, a través de la dirección del máster de profesorado se mantenían con los equipos directivos de los IES, allanaron el camino. La dirección de los centros facilitó, en cualquier época del año, el acceso a todas sus instalaciones y aportó información sustancial para la investigación.

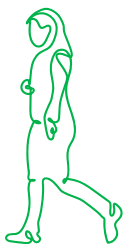
2.3 Relación entre artículos

La relación entre los artículos que conforman el cuerpo de esta tesis doctoral queda establecida en el hilo argumentativo que reflejamos a continuación: se empieza por la indagación en el estado del arte (artículo 1). La formación en técnicas de investigación participativa (publicación 2) es relevante para los métodos y materiales usados en el estudio y reflejados en los posteriores artículos. En los artículos 3 y 4 se pone de manifiesto la importancia de las condiciones ambientales generadas por el diseño de los espacios en la salud y bienestar de los usuarios y en los gastos de arrastre del edificio y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Por último, el artículo 5 presenta logros, por un lado, en el proyecto del nuevo IES de Elche, en cuanto a la apertura de ventanas en la zona de cafetería que faciliten la ventilación cruzada y, por

otro, en instalaciones que se encuentran en uso. En esta última publicación quedan reflejadas transformaciones que involucran a la comunidad educativa en proyectos de Aprendizaje y Servicio, pequeñas contribuciones realizadas con presupuestos mínimos pero que, sin duda, merecen ser consideradas.

El estudio global, tras las cinco publicaciones, revela que una mayor y mejor comunicación entre diseñadores y planificadores de espacios educativos y los usuarios, facilita nuevas formas de aprender y trabajar en vistas a una co-creación de espacios con una inversión económica sostenible. Sin embargo, mejorar la comunicación entre los agentes implicados no es tarea fácil. Existen muchas dificultades que quedan fuera del ámbito del presente documento. En nuestra experiencia, constatamos que los métodos de investigación participativa resultaron más fáciles de implementar para la renovación de espacios en IES que ya están funcionando que para el diseño de futuras construcciones.

A continuación, presentamos un resumen de objetivos, metodologías, resultados y discusión, así como de las recomendaciones y conclusiones de nuestra investigación. Información más detallada y un mayor número de imágenes puede consultarse en los artículos originales.



3. OBJETIVOS



3. OBJETIVOS

La presente tesis doctoral parte de la hipótesis que el adecuado diseño y distribución de los espacios educativos facilita la transformación hacia metodologías innovadoras, repercutiendo en el rendimiento de estudiantado y profesorado. Asimismo, los espacios sostenibles generan menor inversión en gastos de arrastre y promueven una educación económica responsable. Así pues, el objetivo de la tesis es descubrir qué condiciones se dan en los espacios de los IES y cuáles se identifican, a través de los estudios científicos y la experiencia de los usuarios, como óptimas para la mejora metodológica y el bienestar de toda la comunidad educativa.

La finalidad última del estudio es que las conclusiones sirvan para sensibilizar a planificadores y diseñadores de centros públicos de secundaria de las necesidades actuales de los usuarios, detectadas mediante diagnósticos participativos (ODS 11) y poner de manifiesto que la actualización de las metodologías (ODS 4) se ve facilitada por espacios físicos bien estudiados y diseñados. Se trata de orientar el diseño de espacios desde el paradigma de una educación actual, comprometida con la Agenda 2030 y las necesidades de la sociedad del siglo XXI, incluidas las generadas por la pandemia COVID-19.

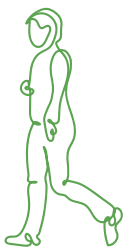
Cada uno de los artículos propone una serie de interrogantes que aportan información para demostrar la hipótesis expuesta. A continuación, presentamos una selección de objetivos planteados a modo de preguntas en las que se profundiza en los diferentes artículos:

- ¿Cómo puede el modelo de edificio o el diseño de sus dependencias repercutir en el rendimiento de estudiantes y profesorado?
 - ¿Influye el diseño del espacio en los costes de mantenimiento del edificio escolar?
 - ¿Qué condiciones espaciales favorecen una educación para el desarrollo sostenible?
 - ¿Qué condiciones espaciales favorecen el uso de metodologías emergentes?
 - ¿Cuáles son los principales retos que afrontan los usuarios de los IES? ¿Cuáles son los espacios más valorados en los centros públicos y que podrían servir como modelo a replicar? ¿Qué condiciones deben evitarse? ¿Qué soluciones podemos aportar?
 - ¿Qué criterios y métodos predominan en la praxis de diseño de espacios educativos actuales? ¿Existe una investigación participativa de arquitectos, pedagogos, gestores y otros usuarios de los espacios de aprendizaje? ¿Cuál es la sensibilización e implicación de los agentes
-

involucrados (arquitectos, administración, comunidad educativa)?

- A la hora de crear o transformar espacios, ¿Cuál es la caracterización de los IES de Elche, respecto de indicadores relacionados con condiciones acústicas y climáticas, eficiencia energética y mantenimiento, sensibilización medioambiental, conectividad y disponibilidad de espacios para exposición y metodologías activas?
- ¿En qué medida se están implementando las recomendaciones de guías para infraestructuras escolares nacionales e internacionales en la construcción y reforma de espacios en la Comunidad Valenciana? ¿Existe brecha entre la teoría y la práctica, es decir, la construcción que finalmente tiene lugar?





4. METODOLOGÍA Y MATERIALES



4. METODOLOGÍA Y MATERIALES

Las preguntas formuladas para desarrollar esta tesis doctoral nos han llevado a una investigación en diferentes fases desplegando una metodología variada y basada en métodos habituales en la investigación-acción participativa (Colmenares, 2012; McDonald, 2012; Smith et al., 2016). Esta es una metodología que se sirve de enfoques mixtos, cuantitativos y cualitativos para la recogida de datos.

Resumen de las diversas fuentes

A continuación, exponemos un resumen de las diversas fuentes empleadas para la recogida de información que ha sido analizada en las cinco publicaciones.

Literatura Científica

Se han revisado publicaciones científicas nacionales e internacionales aparecidas en revistas referenciadas, así como actas de congresos. Igualmente se han consultado libros y tesis doctorales publicadas a partir de 2010 sobre espacios educativos e informes referenciados disponibles en línea. Se realizaron búsquedas electrónicas, en idioma español o inglés, en bases de datos bibliográficas, incluidas ProQuest Central, Science Direct y Google Scholar, así como en webs gubernamentales y profesionales. Una vez seleccionada la bibliografía se revisaron las referencias con el fin de identificar otros estudios relevantes. En esta segunda búsqueda se seleccionaron, principalmente publicaciones electrónicas en acceso abierto.

Las palabras clave para la búsqueda de información empleada en la redacción de los distintos artículos fueron: espacios educativos, arquitectura escolar, neuroeducación, innovación educativa, metodologías activas, diseño participativo, Design Thinking, Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), calidad ambiental interior, confort acústico, ruido en las escuelas, confort térmico, eficiencia energética, Aprendizaje y Servicio.

Planos y Legislación

Se ha consultado la normativa para la construcción de centros escolares en la Comunidad Valenciana (Generalitat Valenciana, 2019) , así como los planos de los IES participantes en el estudio. También se han revisado guías internacionales para la construcción escolar (European Schoolnet Report, 2017; Ministerio de Educación de Chile con UNESCO, 1999; Ministerio de Educación de Perú, 2015).

Talleres de Design Thinking

El Design Thinking es una metodología con un enfoque integral y holístico que toma en consideración tanto aspectos técnicos y funcionales como perspectivas emocionales, tal como indica Peter Prud'homme (2017) en su artículo "The Culture of Design Thinking for Innovation". Hasta la primera década del siglo XXI, esta metodología se limitaba, principalmente, al campo del diseño y buscaba mejorar las estrategias de pensamiento de los diseñadores. Hoy se ha convertido en herramienta básica para estimular la creatividad e innovación en múltiples disciplinas, incluyendo el mundo de los negocios (Coleman, 2016; Tonhauser, 2015; Tschimmel, 2012). Es una metodología que implica de manera activa y participativa a todos los agentes involucrados desde el inicio del proceso de planificación, estudiando el comportamiento de los usuarios (Neuman, 2013).

Durante la investigación realizada en esta Tesis Doctoral, hemos sido conscientes de la importancia de los enfoques participativos en una Educación para el Desarrollo Sostenible. En esta línea, se han fomentado, atendido y dirigido procesos de Design Thinking para la planificación de espacios educativos en diferentes niveles, intentando ampliar la multidisciplinariedad, integrando diversos perfiles, visiones y opiniones. Directivos, profesorado y personal de administración y servicio de diferentes departamentos relacionados con sostenibilidad, infraestructuras, contratación, eficiencia energética, comunicación, planificación o didáctica, asistieron a los primeros cuatro talleres que se realizaron en el campus de Elche de la UMH. Se desarrollaron a lo largo de cuatro horas, en diferentes franjas horarias, durante el curso académico 2016-2017. El arquitecto José Picó, de la empresa REDEX de Madrid fue quien condujo los talleres y sugirió los temas que debían tratarse en cada sesión. Tres temas principales fueron debatidos: espacios de aprendizaje formal, espacios de aprendizaje informal, espacios para gestión y administración. En 2018, 2019 y 2020 miembros del equipo investigador replicaron talleres de Design Thinking con estudiantes de arquitectura, futuros profesores, así como alumnado, profesorado y equipos directivos de IES. El objetivo en todos los casos era detectar necesidades y contribuir en la búsqueda de soluciones para construir o reformar espacios educativos en IES.

Métodos con Alumnado

Se ha involucrado al alumnado a través de metodologías activas como son el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el Aprendizaje y Servicio (ApS). Durante el curso 2017-18, alumnado de 2º ESO del IES Mediterrània de Benidorm llevó a cabo el proyecto "Arquitectos, ¡Help!" y un

vídeo subido a youtube (Montiel, 2019) para crear conciencia sobre los problemas de acústica y subrayar que todos formamos parte de la solución. Este trabajo se realizó para la I Bienal Internacional de Arquitectos y Educación (LUDANTIA) que se celebró en Pontevedra en mayo de 2018. Durante el curso 2019-20 y luego en plena pandemia durante 2020-21 se llevó a cabo un proyecto de ApS entre la Escuela de Arte y Superior de Diseño de Alicante (EASDA) y el IES Severo Ochoa de Elche, cuya metodología detallada y materiales pueden consultarse en el artículo 5: “Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces”

Cuestionario en línea (Anexo 1)

Un cuestionario en línea fue elaborado y enviado a los quince IES de Elche y al IES Mediterrània de Benidorm entre enero y julio de 2018 dirigido al equipo directivo de los centros con el fin de que fuera distribuido a los miembros del claustro. La contestación a estos cuestionarios no fue tan elevada como se preveía en un principio, por lo que una vez seleccionados los dieciséis centros objeto de estudio, el grupo de investigación se aseguró de que todos los IES participantes enviaban respuesta a la encuesta en línea. Este cuestionario incluía 25 preguntas fundamentales, clasificadas en diferentes secciones: espacios de aprendizaje formal, espacios de aprendizaje informal y zonas de tránsito, elementos clave relativos al confort general (acústica, temperatura, ventilación), observaciones sobre tecnología, metodologías pedagógicas, programas de sostenibilidad y eficiencia energética de los IES. La mayoría de las preguntas eran binarias (sí/no), especificando la existencia o no de las características consultadas.

El cuestionario nos ha proporcionado información, por parte del profesorado, que hace referencia tanto a los espacios educativos como a las metodologías que el docente emplea. También ha aportado datos sobre las asignaturas, marcando diferencias entre asignaturas “prácticas”, impartidas en aulas específicas y “teóricas”, para las que suelen usarse aulas estandarizadas.

Con la información recabada se elaboraron una serie de indicadores que describimos a continuación, calculados como el promedio de puntuaciones dicotómicas (0/1) a una serie de características que estaban (1) o no (0) presentes en los centros. Estas puntuaciones se han convertido a una escala de 0 a 10, con el fin de proporcionar una interpretación más sencilla. En función de la puntuación obtenida en los indicadores propuestos, los IES de Elche se clasificaron en tres niveles: puntuaciones por debajo de 5 determinaban un nivel INSUFICIENTE, puntuaciones entre 5 y 7,5 definían un nivel MEDIO, y puntuaciones por encima de 7,5 posicionaban a los

centros en un nivel DESTACADO.

Los indicadores propuestos son:

- Acústica (ACU): Alude a unas buenas condiciones acústicas en los espacios comunes del centro.
- Amabilidad (AMA): Hace referencia a la amabilidad, accesibilidad y versatilidad de espacios y mobiliario que generan bienestar a los usuarios.
- Climatización (CLIM): Está relacionado con el bienestar climático en el centro por las condiciones de climatización y ventilación.
- Conectividad (CONNECT): Indica cuestiones enlazadas con la conectividad eléctrica y a internet, el uso de dispositivos móviles, así como la existencia de infraestructuras eficaces para proyecciones.
- Educación ambiental (EDUAMB): Referido al impulso de proyectos de sostenibilidad, reciclado y educación medioambiental en el centro.
- Eficiencia (EFI): Apunta a temas conectados con la eficiencia energética y de mantenimiento de las instalaciones y el uso de energías renovables, así como del uso de iluminación natural.
- Exposiciones (EXPO): Indica características vinculadas a la existencia de espacios y paredes expositoras para compartir trabajos e ideas.

Entrevistas y visitas in situ

Se completó la información sobre el diseño de los espacios educativos durante las visitas in situ, con una duración entre hora y media y dos horas. Se decidió ahondar en el estudio de dieciséis IES: El IES Mediterrània de Benidorm, como instalación origen de las hipótesis planteadas en esta tesis doctoral y el total de los IES del municipio de Elche, quince.

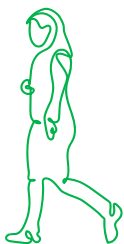
El propósito de las visitas in situ, elaboradas siguiendo líneas recomendadas por Turner (2010) era entrevistar personalmente al director o directora o miembros del equipo directivo, con el fin de verificar y completar la información de los cuestionarios online. La entrevista personal, seguida por una visita guiada a las instalaciones (espacios interiores y exteriores), resultó ser un poderoso instrumento de investigación. Así, preguntas informales que se iban añadiendo a lo largo de la visita al centro, basadas en el cuestionario original, proporcionaban una información muy útil, difícil de conseguir si se solicitaba por escrito. Este hecho subraya la importancia primordial de la entrevista personal, como herramienta de recogida de información cualitativa a la hora de

comprender mejor los asuntos analizados y ayudó a completar respuestas que se habían dejado en blanco en el cuestionario escrito.

Todas las fotografías publicadas en esta Tesis son originales, tomadas por miembros del equipo investigador durante las visitas siguiendo los protocolos de protección de datos.







5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se comentan los resultados más relevantes obtenidos en esta Tesis, aparecidos en las publicaciones que la conforman. Los artículos pueden consultarse íntegramente a través del QR que se incluye en la sección de publicaciones originales. Empezamos por el resumen del estado del arte y los talleres de Design Thinking que tuvieron lugar en la Universidad Miguel Hernández como fase previa a la investigación que posteriormente prosperó en los IES públicos. Continuamos con un resumen extendido de los artículos 3 y 4, ambos relacionados con la calidad ambiental. En el artículo 5, a modo de cierre, se ofrecen los resultados y discusión sobre la metodología participativa de investigación acción, la alianza entre centros con la experiencia de aprendizaje y servicio y un debate directamente relacionado con los IES de Elche.

5.1 Resumen extendido de los resultados y discusión del Artículo 1: “Neuroarquitectura en educación. Una aproximación al Estado de la Cuestión”

El primer artículo tiene como objetivo explorar el estado del arte.

De la lectura de la literatura científica revisada para elaborar el estado del arte sobre espacios educativos se extraen una serie de reflexiones que en el artículo original se presentan en cinco apartados:

- Neuroarquitectura
- Consonancia entre el proyecto arquitectónico y el proyecto educativo
- El espacio como herramienta para las pedagogías del siglo XXI
- Aportaciones de la neurociencia
- Desarrollo sostenible

En primer lugar, se advierte que la neuroarquitectura, término de reciente acuñación, incorpora aportaciones de la neurociencia al campo de la arquitectura para entender la interrelación entre los procesos cerebrales y el entorno arquitectónico. Algunas de estas aportaciones evidencian la necesidad de construcciones más afectivas. La neuroeducación añade a la investigación un enfoque que lleva a reflexionar sobre conceptos que demuestran que el rendimiento mental se deteriora si las personas no se sienten a gusto donde están o hay estímulos en el entorno que los distraen o si las condiciones no son las adecuadas para la realización de una actividad mental determinada (Mora, 2013) y aconseja una creación de espacios más afectivos, alejados de la

imagen de centro escolar “carcelario”.

De las propuestas y hallazgos reflejados en los estudios consultados se infiere una creciente intensificación de las reflexiones críticas sobre la consonancia arquitectura-educación. Saura et al. (2016), apuestan por el diálogo como forma de escapar de la especulación financiera y alientan a que se enseñe arquitectura en colegios, no de manera técnica, sino acompañada de nociones de ecología urbana y geografía que despierten en los estudiantes la conciencia, desde edades tempranas, de la importancia del espacio para la coexistencia o la marginación social.

Adams et al., investigadores del informe Horizon (2016), ponen de manifiesto la necesidad de optimizar la inversión económica que se realiza en construcción escolar. Se confirma que para desarrollar con éxito los proyectos educativos y cumplir los objetivos de las pedagogías emergentes, se precisa una organización de los espacios distinta a la utilizada hasta ahora. Las nuevas metodologías apuestan por actividades de aprendizaje autodirigidas y cooperativas que manejan un nuevo paradigma espacial.

Bajo el paradigma de una educación para el desarrollo sostenible, una construcción escolar no trata solo de materializar condiciones ambientales ideales de salubridad, temperatura, ventilación, luz, sonido, gama cromática de los materiales, etc., aspectos que se han señalado como importantes desde hace más de un siglo, sino que trata de ir más allá y diseñar bajo estrategias ligadas al desarrollo tecnológico y a la sostenibilidad, entendiendo que todos los espacios son espacios potenciales para el aprendizaje.

De los trabajos revisados, se infiere que se procura hacer partícipes a todos los agentes de la comunidad educativa a la hora de buscar soluciones para diseñar o transformar los espacios de aprendizaje. Uno de los métodos más utilizados es el método de diseño razonado o Design Thinking dando relevancia a sus cinco fases: empatizar, definir, idear, representar y ensayar (Mokhtar et al., 2016).

Secundando estas metodologías innovadoras, el equipo de investigación propuso al Vicerrectorado de Infraestructuras de la UMH la posibilidad de llevar a cabo una serie de talleres con el objetivo de experimentar de primera mano las técnicas del Design Thinking y averiguar las necesidades de los usuarios de los espacios. Los resultados de estos talleres se presentan a continuación y constituyen la publicación número 2.

5.2 Resumen extendido de los resultados y discusión de la publicación 2: “Promoting Innovative Learning Spaces at Universidad Miguel Hernández”

La publicación “Promoting Innovative Learning Spaces at Universidad Miguel Hernández” fue presentada en Sevilla en noviembre de 2018 en el International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI).

La Universidad Miguel Hernández de Elche es una institución joven, multicampus, que se encuentra todavía en proceso de construcción de nuevas instalaciones en sus distintos campus, situados en cuatro ciudades de la provincia de Alicante. El Vicerrectorado de Infraestructuras consideró de interés financiar una serie de talleres que permitieran reflexionar y aportar ideas innovadoras y actuales de cara a la construcción de las nuevas edificaciones, mejora de las existentes o transformación paisajística de espacios exteriores que comunican los diferentes edificios.

Estos talleres fueron significativos para sentar las bases de la investigación posteriormente desarrollada en los centros de secundaria. En este sentido cabe destacar que muchas de las ideas aportadas para espacios educativos superiores pueden extrapolarse a institutos de educación secundaria. Algunos de los participantes en los talleres eran profesores asociados a la Universidad, que desarrollaban su función principalmente en institutos y así lo corroboraron.

Los siguientes tres apartados ofrecen en formato tabla una serie de ítems como posibles soluciones que aumentan el confort de los usuarios (Tabla 1), necesidades correspondientes a la tecnología (Tabla 2) y, por último, la Tabla 3 muestra sugerencias relativas a la sostenibilidad y energía neta cero.

5.2.1 Comparativa de estudios. Posibles Soluciones que Aumentan el Confort de los Usuarios

Los espacios educativos acogen durante muchas horas a estudiantado, profesorado y personal de administración y servicios. Mediante la aportación de sus necesidades y preocupaciones, los participantes en los talleres corroboraron la importancia de la dimensión estética del espacio que habitamos (Errázuriz-Larrain, 2014). Se puso de manifiesto que, aunque todos somos conscientes de que no se trata de simple decoración, no hay duda de que elementos decorativos, acogedores y amables enriquecen el proceso de enseñanza aprendizaje (Hare, 2016). La tabla 1 recoge posibles soluciones que aumentan la necesidad de confort que manifiestan los usuarios.

Tabla 1. Confort general de los usuarios. Comparativa de estudios

Soluciones que aumentan el confort	UMH (2017)	Nair (2014)	Neuman (2013)	Campos (2011)
Usar materiales naturales	◆	◆	◆	◆
Proporcionar luz natural	◆	◆	◆	◆
Integrar naturaleza	◆	◆	◆	◆
Facilitar contacto visual con el exterior	◆	◆	◆	◆
Cuidar acústica y ruidos	◆	◆	◆	◆
Incorporar iluminación zonificada, por usos y controlable	◆	◆	◆	◆
Incluir elementos decorativos	◆	◆		
Dotar de variedad cromática	◆	◆	◆	◆
Crear diversidad de ambientes	◆	◆		
Propiciar climatización zonificada y acondicionamiento térmico	◆	◆	◆	◆
Favorecer ventilación y humidificación natural	◆	◆	◆	◆
Cuidar aromas y olores	◆	◆		
Posibilitar acceso a comida sana en máquinas autoservicio	◆	◆		

5.2.2 Comparativa de estudios. Necesidades Correspondientes a la Tecnología

El estudiantado y profesorado de hoy disfruta, en su día a día, de una tecnología que se encuentra a su alcance en todo momento y en cualquier lugar. Esto implica que los espacios educativos deben renovarse tecnológicamente para ofrecer una versión de educación actual y acorde a lo que se vive en la calle y las empresas (Adams et al., 2017). La Tabla 2 resume las sugerencias para una actualización tecnológica que se debatieron en los equipos UMH en 2017 y su coincidencia con las señaladas en los estudios realizados por Nair (2014), Neuman (2013) y Campos et al. (2011).

Tabla 2. Necesidades derivadas del uso de nuevas tecnologías

Necesidades derivadas del uso de nuevas tecnologías	UMH (2017)	Nair (2014)	Neuman (2013)	Campos (2011)
Conectividad a red	♦	♦	♦	♦
Conectividad wifi en interiores y exteriores	♦	♦	♦	♦
Garantizar medidas de seguridad técnica	♦	♦	♦	♦
Compatibilizar seguridad con comodidad de uso	♦			
Dotación y optimización de recursos técnicos audiovisuales en aulas y espacios comunes	♦	♦	♦	♦
Equipación tecnológica homogénea y de uso sencillo	♦			
Visibilidad de zonas de proyección desde cualquier posición en el aula	♦	♦	♦	♦
Control lumínico para la correcta visualización de pantallas	♦	♦		
Actualización de los equipos tecnológicos	♦	♦	♦	♦
Posible compatibilidad de zonas de proyección y escritura	♦			
Zonas para experiencias multimedia (pantalla croma, grabación, edición, etc.)	♦			
Puntos de conectividad eléctrica diversos (retráctil a techo, suelo, exteriores, etc.)	♦	♦	♦	♦
Creación de puntos de información, pantallas táctiles, etc.	♦	♦	♦	♦
Canal de emergencias tecnológicas para solicitar/recibir apoyo técnico (apagones, calefacción, fallos en los equipos multimedia, etc.)	♦			

5.2.3 Comparativa de estudios. Sugerencias Relativas a la Sostenibilidad y Energía Neta Cero

Con referencia a la sostenibilidad y energía neta cero, se marcaron como relevantes los aspectos citados en la Tabla 3.

Tabla 3. Sugerencias relativas a la sostenibilidad y energía neta cero.

Sostenibilidad	UMH (2017)	Nair (2014)	Neuman (2013)	Campos (2011)
Garantizar la durabilidad de la obra, con una vida útil de al menos 50 años	♦	♦	♦	♦
Garantizar costes de mantenimiento reducidos	♦	♦	♦	♦
Potenciar la autosuficiencia energética (placas solares, bioclima, etc.	♦	♦	♦	♦
Aprovechar recursos bioclimáticos: orientación del edificio, iluminación natural, prever deficiencias o excesos de iluminación, uso adecuado de luz cenital, prever ventilación natural, etc.	♦	♦	♦	♦
Integrar el medio natural en el interior de edificios (plantas, jardines, aljibes, ágoras, etc.)	♦	♦	♦	♦
Control domótico del aula (iluminación, ambientación, térmico, etc.)	♦			
Aislamiento y acondicionamiento acústico	♦	♦	♦	♦
Puntos de recarga de móviles abastecidos con placas solares	♦			
Puntos de recarga de coches eléctricos abastecidos con placas solares	♦			
Evitar carga de iones/electricidad estática	♦			

La transformación educativa que experimentamos en este siglo XXI trae consigo nuevas maneras de trabajar y aprender. Estos talleres fueron muestra de ello. Los equipos UMH eran extraordinariamente multidisciplinares (gestores de la universidad, profesorado de periodismo, estadística, energías renovables, profesorado asociado, arquitectos, técnicos, personal de administración y servicios, etc.). Los participantes no eran expertos en el diseño de espacios, pero su experiencia como usuarios de las instalaciones desde diferentes perspectivas resaltó el valor de sus contribuciones y así, posteriormente comprobamos, por un lado, que muchas necesidades coincidían con cuestiones que otros autores, arquitectos y diseñadores, habían reseñado, y, por otro, que algunas ideas suponían nuevas aportaciones a la literatura consultada.

A día de hoy, algunas de las iniciativas debatidas en las sesiones en 2017 han sido implementadas, otras se considerarán para un futuro y otras puede que nunca lleguen a realizarse, pero sin duda la experiencia fue un paso adelante en el intento de mejorar la coordinación entre las necesidades de los usuarios y los agentes involucrados en el diseño de infraestructuras.

A partir de aquí la investigación se centró sobre los Institutos de Educación Secundaria públicos.

A continuación, reseñamos los datos de situación de los IES que han sido analizados en el estudio y constituyen la base de los tres artículos siguientes.

5.3 Información Relevante de los IES Participantes en el Estudio

Como se ha mencionado en la Introducción General, el IES germen de este trabajo de investigación fue el IES Mediterrània de Benidorm. Conforme aumentaba el interés en la transformación de los espacios educativos se realizaron visitas informales y sondeos para conocer de primera mano, los espacios e infraestructuras de centros privados, concertados y públicos de primaria y secundaria, así como de enseñanza de adultos. Finalmente, se acordó estudiar a fondo los quince IES que constituyen el total de centros públicos de secundaria del municipio de Elche.

La Tabla 4 muestra el listado de los IES participantes en el estudio, con características relativas al año de su construcción o reforma, volumen de profesorado, volumen de alumnado, rango de edad del alumnado, horario de apertura del centro. Se añade una última columna sobre combustible empleado para calentar las instalaciones, de significativa importancia en relación con los ODS y en el resumen de discusión que se presenta para los artículos 4 y 5.

Tabla 4. IES participantes. Datos relativos al curso 2019-20. Fuente: Adaptación de la Generalitat Valenciana <http://www.ceice.gva.es/es/web/centros-docentes/consulta-general>.

IES	Año construcción / reforma	Volumen profesorado	Volumen alumnado	Rango edad alumnado	Horario	Sistema calefacción Fuel/Gas
Mediterrània	2006	112	910	12-50	8-15h	F
1.La Asunción	1963/1968	80	850	12-20	8-22h	F
2.Carrús	1975/1995	129	1200	12-50	8-22.30	F
3.Sixto Marco	1955 (FP)	131	1200	12-50	8-22h	F
4.La Torreta	1978 (FP)	154	1400	12-50	8-22h	F
5.Pedro Ibarra	1979	62	460	12-20	8-15h	F
6.Monserrat Roig	1986/87	100	1000	12-50	8-15h	F
7.Tirant Lo Blanc	1991	89	915	12-50	8-22h	F
8.Severo Ochoa	1994 (FP)	88	900	12-50	8-22h	F
9.Cayetano Sempere	1994	103	1100	12-50	8-15h	F
10.Victoria Kent	1997	120	1300	12-50	8-22h	F
11.Misteri	2004	112	1200	12-20	8-15h	F
12.Nit de L'Albà	2004	92	917	12-30	8-15h	Gas
13.Joanot Martorell	2004	80	765	12-20	8-15h	F
14.La Foia	2004	65	500	12-20	8-15h	F
15.Torrellano	2003/04	80	800	12-20	8-15h	F
IES Nuevo (Elche)	2022					

Las obras del nuevo IES de Elche se iniciaron en el mes de agosto del año 2020 y está previsto que el centro esté operativo en 2022. Algunas recomendaciones de este trabajo de investigación han sido implementadas en sus espacios como veremos en el resumen del artículo 5.

5.4 Resumen extendido de los resultados y discusión del artículo 3: “Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals”

La calidad ambiental interior incluye elementos como el ruido, confort térmico, ventilación e incluso confort visual. Son temas que se tratan ampliamente en las guías que incorporan recomendaciones para una construcción sostenible como la publicada por el US Green Building Council (2009) o por el Global Sustainability Assessment System (2019). Sus consideraciones empiezan a ser habituales en algunas edificaciones, aunque constatamos que, en construcción escolar, como demuestra la investigación llevada a cabo en los IES anteriormente citados, queda mucho camino por recorrer, tanto en nuestra área de estudio como en otras zonas geográficas (Kaushik et al., 2016).

La importancia de la calidad ambiental en el diseño de espacios educativos constituye la base de los artículos 3: “Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals” y 4: “Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments”. Concretamente en el artículo 3 se delibera sobre la importancia de la comodidad acústica y la discusión se fundamenta, principalmente en la situación generada por el diseño del IES Mediterrània de Benidorm como estudio de caso. Se presenta la discusión dividida en cinco apartados:

- Breve referencia a efectos perjudiciales del ruido.
- Comparación entre las consideradas asignaturas “prácticas” y “teóricas”.
- Aulas de música. Estudio de caso. IES MEDITERRÀNIA de Benidorm.
- El caso de las lenguas extranjeras.
- Recomendaciones.

5.4.1 Breve referencia a efectos perjudiciales del ruido

Se comprueba que trabajar en presencia de un continuo ruido de fondo afecta al rendimiento académico (Ariani y Mirdad, 2015; Cheryan et al., 2014). En algunos casos, las causas de la contaminación acústica están relacionadas con factores externos al edificio, como puede ser el tráfico aéreo o de carreteras próximas, pero lo más común es que los ruidos provengan de actividades que tienen lugar en el interior del centro educativo, música, deportes, juegos, dinámicas activas, comedores o cantinas (Gilavand y Jamshidnezhad, 2016). De acuerdo a la normativa, en las aulas formales, el nivel de decibelios debe ser inferior a 40 dB (Ley 7/2002 de 10

enero, 2003 de protección contra la contaminación acústica).

Algunos autores argumentan que, aunque la contaminación acústica no tuviera un efecto directo sobre el rendimiento académico, debería tenerse en cuenta su efecto sobre la salud (Gilavand y Jamshidnezhad, 2016; Nazneen et al., 2017). El ruido de fondo obliga al docente a elevar la voz entre 10-15 dB (Sârbu y Sebarchievici, 2013). La intensidad fisiológica de la voz a un nivel de conversación normal es igual o menor a 60 dB. Esto significa que el profesorado habla a un nivel de al menos 70 dB durante una buena parte de su jornada laboral. Esta situación puede ser causa de enfermedad laboral debido a afonías (Dockrell y Shield, 2006; Rantala y Sala, 2015; Ubillos et al., 2015) o incluso fatiga mental, enfado e irritabilidad (Allen et al., 2017; Puglisi, 2015).

En cuanto al rendimiento del alumnado, es patente que condiciones acústicas desfavorables afectan no sólo la comprensión oral, sino también la comprensión y expresión escrita, debido a la menor capacidad de concentración y de recordar datos. “The 9 Foundations of a Healthy Building” (Allen et al., 2017), es un estudio realizado por un equipo multidisciplinar de la Universidad de Harvard embarcado en un programa para desarrollar edificios saludables. Este estudio verifica que el ruido causa distracción e interfiere en el aprendizaje y puede afectar al desarrollo cognitivo, especialmente en alumnado menor de 15 años, que todavía se encuentra en proceso de desarrollo de competencias lingüísticas. Asimismo, estudiantes con necesidades especiales, como déficit de atención o pérdida auditiva sufren más agudamente las molestias debidas a interferencias acústicas (Dockrell y Shield, 2006; Woolner y Hall, 2010).

Se reconoce que el malestar que genera el ruido no sólo limita la concentración y la atención, causando estrés físico y fatiga debido a la tensión generada, sino que también provoca estrés psicológico, aumentando la irritabilidad y frustración en la persona que lo experimenta. Además, el estrés psicológico y la irritación debido a ruidos molestos puede ser causa de incidentes disciplinarios en el aula (Allen et al., 2017; Cheryan et al., 2014; Guardino y Fullerton, 2016). También puede provocar malestar en el docente, haciéndole reacio a embarcarse en dinámicas más activas. Debemos tener en cuenta que los departamentos de formación del profesorado realizan actualmente grandes esfuerzos para alentar al profesorado hacia el cambio de metodologías. Se intenta transformar la clase magistral, de por sí, más silenciosa, hacia maneras de enseñar y aprender más activas y en algunos momentos más ruidosas. El diseño del espacio influye en estas dinámicas generando una retroalimentación espacio- metodología.

5.4.2 Comparación entre las consideradas asignaturas “prácticas” y “teóricas”

La investigación confirma que no todas las asignaturas sufren las molestias del ruido de la misma manera. Se manifiesta una diferencia entre las asignaturas tradicionalmente consideradas “prácticas” y las “teóricas”. Las asignaturas prácticas son las tradicionalmente impartidas en talleres, laboratorios o aulas y espacios específicos, suelen incluir Educación Física, Educación Plástica y Visual, TIC, Tecnología, Música, FQ y Biología principalmente, mientras que las teóricas se imparten en aulas tradicionales (Ariani y Mirdad, 2015), entre ellas, Matemáticas, Lenguas, Geografía e Historia o Filosofía.

Estudios llevados a cabo en Suecia con estudiantes de edades comprendidas entre los 12 y 14 años, demuestran que los resultados en comprensión lectora fueron mejores en aquellas aulas más silenciosas (Sârbu y Sebarchievici, 2013). Resultados llevados a cabo en EEUU en pruebas matemáticas, demuestran que en las aulas más ruidosas la media de las notas desciende (Cheryan et al., 2014). Este hecho es importante en el sistema educativo español, puesto que en la promoción de curso en la ESO, matemáticas y lengua son asignaturas clave. Es decir, el alumnado puede pasar de curso con tres asignaturas siempre que alguna de ellas no sea lengua o matemáticas (ORDEN 38/2017, de 4 de octubre por la que se regula la evaluación). Este hecho es importante a la hora de conseguir el Certificado en ESO. De acuerdo con la información ofrecida por el Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2017, España presentaba un elevado nivel de fracaso escolar, es decir, alumnado que no obtiene el certificado en ESO (18.9%), frente a la media de la Unión Europea situado en 10.7%.

La investigación demuestra que los ruidos en los centros estudiados son debidos a mala calidad o diseño de los elementos de aislamiento acústico, reverberación debida a los materiales empleados en paredes, suelos y techos o a una ubicación errónea de espacios para actividades deportivas o musicales como se verá más adelante en las Figuras 1 a y b. Con el propósito de realizar una planificación acertada es necesario conocer de primera mano el uso que se le puede dar a cada espacio (Kaushik et al., 2016) ya que los problemas creados por una acústica deficiente son difíciles de resolver después de la fase de diseño básico del edificio y especialmente generan costes añadidos (Crampton, 2009; Huang et al., 2012; Kaushik et al., 2016).

La normativa que se aplica a la hora de aislar estos espacios es el documento básico de protección de ruidos (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación) y su objetivo principal es proteger las instalaciones de los ruidos externos

(carreteras, aeropuertos). No existe normativa específica que indique que las aulas no deben situarse próximas a pistas deportivas, salas de música, cafeterías, etc. En la mayoría de los casos estudiados se utiliza el sentido común, sin embargo, el caso del IES Mediterrània de Benidorm, es tan significativo que merece que se analice con más detalle con el fin de que estos errores no vuelvan a repetirse.

5.4.3 Aulas de música. Estudio de caso. IES MEDITERRÀNIA de Benidorm

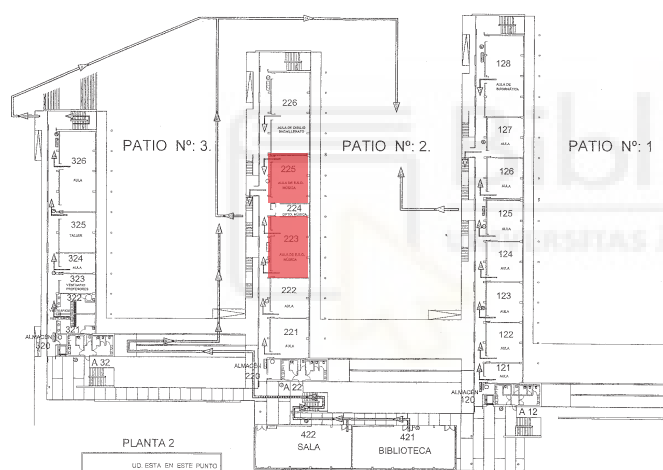
El caso de la asignatura de música merece una atención particular en la Comunidad Valenciana, con una arraigada tradición musical. Anteriormente a la entrada en vigor de la LOGSE en 1990, la asignatura de música, en muy escasas ocasiones, quedaba a cargo de profesionales de la música, se trataba más bien de historia de la música, impartida por profesores de humanidades, en pocos casos en los Institutos de BUP se ensayaba con instrumentos musicales más allá de la flauta. Afortunadamente, desde 1990 se han ido incorporando profesionales de la música a los claustros y la asignatura es muy valorada por estudiantes, familias y profesorado como expresión de un tipo de inteligencia que anteriormente se minimizaba.

A través de un nuevo currículum y metodologías más activas se invita al alumnado a participar en proyectos, concursos, conciertos que dinamizan los centros y les dan visibilidad nacional e internacional, con respaldo de programas europeos Erasmus+. Algunos de estos proyectos ofrecen enfoques de Aprendizaje y Servicio aproximándose a metas incluidas en los ODS. El vídeo "Que no pare la música, ¡Arquitectos, HELP! (Montiel, 2019) es parte del trabajo desarrollado durante varios cursos con alumnado de NEE en el IES Mediterrània de Benidorm y el Hospital General Universitario de Alicante. Es una manera de promover valores no de forma conceptual sino mediante la acción.

Aunque el currículum de la asignatura de música en la ESO es amplio y no se limita sólo al uso de instrumentos, es obvio que la práctica, los ensayos y las actuaciones elevan la motivación y autoestima de los estudiantes. Sin embargo, la falta de aislamiento acústico de las salas de música produce molestias para los usuarios de las aulas adyacentes. Las entrevistas confirman que estas molestias son más notorias en las asignaturas menos prácticas, que en determinados momentos requieren mayor concentración y silencio para desempeñar sus actividades, ejercicios y exámenes. Este es el caso en comprensión y expresión oral en lengua extranjera, expresión escrita en cualquier lengua, historia, filosofía o cálculo y resolución de problemas en matemáticas.

Puesto que no existen regulaciones específicas en la normativa de construcción escolar sobre

dónde situar las salas de música, pueden darse casos como el del IES Mediterrània de Benidorm. El edificio fue inaugurado en 2007, con dos salas de música en la planta central del edificio central, sin insonorizar (Figura 1a). Fue diseñado para aproximadamente 1000 estudiantes y un claustro de 100 docentes. De acuerdo a los datos ofrecidos por el director del centro en 2018, en diez años de funcionamiento, se habían invertido alrededor de 30.000 euros intentando paliar los defectos de insonorización sin resultados positivos. Debe resaltarse que lo más problemático no son los gastos económicos que este defecto de diseño supone para el presupuesto del centro sino la sensación de impotencia y tensión que se genera en el profesorado y que se ha puesto de manifiesto en varios claustros (Montiel, 2009).



a) Aulas de música en rojo, situadas en el edificio central.



b) Las ventanas de todas las aulas se encuentran orientadas hacia las pistas deportivas.

Figura 1. Plano del IES Mediterrània.

Este tipo de diseño no tiene en cuenta la contaminación acústica que unas actividades académicas pueden generar en otras.

En honor a la verdad, debemos señalar que el IES Mediterrània de Benidorm es el único IES de nuestro estudio en el que encontramos una situación límite. No obstante, el daño que llevan sufriendo los usuarios de este edificio durante quince años debería corregirse con el fin de mejorar las condiciones de trabajo futuro y tenerse en cuenta como elemento a estudiar para la planificación de nuevas construcciones. Es más, siendo un caso aislado, consideramos que es la Administración educativa la que debería corregir el error y aportar presupuesto complementario para trasladar o construir un aula de música en otra ubicación del centro.

5.4.4 El caso de las lenguas extranjeras

Independientemente de los problemas generados por las salas de música, en el diseño de los centros se debería tener una consideración especial a la lengua extranjera. Las metodologías emergentes promueven un aumento de la comunicación oral en lengua extranjera tanto por parte del profesorado como del alumnado. Se pretende que el alumnado interactúe entre pares, lleve a cabo presentaciones de otras materias también en la segunda lengua o escuche vídeos y audios en lengua original. En este sentido, sería de ayuda, además de la ubicación, dotar a las aulas de lengua extranjera con potentes elementos de transmisión de audio, altavoces, pizarras digitales, así como estudiar los elementos de paredes, suelos y techos con el fin de minimizar la reverberación del aula. El 100% de las profesoras de lengua extranjera entrevistadas en el IES Mediterrània (9 profesoras de inglés y 3 de francés) alegaron inconvenientes debidos a ruidos externos al aula producidos por actividades musicales y deportivas.

5.4.5 Recomendaciones

En la publicación original realizamos una serie de recomendaciones a modo de conclusión, divididas en tres categorías según la inversión financiera necesaria. Así se contempla la categoría I como alta inversión y en ella se incluyen las modificaciones estructurales, muy difíciles de solucionar una vez entregada la obra. La categoría II abarca inversiones de coste medio que no requieren grandes cambios y, por último, la categoría III recoge ideas de bajo coste, algunas muy sencillas, contempladas por la neurociencia.

5.5 Resumen extendido de los resultados y discusión del artículo 4: “Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments”

Siguiendo con la importancia de las condiciones de calidad ambiental, el artículo número 4 analiza el clima de la zona y cómo el diseño del edificio aumenta o minimiza el efecto de las condiciones de temperatura, ventilación y confort visual, asimismo se relacionan estos aspectos con la eficiencia energética. El mensaje que el edificio escolar transmite adquiere gran relevancia. Se compara la teoría con la realidad de los institutos participantes en el estudio. Por un lado, se hace referencia a lo que hemos llamado “diseño en abierto” y cómo éste afecta a la salud de los usuarios y a las metodologías empleadas. Por otro lado, se hace hincapié en los espacios que el profesorado ha venido a denominar “pecera”, realizados con grandes cristalerías y sin ventilación natural. Finalmente se analiza cómo influye el diseño de las ventanas, así como los elementos de protección solar (persianas, toldos, celosías) en el confort térmico y visual de los usuarios y en los gastos de mantenimiento. Es interesante remarcar la importancia que dimos a estos hechos antes de que hiciera su aparición la pandemia de la COVID-19. Todos estos elementos se relacionan con los ODS ofreciendo sugerencias para aproximarnos a dichos objetivos.

El confort térmico destaca como el más significativo entre los indicadores de calidad ambiental. Incluye temperatura, humedad y ventilación, aunque para el estudio se simplifica en una ausencia de incomodidad en el aula producida por sensación de frío o calor. Los usuarios resaltan la necesidad de una temperatura agradable para sentirse cómodos en el trabajo (Dorizas et al., 2015; Frontczak y Wargocki, 2011). Hecho que confirman los equipos directivos y el profesorado de los centros estudiados. Cuatro apartados conforman el resumen de los resultados y discusión de la publicación 4:

- Breve análisis del clima de la zona y relación con el curso escolar.
- Importancia de las ventanas y retos que afrontan los usuarios según su diseño.
- Retos según los dispositivos de protección solar.
- Retos debidos al diseño “en abierto” del edificio.

5.5.1 Breve análisis del clima de la zona y relación con el curso escolar

La provincia de Alicante, en el sureste de España, disfruta de un clima mediterráneo con inviernos templados y veranos calurosos y soleados. Las lluvias se producen principalmente en otoño y primavera. La Tabla 5 ofrece datos de temperatura y precipitación del municipio de Elche.

Tabla 5. Datos históricos de temperatura y precipitación en Elche.

Fuente: <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/elche-1999/>.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	<u>Ag</u>	<u>Sep</u>	Oct	Nov	Dic
Temp Media (°C)	10.5	11.5	13.6	15.8	18.9	22.9	25.6	26	23.4	19	15	11.9
Temp Min (°C)	5.4	6.1	8	10.4	13.3	17.1	19.6	20.1	17.7	13.7	9.8	7
Temp Max (°C)	15.6	16.9	19.3	21.3	24.5	28.7	31.6	31.9	29.2	24.4	20.2	16.8
Precip (mm)	20	22	22	33	28	17	4	9	35	60	38	30

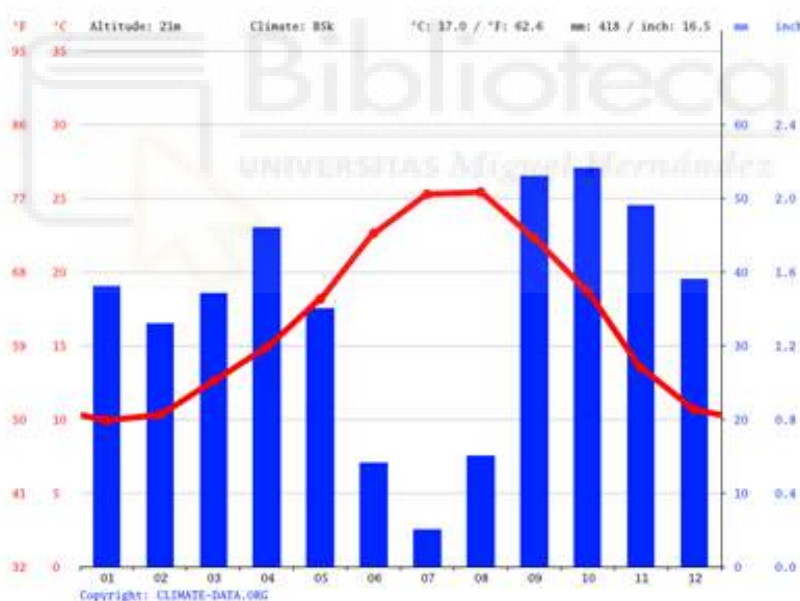


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de Benidorm. Fuente: <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/benidorm-56914/#climate-table>.

La Figura 2 presenta el climograma de Benidorm, donde observamos que, aunque las precipitaciones son escasas, se producen en período escolar.

El curso escolar se extiende desde septiembre a junio, quedando julio relegado a un menor número de usuarios y en el mes de agosto las instalaciones están cerradas. Del análisis de los datos anotamos que los meses de junio, julio, agosto y septiembre registran altas temperaturas,

con máximas superiores a 25°C. De noviembre a marzo, incluso abril (seis meses), momentos en los que los edificios escolares muestran plena ocupación, las temperaturas oscilan entre 10 y 15°C, con máximas por debajo de los 21°C. Estas temperaturas, combinadas con una elevada humedad ambiental durante todo el año (50% y más), hace necesario el uso de calefacción central para alcanzar el confort térmico, especialmente desde noviembre a marzo. Meses como mayo y octubre, con temperaturas medias entre 15 y 20°C (y máximas por debajo de los 25°C), espacios con ventilación natural se consideran óptimos y no precisan ni calefacción, ni aire acondicionado. En junio, julio y septiembre las condiciones térmicas para el trabajo en oficinas de administración y rendimiento en aulas resultan muy incómodas sin aire acondicionado.

De los resultados obtenidos en la literatura consultada se observa que la mayor preocupación reside en evitar temperaturas elevadas en las aulas, tanto por cuestiones de rendimiento académico como de salud. Así, las guías de construcción escolar promueven estrategias como el uso de ventilación cruzada, el uso de vegetación próxima a las ventanas de aulas y la necesidad de renovar el aire al menos cada hora, con más frecuencia después de la alerta sanitaria de la COVID 19 como indica la Guía para Ventilación en Aulas (Minguillón, M.C. et al., 2020), editada con posterioridad a la publicación de este artículo. Ventilar es importante, no sólo para rebajar la temperatura sino para evitar somnolencia debido a una disminución del oxígeno y para prevenir la acumulación de virus y partículas tóxicas (Ministerio de Educación de Chile con UNESCO, 1999; Ministerio de Educación de Perú, 2015). Un estudio realizado en nuestra zona geográfica (Pallarés et al., 2019) indica que la calidad del aire en el interior de las escuelas del SE de la provincia de Alicante depende más de las características del diseño del edificio que de la ubicación de la escuela en zona rural, urbana o industrial.

Síntomas de cansancio, fatiga y dolores de cabeza se han detectado en entornos con mala ventilación (Dorizas et al., 2015; Turunen et al., 2013). En cuanto al desempeño académico, hay evidencia que los niveles de concentración pueden disminuir hasta un 30%, así como la motivación (Wargocki y Wyon, 2017). Información recogida de países tan distantes como Argentina (Ré et al., 2017) o Finlandia (Toyinbo et al., 2016) demuestran que los resultados académicos mejoran con condiciones ambientales óptimas. De acuerdo con el Real Decreto 485/1997, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene sugiere, para oficinas, una temperatura no menor a 17°C ni superior a 27°C. En espacios de aprendizaje una temperatura media entre 21 y 22°C se considera confortable para la mayor parte de usuarios, por debajo de los 17°C o por encima de 25°C los estudiantes manifiestan sentirse incómodos (Dorizas et al., 2015). Por supuesto, debe tenerse en cuenta que

las condiciones térmicas no sólo dependen del espacio físico, sino, también, de características personales de los usuarios como la edad, género, peso, ropa, actividad realizada, etc. (Ré et al., 2017). No obstante, el diseño del edificio ejerce un papel clave en el confort ambiental.

5.5.2 Importancia de las ventanas y retos que afrontan los usuarios según su diseño

La calidad visual y la iluminación también están relacionadas con la salud de los usuarios y con la eficiencia energética del edificio (Michael y Heracleous, 2017) y están íntimamente asociados con el diseño de las ventanas. En la valoración del confort visual se tienen en cuenta los siguientes factores: la cantidad de luz natural, la uniformidad de la luz, la influencia de la luz en la reproducción de colores y el riesgo de reflejos (Carlucci et al., 2015). Al igual que con el confort térmico, el confort visual también se percibe de diferente manera según la edad y tipo de actividad que se desarrolla en el espacio (Frontczak y Wargocki, 2011). Cabe destacar que en todos los IES visitados observamos que la luz eléctrica se mantiene encendida independientemente del tamaño de las ventanas o de la luz natural que entre en la sala. Esto ocurre incluso en las cafeterías. Advertimos que las luces se apagan sólo cuando se proyectan imágenes o vídeos o se hace uso de la pizarra digital.

Se confirma que el diseño y tamaño de las ventanas, tipo de persianas, celosías, etc. ejerce una influencia en el confort térmico y visual, así como en los gastos de mantenimiento del edificio. Se recomienda consultar la publicación original (artículo 4) para mayor comprensión visual de estos aspectos, pues en el artículo publicado, el lector encontrará numerosas fotografías que comparan elementos de edificios tradicionales con otros contemporáneos.

Durante las visitas a los IES pudo observarse la gran diferencia en el diseño de ventanales entre los edificios más antiguos, construidos antes del año 2000, con tamaños y materiales estandarizados, y los modernos, construidos después del año 2000. Seis de los dieciséis IES de nuestro estudio (IES Misteri, Nit de L'Albà, Joanot Martorell, La Foia, Torrellano y Mediterrània) fueron construidos entre 2004 y 2006, todos ellos exhiben diseños actuales y vanguardistas. Algunos han sido premiados en concursos de arquitectura, sin embargo, los retos que deben afrontar los usuarios para mejorar la funcionalidad de ciertos espacios deben ser considerados.

La mayoría de los edificios contemporáneos están diseñados con grandes cristaleras tanto en los espacios comunes como en las aulas. Cumplen en todos los casos las normativas de construcción actuales en las que se especifica que para un espacio de $50m^2$, las ventanas deben ser de un tamaño no inferior al 15% ni superior al 60% del área, como indica la Generalitat Valenciana en las Instrucciones de Diseño Actualizadas (2019). Miembros de los equipos directivos argumentan

que, aunque cumplan la norma, ventanas de grandes dimensiones requieren elementos complementarios más caros, más difíciles de reparar y de manejar por los usuarios.

Algunos de estos edificios de vanguardia combinan muros de hormigón y paredes de cristal sin aperturas para ventilación natural dando lugar a espacios que el profesorado ha dado en llamar “peceras” (Figura 3a). Estos lugares han sido planificados para su uso como cantinas, salas de reunión, bibliotecas, salas de usos múltiples, gimnasios y aseos. Por contraposición, la Figura 3b ofrece una imagen de una cafetería en un centro “tradicional”, construido anteriormente al año 2000, con ventilación cruzada y ventanas de fácil acceso y apertura.



a) Espacio “pecera”. Cafetería sin ventilación natural en un edificio moderno.

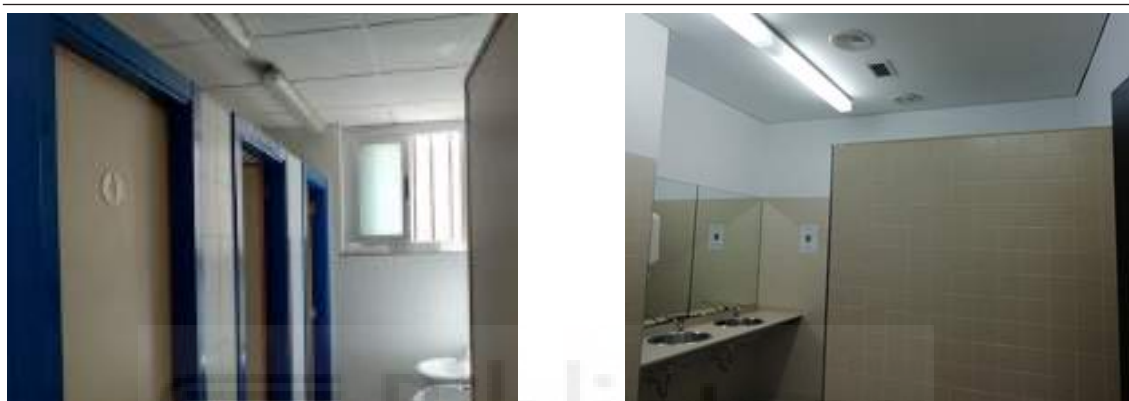
b) Cafetería tradicional con ventilación cruzada, con ventanas de fácil apertura y persianas.

Figura 3. Comparativa de ventanas en cafeterías de IES con y sin ventilación natural.

Un uso masivo de cristal sin ventilación natural presenta considerables contratiempos en espacios educativos de IES públicos. Los equipos directivos entrevistados para este estudio señalan principalmente los siguientes:

- En primer lugar, un aumento de la temperatura en los espacios “pecera”, que hace el lugar inhabitable sin aire acondicionado, sorprendentemente no solo durante los meses de temperaturas elevadas. Este hecho añade costes a los gastos del centro y opera en contra de los intereses de una eficiencia energética.
- En segundo lugar, mencionan dificultades en la limpieza. Se precisa contratar agencias especializadas en trabajos verticales para acceder a las cristalerías, de nuevo aumentando los gastos del centro. Como resultado, muchas de estas zonas quedan sin limpiar durante años, transmitiendo una sensación de abandono y negligencia.

- Todos los aseos en los centros “antiguos” disponen de ventilación y luz natural (Figura 4a). Sin embargo, en los edificios construidos después del año 2000 muchos carecen de apertura al exterior, aunque las posibilidades del edificio lo permitan (Figura 4b). Consecuentemente consumen mayor energía eléctrica para iluminación y ventilación forzada y en muchos casos generan malos olores.

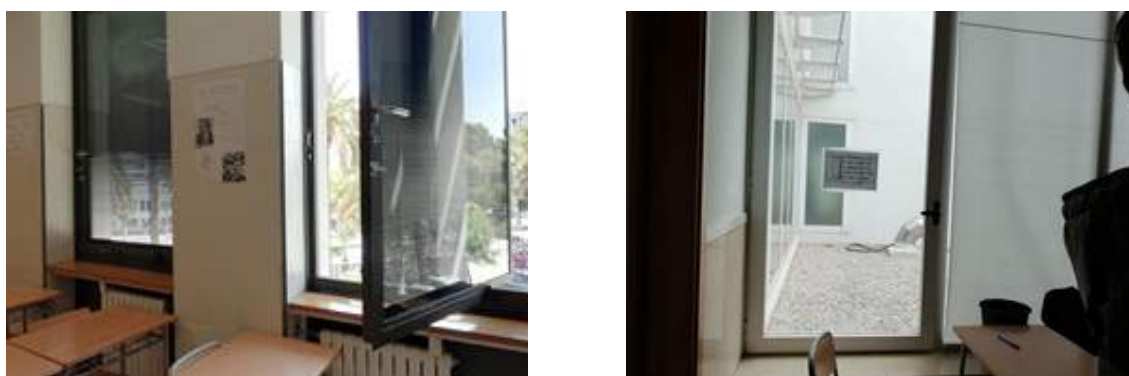


a) Aseo en un edificio tradicional. Ventana exterior permite la entrada de luz y ventilación natural.

b) Aseo en edificio nuevo, sin ventilación ni luz natural

Figura 4. Comparativa de aseos con y sin ventilación y luz natural.

- Los mecanismos de apertura de las ventanas también deben estudiarse con detalle. Las ventanas correderas son más cómodas que las que se sujetan con bisagras. Observamos en IES de Elche, la dificultad que presentan las ventanas con bisagras, puesto que en aulas de 45m², la hoja de la ventana abierta ocupa un espacio donde debe situarse un pupitre y resta visibilidad a la pizarra. Aquellas que tienen grandes dimensiones y abren hacia terrazas y patios interiores generan conflictos a la hora de impedir a los adolescentes su acceso a esas zonas (Figuras 5a y b).



a) Las ventanas con bisagras reducen el espacio útil

b) Ventana con bisagras y acceso a terrazas

Figura 5. Ventanas con bisagras que reducen espacio interior.

5.5.3 Retos según los dispositivos de protección solar

Respecto al confort visual, la discusión gira en torno a la necesidad de oscurecer el espacio según las necesidades de la metodología empleada en cada momento de la sesión de clase, con el fin de evitar reflejos en pantallas y pizarras. En la visita a los IES, observamos que algunas ventanas se cubrían con cartulinas o papeles como solución rápida para reducir la iluminación que entra desde el pasillo o desde el exterior y así mejorar la calidad visual de las proyecciones.

Lamas y celosías fijas que bloquean una visión directa al exterior no son elementos bien valorados por los usuarios ya que transmiten una sensación de encarcelamiento. Se aprecian las vistas a la naturaleza y el paisaje (Ministerio de Educación de Chile, 1999; Mora, 2013), y pesan más las ventajas de las vistas que los inconvenientes de distracción que algunos argumentan. Además, por lo que respecta a reparaciones algunos miembros de equipos directivos argumentan que las persianas y los toldos son más prácticos y los reparan empresas locales, lo que repercute en un mantenimiento más rápido y económico que si hay que arreglar sofisticados estores, persianas venecianas o lamas móviles. Si bien es cierto que en esta cuestión observamos discrepancias entre empresas constructoras, arquitectos e incluso los propios usuarios por lo que consideramos que esta cuestión precisa mayor análisis desde el campo de la neuroarquitectura y neuroeducación y puede ser asunto de investigación para un futuro estudio.

Respecto a los reflejos y obstáculos en la pizarra sólo cabe mencionar que, aunque las metodologías están cambiando y muchas actividades ya no se centran sólo en el profesor al frente del aula, por lo general, en todos los IES visitados los pupitres se disponen de cara a una pizarra. Por tanto, sigue siendo necesario que consideremos cuál es el tipo de pizarra óptima para cada espacio (color, material, situación). Debe evitarse que, si el aula no dispone de varias superficies de escritura, la pantalla de proyección enrollable tape la pizarra cuando se despliegue. Hay aulas donde el proyector se ha sujetado al techo en la zona central, proyectando sobre la pizarra cuando está encendido, anulando el espacio para escritura.

5.5.4 Retos debidos al diseño “en abierto” del edificio

Debido a las condiciones climáticas templadas tanto de Elche como de Benidorm, parecería innecesario mencionar la incomodidad térmica producida por frío, viento o lluvia. Sin embargo, como resultado de las entrevistas y encuestas se observa que ciertas instalaciones, construidas después del año 2000 no protegen de las corrientes de aire, lluvia o cambios bruscos de temperatura entre el aula y los pasillos debido a su diseño, excesivamente abierto. También debe anotarse que,

en la provincia de Alicante, aunque las precipitaciones son escasas, suelen producirse durante los meses escolares, en otoño y primavera como muestra el climograma de la Figura 2.

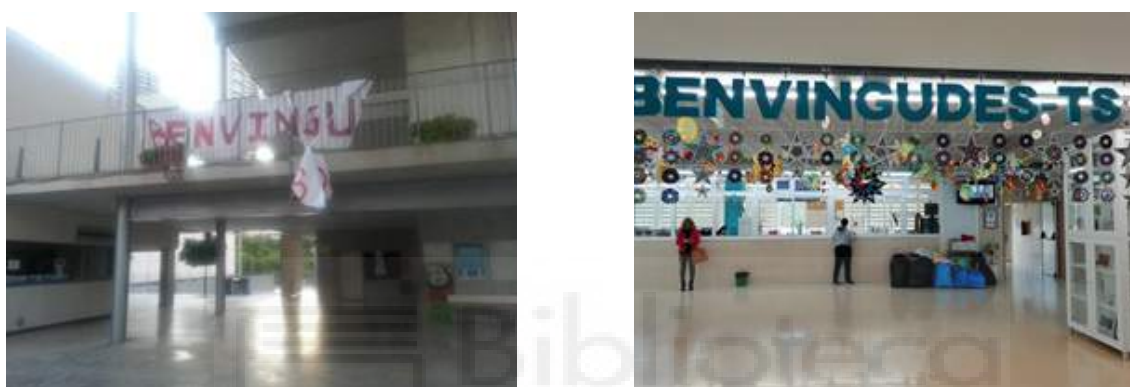
En las guías e instrucciones sobre calidad ambiental se insiste en la necesidad de evitar que suban las temperaturas en el aula e introducir ventilación cruzada, sin embargo, son pocos los trabajos que contemplan las repercusiones que espacios educativos demasiado abiertos tienen sobre las metodologías y la propia salud. En este sentido esta tesis doctoral aporta a la literatura científica la discusión que gira en torno a los retos debidos al diseño “en abierto” de instalaciones escolares.

Los IES, centros que acogen a estudiantes de ESO, Bachillerato y Formación Profesional (FP), pueden tener horarios amplios, desde la mañana a la noche. En aquellos diseños en los que las aulas y otros espacios abren directamente al exterior, desde noviembre a marzo, cada vez que se precisa cambiar de espacio para acceder a aseos, cantina, oficinas o ir a un taller, se obliga al usuario a poner y quitarse ropa de abrigo. Conviene mencionar que las sesiones en estos centros suelen ser de 55 minutos, por lo que cada 55 minutos, en la mayoría de los casos, cambia de ubicación, bien el alumnado o el profesorado o ambos. Todos los usuarios (personal de limpieza, conserjes, familias, profesorado, alumnado, etc.) necesitan desplazarse por las instalaciones con frecuencia, por lo que valoran los diseños que garantizan un confort térmico y cuidan la salud y bienestar. Los problemas con la garganta y la voz son comunes entre el profesorado (Rantala y Sala, 2015; Ubillos et al., 2015) y deben tenerse en consideración.

Por otro lado, edificios excesivamente abiertos restringen la cantidad de “nuevos” espacios de aprendizaje térmicamente confortables. Cuando los pasillos y zonas de tránsito son térmicamente adecuadas pueden transformarse y usarse en las metodologías emergentes, más centradas en el estudiante y en su trabajo en grupo (espacios para grabación de audio o vídeo, trabajo en pequeños grupos de comprensión y expresión oral en lengua extranjera, entrevistas, co-working, ABP, etc.). Estos espacios promueven una educación donde los estudiantes pueden llevar a cabo actividades de forma autónoma (Byers et al., 2018). Los equipos directivos argumentan que la transformación de espacios en instalaciones abiertas resulta más costosa que cuando se realiza en pasillos y zonas de tránsito en edificios con mayor protección de los agentes atmosféricos.

Igualmente, hay un coste añadido para el mantenimiento de los elementos necesarios para la exhibición de trabajos en zonas abiertas al exterior. Estos accesorios no son los de diseño estándar incluidos en la dotación de la Conselleria (tablones de anuncios, vitrinas, etc.) y por tanto

resultan más caros y su mantenimiento es más complejo. Un esfuerzo adicional en creatividad es necesario para adaptar las exposiciones a espacios a la intemperie. Sin duda, las posibilidades para la exhibición de trabajos en interiores son superiores. Obsérvese la diferencia entre el hall de entrada de un edificio abierto (Figura 6a) y un edificio cerrado (Figura 6b). De acuerdo con los profesionales entrevistados, esto influye en la motivación del profesorado y la metodología que desea emplear.



a) Vestíbulo de acceso en instalaciones abiertas, donde el viento destroza los materiales expuestos.

b) Vestíbulo de acceso en instalaciones cerradas, decorado con trabajos del alumnado.

Figura 6. Comparativa de vestíbulos en edificio de diseño “abierto” o tradicional.

5.5.5 Relación de ODS y recomendaciones vinculadas con los espacios educativos

A continuación, en la Tabla 6 enlazamos los ODS de la Agenda 2030 con nuestras recomendaciones para avanzar hacia una educación para el desarrollo sostenible en IES públicos.

Tabla 6: Relación de ODS y recomendaciones

ODS	Recomendación para hacer el espacio educativo más sostenible
ODS 3. Salud y Bienestar	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el diseño de espacios sin ventilación natural. • Evitar corrientes de aire con el fin de proporcionar confort térmico en pasillos y zonas de tránsito entre aularios. • Proteger las zonas de relación social de la lluvia o sol intenso. • Habilitar sistemas de oscurecimiento de las salas que cuiden la calidad visual y la salud ocular. Usar persianas de colores claros.

- Favorecer el contacto visual con la naturaleza con el fin de evitar la sensación de encarcelamiento.

ODS 7: Energía asequible y no contaminante

- Promover y experimentar el uso de energías renovables en IES (placas fotovoltaicas y energía eólica) como modelos para ser usados en otras instalaciones públicas o privadas.
- Disminuir el consumo de combustibles fósiles. Establecer una zonificación funcional del edificio con el fin de optimizar el encendido de las calderas.
- Construir edificios energéticamente eficientes y en la medida de lo posible autosuficientes.

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura

- Considerar la necesidad de infraestructuras TIC y anticiparse a su rápida evolución.
- Invertir en equipamiento eco-bio-sostenible.
- usar recursos locales en materiales y construcción. Buscar empresas locales para toldos y persianas.
- Impulsar los edificios educativos como modelos de infraestructuras resilientes y sostenibles.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

- Aumentar la planificación participativa.
- Llevar a cabo talleres de Design Thinking con los agentes involucrados.
- Promover transporte sostenible.

ODS 12: Producción y consumo responsable

- Reducir el consumo eléctrico sustituyendo las luminarias tradicionales por bombillas LED. Instalar detectores de presencia en las zonas de tránsito y aseos.
- Incentivar estilos de vida en armonía con la naturaleza. Apoyar iniciativas para desarrollar huertos escolares.
- Educar para limitar el consumo y reducir residuos mediante actividades para prevenir, reducir, reusar y reciclar.
- Usar el plan de vertido de residuos durante la construcción o rehabilitación de infraestructuras.

- Alentar a las empresas del sector público a adoptar buenas prácticas de sostenibilidad. Arquitectos, diseñadores, ingenieros, deben ser conscientes de que los presupuestos en educación son siempre moderados y por tanto sus diseños deberían ser creativos con el fin de facilitar los gastos de arrastre y mantenimiento del edificio (reparaciones, limpieza, consumo de energía, etc.)

ODS 13: Acción por el clima

- Sensibilizar a la comunidad sobre el aumento de temperaturas, sequía y desertización del SE de España.
- Animar a vestir adecuadamente con el fin de adaptarse a la temperatura del espacio y evitar el abuso de aire acondicionado o calefacción.
- Poner en práctica programas ECO-educativos en todas las asignaturas y niveles.

ODS 4. Educación de Calidad

Todas las medidas citadas redundan en una educación de calidad donde las instalaciones actúan, también, como agentes educativos. En el espacio escolar los estudiantes adquieren conocimientos que van más allá de los conceptos teóricos con el fin de promover un cambio en sus actitudes que facilitará el avance hacia objetivos de desarrollo sostenible.

No debemos cesar en los esfuerzos por conseguir infraestructuras más sostenibles. La Agenda 2030 nos invita a informar sobre los aspectos que deben evolucionar, evitando repetir errores y averiguando y replicando el éxito de las iniciativas que funcionan.

5.6 Resumen extendido de los resultados y discusión del artículo 5 “Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces”

Por último, la discusión expuesta en la publicación número 5 profundiza en algunas de las cuestiones señaladas en capítulos anteriores.

El artículo 5: “Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces” hace referencia más específicamente al municipio de Elche, las necesidades generadas por 10 años de espera para la construcción del nuevo IES y frutos que esta tesis doctoral, con una metodología de investigación-acción está aportando a dicha comunidad educativa, como son pequeños cambios en la cafetería y baños (apertura de ventanas) del nuevo IES y modestas transformaciones que con presupuestos muy limitados pueden llevarse a cabo en IES que desean ampliar sus espacios. Se presenta el caso de actividades de Aprendizaje y Servicio desarrolladas por la Escuela de Arte y Superior de Diseño de Alicante (EASDA) con el IES Severo Ochoa y el equipo UMH.

Los principales retos a mejorar, detectados en los IES de Elche son la falta de espacio y necesidad de versatilidad, la mejora en integración de TICs y metodologías activas y la conveniencia de resolver la brecha en sostenibilidad.

5.6.1 Necesidad de espacio

La necesidad de espacio es tal que cualquier compartimento en mínimas condiciones ambientales es transformado en espacio de aprendizaje, de ahí que la versatilidad en el diseño deba considerarse una prioridad.

Los entrevistados de los quince IES de Elche alegaron falta de espacio y necesidades de versatilidad incluso antes de las exigencias provocadas por la alerta sanitaria. Los equipos directivos argumentan que si el edificio dispusiera de más espacio (interior o exterior) susceptible de ser transformado en espacio de enseñanza-aprendizaje, bajo condiciones razonables, la atención a la diversidad podría mejorar, más programas podrían impartirse y algunos grupos podrían reducir sus ratios. Todo ello contemplado de lleno en el ODS 4. En la publicación original se detallan razones por las que a los IES les falta espacio desde el mismo momento de la entrega de llaves.

En algunos centros, incluso vestuarios o aseos han sido transformados en seminarios o salas para atender a familias o alumnado. “Puede que no sean las mejores condiciones, pero es una

solución para momentos específicos” nos dice un miembro de la dirección X, refiriéndose al espacio ilustrado en la Figura 7b. Esto sólo es posible cuando las condiciones de luz y ventilación son apropiadas. Consecuentemente, en apoyo de la versatilidad y flexibilidad y en beneficio de metas del ODS 3, este equipo de investigación desaconseja el diseño de espacios sin ventilación natural como los que hemos encontrado en centros de diseño vanguardista Figura 7a.



a) Espacio “zulo”, sin luz ni ventilación natural, usado como almacén.

b) Almacén/aseo transformado en espacio educativo.

Figura 7. Comparativa de espacios “zulo” y espacios con ventilación natural.

Parece esencial que los miembros de estudios de arquitectos y diseñadores de un IES conozcan de primera mano el funcionamiento de los programas escolares y no sólo la normativa técnica y numérica que proporciona la Administración educativa para la construcción del espacio. Esto ofrecería mayor versatilidad y funcionalidad, incluso para los espacios que no figuran inicialmente en los planos como espacio para uso académico (López Chao, 2016). A lo largo de nuestra investigación, hemos observado que un profundo conocimiento del funcionamiento interno de los IES se adquiere promocionando y asistiendo a talleres multidisciplinares de Design Thinking y empleando técnicas de investigación-acción participativa.

Las técnicas participativas aplicadas en estas reuniones y talleres multidisciplinares favorecen la empatía y una mayor comprensión de las necesidades de los usuarios. Sin embargo, implicar a todos los agentes en análisis participativos no es tarea fácil. Las herramientas y métodos utilizados en estos talleres de Design Thinking (Brown, 2009 Tonhauser, 2015; Tschimmel, 2012) sorprenden a algunos de los participantes. Además, estos métodos, pueden parecer, de entrada, más lentos, ya que se intenta llegar a consensos. Parece ser que para la Administración es más urgente la

construcción y finalización de obras que examinar su funcionalidad y sostenibilidad para no repetir errores de construcciones anteriores. Recomendamos a los agentes implicados en las tomas de decisiones que inviertan más tiempo y recursos en la comprensión de las necesidades de los usuarios a través de la evaluación de espacios ya construidos.

Es conveniente acentuar que los equipos directivos y el profesorado en general insisten en que no están en contra de diseños vanguardistas y creativos, sin embargo, para construir espacios educativos sostenibles, los arquitectos, ingenieros, constructores, etc. deberían mantener un diálogo fluido, abierto y significativo con los usuarios de los IES. Encontramos recomendaciones pertinentes en todas las guías para el diseño de arquitectura escolar, algunas tan claras como las incluidas en la Guía para el diseño de espacios educativos publicada para la optimización de las inversiones en infraestructura escolar en Chile en 1999: “El diseño de la institución educativa debe seguir un sistema de construcción que conlleve simplicidad. Los requerimientos prioritarios son: alta durabilidad de los materiales, bajo coste de mantenimiento y sustitución. El uso de materiales únicos, técnicas o....debe evitarse ...”. La Generalitat Valenciana también publica guías para el diseño de edificios escolares, la última en julio de 2019. Sin embargo, no dejan de ser recomendaciones que no siempre se siguen, como esta Tesis doctoral pone de manifiesto.

5.6.2 Mejora en integración de TICs y metodologías activas

En las últimas décadas se han llevado a cabo grandes esfuerzos para abastecer a todos los centros con elementos multimedia e infraestructuras para las TIC (Firmin y Genesi, 2013; Mayoral et al., 2019; Mingaine, 2013). Y aunque hemos comprobado que todavía predomina una educación centrada en la clase magistral, se van implementando gradualmente metodologías activas.

Sí es cierto, que, tanto en las metodologías centradas en el estudiante como en la clase magistral, el docente emplea tecnología multimedia. Todas las aulas están equipadas con un ordenador, proyector y altavoces. El uso que de ello se hace depende del profesor individual. No obstante, cabe destacar que esta no es una cuestión que obedezca sólo a la voluntad o formación del profesorado. Los docentes experimentan numerosos retos a la hora de hacer uso de las TICs en su aula en los IES. En primer lugar, aunque en la mesa del profesor encontremos un ordenador, con mucha frecuencia no funciona o la conexión a internet es deficiente, o no es posible la proyección o el sonido no es nítido. Los equipos directivos manifiestan la necesidad de más apoyo logístico y personal técnico que pueda ofrecer un mantenimiento de las instalaciones tecnológicas. Los docentes participan en cursos de formación continua y son conscientes de los beneficios

de la transformación de metodologías y espacios para implementar métodos pedagógicos más actuales. Sin embargo, existe una gran brecha entre lo que el profesorado y equipos directivos aprenden en los cursos de formación y lo que está en sus manos poder implementar cuando vuelven a la realidad de sus IES.

La nueva situación generada por la COVID-19 después de marzo de 2020 puso a prueba los métodos usados hasta entonces y aceleró estrategias de enseñanza-aprendizaje a distancia, que precisaban altos niveles de competencia digital. Con todas sus dificultades y problemas, la “nueva normalidad” a partir de septiembre de 2020, condujo a progresos espectaculares en la enseñanza a distancia y semipresencial. En adelante, debido sobre todo a las necesidades generadas por la pandemia, el aprendizaje virtual y semipresencial tendrá un gran impacto. Insistimos en que la conectividad y las TICs deben reforzarse y mejorarse en todos los niveles y centros educativos y esto supone contratar a personal técnico para el mantenimiento y asesoramiento de equipos directivos y profesorado. No es suficiente con unas horas asignadas a un profesor de informática para la asesoría TIC y la comunicación del profesorado con el SAI (Soporte y Asistencia Informática) a distancia no es suficientemente fluida.

Los equipos directivos manifiestan que los presupuestos son siempre muy limitados y que deben afrontar numerosos obstáculos burocráticos si la transformación del espacio es significativa y requiere consulta con arquitectos e ingenieros.

5.6.3 Brecha en sostenibilidad

Una de las preguntas que nos planteamos para la investigación era ¿En qué medida se están implementando las recomendaciones de sostenibilidad que se reflejan en guías para infraestructuras escolares nacionales e internacionales en la construcción y reforma de los espacios estudiados? ¿Existe brecha entre la teoría y la práctica, es decir, la construcción que finalmente tiene lugar?

El ODS 4, en su meta 4.7 propone replantear todos los espacios de aprendizaje (virtual y físico) con el fin de impulsar metodologías más centradas en el estudiante, para que se tomen decisiones de manera más colaborativa, se haga uso de las competencias globales y tenga lugar una rendición de cuentas o co-responsabilidad más acorde con un mundo sostenible. Este es un enfoque holístico de la sostenibilidad que enlaza el medio ambiente con la economía y la sociedad (Benayas et al. 2017; Hernández-Barco et al., 2020; UNESCO, 2020), tal como se detalla en la guía “Education for Sustainable Development: A Road Map”, publicada por la UNESCO en 2020 y que

poco a poco se está empezando a generalizar.

Esta “nueva” educación sigue los principios de directrices publicadas en informes y guías (Benayas et al. 2017; Breiting et al., 2005) con el fin de preparar al alumnado para que se identifique con un ciudadano global responsable y formarle para que adquiera no sólo habilidades académicas sino también técnicas de pensamiento crítico y participativo que les ayudarán a aumentar sus habilidades a la hora de resolver problemas, fomentando la cooperación. El ejemplo más próximo de estas políticas y recomendaciones es la Guía Didáctica de los ODS (2021) remitida por la Conselleria de educación GVA a todos los centros educativos en mayo 2021, animando al profesorado a que implemente actividades transversales que den difusión a los ODS.

De los resultados de esta Tesis doctoral se constata que, sin duda, existe una brecha entre la realidad presente en el diseño de los edificios escolares y los enfoques de educación sostenible vigentes en las directrices de la Agenda 2030. La teoría reconoce que el diseño de los edificios educativos, incluyendo los patios de recreo, las pistas deportivas, las zonas de acceso, desempeñan un papel importante a la hora de transmitir el currículo oculto que va más allá de los programas educativos (Ariani y Mirdad, 2016; Crampton, 2009) y educa en eficiencia energética, cambio climático, responsabilidad financiera, cuidado por la naturaleza, etc. (European Schoolnet Report, 2017; Rocca et al., 2012).

A continuación, figuran algunas de las preguntas usadas en el cuestionario con el fin de recoger datos respecto a estos asuntos. Un mayor detalle de las preguntas puede consultarse en el Anexo 2.

- ¿Se usan energías renovables para los sistemas de calefacción y aire acondicionado? SI/NO.
- ¿Se usan placas solares para calentar el agua de las duchas? SI/NO.
- ¿Existe un sistema para reciclaje de aguas grises o recogida de aguas pluviales para el riego de jardines? SI/NO.
- ¿Existen sistemas para la reducción de consumo eléctrico (sensores, programadores, luminarias LED)? SI/NO.
- ¿Se fomenta el reciclaje en el proyecto educativo y existe fácil acceso a todo tipo de contenedores (papel, plástico, vidrio, pilas, desechos electrónicos, etc.)? SI/NO.

La respuesta a las tres primeras preguntas fue “NO” en el 100% de los casos. Para el funcionamiento del sistema de calefacción, hasta el momento de la publicación del artículo 5, se usaban combustibles fósiles (gas natural y gasoil) en todos los IES estudiados. Los directores/as aluden a las barreras existentes hasta el momento para la instalación de placas fotovoltaicas; Citamos el comentario del director/a del centro X en 2018: “El edificio dispone de una enorme cubierta plana, ideal para la instalación de paneles solares. Hemos pedido autorización para su instalación, pero se nos ha denegado”. Aunque la normativa en España está cambiando, las instalaciones del nuevo IES, cuya entrada en funcionamiento está prevista para 2022, a día de hoy, no cuentan con la instalación de sistemas de energías renovables.

Igualmente, los equipos entrevistados informan sobre problemas derivados de una falta de potencia energética. Muchos edificios, incluso aquellos construidos después del año 2000, no fueron diseñados para satisfacer las necesidades generadas por las tecnologías (enchufes, proyectores, altavoces, pizarras digitales, numerosos ordenadores, de sobremesa y portátiles) o el incremento de potencia eléctrica que supone la instalación de ventiladores y unidades de aire acondicionado. Este hecho repercute en que, aunque puedan conseguirse más dispositivos, se vea restringida su instalación con el fin de evitar una caída de la red.

En el resumen de la discusión del artículo 4, ya se comentó, en parte, las implicaciones que espacios con grandes paredes de vidrio ocasionan. Estos espacios no se benefician de una ventilación cruzada, haciendo necesario el uso de aire acondicionado incluso en meses de invierno. Cuando ese es el caso, los gastos de mantenimiento del edificio se incrementan. Aunque, más significativos, son los problemas de salud que puede ocasionar una deficiente ventilación en los usuarios de esos habitáculos (Turunen et al, 2013; Wargocki y Wyon, 2017). Si la calidad ambiental de los edificios escolares ya era considerada de importancia (Dorizas et al., 2015; Turunen et al, 2013; Ré et al., 2017; Toyinbo et al., 2016; Mumovic et al., 2009; Pallarés et al., 2019; Mihai y Iordache, 2016; Saraiva et al., 2018), con la alerta sanitaria se convirtió en crucial (Generalitat Valenciana, Protocolo COVID, 2020; Minguillón et al., 2020). De hecho, estos espacios no cumplen la normativa incluida en el Protocolo COVID-19 (Generalitat Valenciana, 2020) si no se instalan filtros purificadores. Durante el año académico 2020-21, la normativa COVID-19, enfatizó estos requerimientos. La “Guía para la ventilación de las aulas” publicada en octubre 2020 señala directrices muy claras y concluye diciendo que el riesgo de infección disminuye cuando se abren las ventanas y se renueva el aire (Minguillón et al., 2020).

La incorporación de la naturaleza, así como mobiliario ergonómico en los espacios educativos tanto de interior como de exterior también es un hecho recomendado en las guías actuales. Se invita a evitar el diseño carcelario (Hughes y Morrison, 2020) y a plantear espacios más naturales, amables y confortables para alentar en los adolescentes un comportamiento más cívico, igualitario y concienciado. Está demostrado que incorporar naturaleza reduce el estrés y mejora el respeto al medio ambiente (Mozaffar y Mirmoradi, 2012). Esta es una parte importante del currículo oculto de los nuevos espacios de aprendizaje y puede ser de gran ayuda a la hora de crear un clima educativo positivo y amable (Berman et al., 2008; Hare y Dillon, 2016; Mora, 2013; Mozaffar y Mirmoradi, 2012).

En los espacios exteriores constatamos que aumenta el interés por los huertos escolares y su uso como una herramienta interdisciplinar en una EDS. No obstante, los miembros de los equipos directivos argumentan que es difícil integrar los objetivos académicos de los currículos de secundaria en estas actividades. Las visitas in situ constatan que el uso de estos espacios es tan sólo puntual y muy a menudo limitado al entusiasmo de profesores individuales, que adaptan su programa a un grupo específico y curso académico sin continuidad en el tiempo, quizás porque son interinos y se les traslada a otro IES o quizás porque al curso siguiente, se ven obligados a impartir otras asignaturas para cubrir necesidades de plantilla.

Los efectos positivos de la naturaleza y elementos inspirados en ella deben optimizarse, más incluso después de la COVID-19. Acondicionar y aumentar espacios de aprendizaje con el fin de que se beneficien de los efectos positivos de la naturaleza y elementos inspirados en ella, ayuda a cumplir metas de los ODS y es uno de los objetivos de la experiencia de Aprendizaje y Servicio que queda detallada en el artículo 5.

5.6.4 Experiencia de Aprendizaje y Servicio entre la Escuela de Arte y Superior de Diseño de Alicante y el IES Severo Ochoa de Elche

Es práctica común que en los IES se desarrollen transformaciones de espacios mediante proyectos solidarios donde la dirección del centro aglutina a estudiantes, profesorado, asociación de padres y madres, antiguos alumnos o familiares para que participen y hagan aportaciones, económicas o prestando servicios. Estos cambios son modestos y de perfil bajo, se limitan, principalmente a pinturas en las zonas de tránsito, reciclaje de mobiliario para bibliotecas, adecuación de las salas de usos múltiples (tarimas, antiguas butacas de cines), acondicionamiento de espacios exteriores, etc. Bajo estas circunstancias la directora de uno de los IES de Elche se

puso en contacto con nuestro equipo de investigación con el fin de recabar ideas para resolver sus problemas de espacio bajo una mínima inversión.

Con estas iniciativas, comprobamos que nuestra investigación-acción estaba dando frutos. El proceso de investigación acción participativa que habíamos iniciado en 2017, tenía el doble propósito de adquirir conocimientos sobre la transformación de espacios para transmitirlos a planificadores y arquitectos y, como su propio nombre indica, investigación-acción, a la vez inspirar a los equipos directivos de IES y profesorado a tomar la iniciativa de sus propias transformaciones. Las necesidades del IES Severo Ochoa se centraban en crear en sus espacios exteriores zonas de aprendizaje donde desarrollar un proyecto medioambiental alineado con los ODS, implementando metodologías activas incluso bajo las limitaciones de la alerta sanitaria provocada por la pandemia de la COVID-19. Nuestro equipo de investigación, actuando como enlace, sugirió una alianza entre dos centros, la EASDA y el IES Severo Ochoa, y se comprometió a conducir los talleres de Design Thinking que fomentaran la participación de múltiples agentes.

La distancia social y las limitaciones sanitarias del curso 20-21 restringieron de manera importante las actividades y número de participantes. No obstante, durante el proceso, profesorado y alumnado del IES aportó sus necesidades y tomó consciencia de las dificultades de obtener resultados a corto plazo. Por otro lado, profesorado y estudiantado de la EASDA pudieron practicar en un entorno real los conocimientos conceptuales de su currículo y aplicarlos al diseño de un aula exterior. La experiencia se llevó a cabo usando técnicas de participación, donde estudiantes y profesorado de ambas escuelas se involucraron en la consecución de innovación de espacios de una manera democrática. Nuestro equipo de investigación coordinó la experiencia y los estudiantes de la EASDA presentaron un nuevo espacio, "BIO-CLASS" (Figura 8) para ampliación del IES Severo Ochoa.



Figura 8. Proyecto Aula "BIO-CLASS", ganador en el concurso para consolidar un espacio exterior de aprendizaje en el IES Severo Ochoa de Elche. Diseñado por una estudiante del Grado en Diseño de Interiores, de la EASDA, ajustado a un presupuesto de 3000€.

Este proyecto cubre 10 ODS y 21 metas de la Agenda 2030. Información detallada de los pasos seguidos para la implementación de esta actividad, así como la tabla que relaciona los ODS, las metas y los resultados de la experiencia de ApS pueden consultarse en la publicación 5.



6. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS



6. CONCLUSIONES

A continuación, enumeramos las aportaciones y conclusiones más relevantes derivadas del trabajo de investigación llevado a cabo para la presente tesis doctoral.

1. Existe un amplio consenso en la literatura científica sobre los avances que la transformación de espacios implica para la innovación educativa. Sin embargo, son pocos los estudios que evalúan y hacen un seguimiento de esas transformaciones, tanto de instalaciones reformadas como de nuevas construcciones. La presente investigación permite añadir a la literatura científica existente más evidencias para ese análisis de los espacios y cómo influyen, no sólo en la innovación metodológica sino en cuanto al mensaje que el edificio transmite para la consecución de objetivos de desarrollo sostenible, sobre todo los relacionados con la salud, la educación de calidad, la eficiencia energética y la participación democrática.
2. Se constata que, en contadas ocasiones, para el diseño de nuevos IES se hace uso de metodologías participativas con el fin de conocer las necesidades de los diferentes usuarios, empatizando con las partes interesadas e intentando aunar los intereses de todos. Las dificultades a la hora de transmitir las necesidades pedagógicas de los actuales procesos de enseñanza aprendizaje a los responsables de las tomas de decisiones en construcción escolar desembocan en futuros conflictos entre el espacio y sus usos. Este hecho obliga a las direcciones a llevar a cabo adaptaciones posteriores para que las instalaciones sean funcionales.
3. Este estudio se fundamenta en una metodología de investigación-acción participativa con un enfoque centrado en las personas que nos ha conducido a un empleo extensivo de talleres de Design Thinking. Las técnicas y métodos empleados en dichos talleres, con el objetivo de co-crear espacios innovadores y sostenibles, han demostrado su validez y eficacia para aportar ideas y sugerencias desde perspectivas muy distantes. Constatamos que el ambiente dinámico, optimista y lúdico en el que se basan estas técnicas favorece la comunicación, interacción y diálogo entre participantes de distintos sectores y jerarquías. Son una manera de transmitir empatía y aunar intereses, sensibilizando a todos los agentes de la co-responsabilidad en alcanzar soluciones óptimas que sean deseables para los usuarios, factibles en términos operativos y económicamente viables y sostenibles. La experiencia que ofrecen técnicas de investigación-acción participativa son, sin duda, un

paso adelante en el intento de conseguir una mejor coordinación entre departamentos, administraciones y agentes involucrados en la construcción y reforma de espacios educativos públicos. Y una manera de que profesorado, alumnado y equipos directivos perciban que se les escucha.

4. Destacamos que en el pasado el diseño del edificio escolar, en cuanto a acústica en interiores se refiere, no tenía la significación que adquiere hoy en día, ya que las clases se centraban en el profesor y se empleaba una metodología predominantemente magistral, consecuentemente las tareas eran más silenciosas. Hoy en día, se fomentan actividades que dan mayor autonomía al estudiante. Además, el hecho de que coincidan en los IES grupos con edades e intereses muy dispares hace necesario reparar en que debemos procurar que las condiciones acústicas de los espacios donde se llevan a cabo actividades menos silenciosas, especialmente música y deportes, no sean impedimento para que en aulas adyacentes tengan lugar otras tareas que requieren mayor concentración. Merece especial atención el estudio de caso en el IES Mediterrània de Benidorm.
5. Respecto al confort térmico, comprobamos que modelos de edificios vanguardistas, en los que se emplea extensivamente el cristal y hormigón, con espacios con poca o ninguna ventilación natural, no son térmicamente confortables en IES públicos, pues obligan a la instalación de aire acondicionado (para el que no hay presupuesto), generan problemas de malos olores y pueden ser causa de enfermedades. Ya se hacía referencia a este hecho en el artículo 4, publicado con anterioridad a la alerta sanitaria. La pandemia de la COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia de revisar las instrucciones respecto a ventilación. No obstante, no se debe caer en el extremo opuesto, pues, en condiciones normales, resulta igualmente incómodo trabajar en espacios expuestos a las corrientes de aire y a la lluvia. En esos casos, cuando el edificio escolar no dispone de pasillos cerrados y áreas de tránsito protegidas de los elementos meteorológicos, se ven limitadas las metodologías de enseñanza-aprendizaje, y, la exposición de trabajos, si llegan a realizarse, tiene costes más elevados.
6. La crisis económica de principios del siglo XXI junto con la crisis sanitaria provocada por la pandemia de la COVID-19 aceleran la necesidad de optimizar la inversión económica que se lleva a cabo en espacios educativos. En España, la Administración local se encarga del mantenimiento de los colegios de infantil y primaria e incluye una partida en el presupuesto

para reparaciones, electricidad o calefacción de las escuelas. Sin embargo, los IES son propiedad de la Administración Autonómica (Valencia). Los estudios de arquitectura y diseño, las constructoras y especialmente la Administración Educativa, a través de sus departamentos de infraestructuras escolares, deberían tener en consideración que una vez se finaliza la obra de un IES, la dirección deberá gestionar complejos procesos administrativos para cubrir los gastos de arrastre de las instalaciones o proponer cambios para conseguir resultados más sostenibles.

7. Los edificios escolares deberían ser modelo de prácticas sostenibles. Las instalaciones de los IES deben participar en el proceso de enseñanza aprendizaje como un elemento activo y dinámico, es decir, debemos darle al edificio un rol educativo. Si le designamos este rol educativo, tenemos la responsabilidad de hacer que las aulas, las paredes, los techos, las ventanas, transmitan los valores en los que deseamos educar. La sostenibilidad debe ser un valor esencial. En el artículo 4 relacionamos los ODS con recomendaciones para avanzar hacia una mayor sostenibilidad en los IES públicos. Educar en desarrollo sostenible es tarea de todos y todo, incluso del edificio escolar. Existe una disonancia entre las recomendaciones que figuran en las guías de construcción sostenible, los proyectos curriculares y educativos y la realidad que comunican buena parte de las infraestructuras en los IES públicos objeto de estudio. Esta brecha es incluso más significativa en los modelos vanguardistas.
 8. La conectividad y las TICs deben reforzarse y mejorarse en todos los niveles y centros educativos. En aras de la versatilidad y flexibilidad, todos los espacios del edificio escolar deben entenderse como espacios de aprendizaje que pueden precisar conexión, cableado y enchufes. El profesorado participa en cursos de formación continua y son conscientes de los beneficios de la transformación de metodologías y espacios para implementar técnicas más actuales. Sin embargo, existe una gran brecha entre lo que el profesorado y equipos directivos aprenden en los cursos de formación y lo que está en sus manos poder implementar cuando vuelven a la realidad de sus IES.
 9. El proceso de investigación-acción participativa llevado a cabo para esta tesis doctoral está dando resultados inmediatos en la transformación de espacios próximos. Aunque los logros son modestos, no dejan de ser un avance hacia una educación sostenible. Así pues, consideramos fruto de esta investigación los cambios introducidos en la ventilación
-

para la cafetería y baños del nuevo IES en construcción en Elche, así como la alianza surgida entre la EASDA y el IES Severo Ochoa a través de una experiencia de ApS. Además de estos logros, la EASDA ha puesto en marcha una metodología para que su alumnado de Diseño de Interiores lleve a cabo proyectos que tengan una repercusión directa en espacios reales.



6. CONCLUSIONS

Based on the findings of the investigation, the following relevant contributions and conclusions can be put forward:

1. In the scientific literature, there is a broad consensus on the benefits that transforming learning spaces can imply for innovation in education. However, there are few studies regarding assessment and follow-up of both new school buildings or refurbishing of learning spaces in operating schools. The present study adds to the existing literature more evidence on how the design of learning spaces influences not only methodological innovation but also how the message transmitted by the building can help achieve SDGs, especially those concerning health, energy efficiency and democratic participation.
2. In the design of new public high schools (IES), evidence shows that on few occasions, if any, participatory methods are used. Consequently, the space built can come into conflict with the educational objectives of the institution or the health and wellbeing of the users, requiring adaptations to make the facilities functional.
3. The investigation used a participatory action-research methodology based on a human centred approach which led us to explore and implement techniques of Design Thinking for co-creating innovative and sustainable learning spaces. These techniques have proved their effectiveness contributing insights from distant points of view. The dynamic and optimistic atmosphere created by the Design Thinking techniques favoured communication, interaction, and dialogue amongst the stakeholders during the workshops. All participants noticed the importance of not limiting views influenced by their academic discipline or status. After the experience, participants were more empathetic and aware that optimal solutions must not only be desirable for users, but also operationally achievable and financially sustainable. Through this methodology, students, teachers, and head teams perceive that their voices are being heard.
4. Regarding acoustic issues, it is important to underline that in the past classes were predominantly teacher centred. Activities in a master class were more silent. Present methodologies are more student centred, dynamic, and very often noisier than before. We must also bear in mind that in a Spanish public high school there are students of different ages and diverging demands and interests. Learning spaces should be designed to ensure that activities taking place in one area will not interfere or be a bother for users

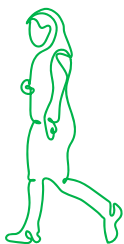
of adjacent rooms that may be writing exams or implementing tasks that require more concentration and less noise tolerance. Special attention deserves the case study of IES Mediterrània in Benidorm.

5. Concerning thermal comfort, the investigation concludes that contemporary, trendy designed spaces, with glass and concrete walls that are not provided with natural ventilation are not comfortable in public IES, since air conditioning is needed, adding an extra operating cost to the schools' budget. In toilets this also creates smell issues. The sanitary alert COVID-19 has enhanced the need of updating the regulations concerning ventilation. However, we should not fall into the opposite end. Under normal conditions, it is equally uncomfortable to work in spaces exposed to drafts and rain. This in turn, can also lead to health problems. Teachers and students very often feel thermal discomfort if the building does not have enough indoor spaces. This fact also limits the teaching methodology, project work display and exhibitions are restricted and more expensive if they do take place.
6. The economic world crisis of the beginning of the 21st century along with the sanitary crisis due to COVID-19 urges the need to optimize the economic investment made in educational spaces. In Spain, the local Administration (municipal), is in charge of the maintenance of primary schools and so each town hall has a budget to pay for the repairs and energy consumed (electricity, gasoil). However, public high schools are property of the Regional Administration (Valencia) and it operates differently. Architects and designers, and especially the proper infrastructure departments of the regional Educational Administration, should bear in mind that once the construction works of a new school are finished and the school building is handed over to the head team, principals must handle complex administrative processes to cover maintenance costs or propose changes to achieve more sustainable outcomes.
7. School buildings should be models for testing examples of sustainable development. Educational buildings should participate in the teaching-learning process as an active and dynamic element, not just as containers or receptacles that accommodate the educational community. If we assign this "teaching" role to the building, we have the responsibility to make the rooms, the walls, the ceilings, the windows, transmit the values in which we wish to educate. Sustainability should be an essential value. In article 4 we

link our recommendations with SDGs in order to move towards a greater sustainability in high school buildings. An education for sustainable development is the responsibility of all, even of the building. There is a huge gap between the sustainability education that is reflected in didactic programs and building guides and the reality that most of the targeted school buildings communicate. This gap is even greater in modern schools investigated in this study.

8. Connectivity and ICT infrastructure should be upgraded in all schools. In pursuit of versatility and flexibility, all school spaces should be considered learning spaces that may need wiring, sockets, plugs, etc. Teachers participate in training courses and are aware of the benefits of updating their methodologies. However, many principals, leading teams, and teachers that are willing to innovate find there is a great gap between what they learn in courses and in-service training and what is in their power (and budget) to change.
9. The process of participatory action-research used for this investigation is generating immediate results in the area of Elche regarding punctual changes in learning spaces. Although modest, they are a sign of progress towards a sustainable education. Due to discussion of these issues, participating members in our team were able to integrate modifications in the layout plans of the new high school. The amendments were associated with an increase of natural light and ventilation in the cafeteria and bathrooms of the new school building (before COVID-19). We also highlight the alliance between IES Severo Ochoa and EASDA by means of a Service-Learning project. Furthermore, EASDA school is changing the methodology used in their Interior Design programs seeking a much more student-centred approach with active projects pursuing results in the real world.





7. PERSPECTIVAS DE FUTURO



7. PERSPECTIVAS DE FUTURO

El presente trabajo ha dado algunos pasos en la evaluación y análisis de espacios educativos innovadores y sostenibles en centros de enseñanza secundaria públicos, pero es obvio que queda mucho camino por recorrer. Se sugiere profundizar en los siguientes campos:

1. Promover estudios que ahonden en la evaluación de espacios construidos. Investigaciones que indaguen en la comprensión de las necesidades de todos los agentes involucrados (usuarios y planificadores) a través de la evaluación de los IES de nueva construcción. En nuestra experiencia hemos podido constatar que los métodos de investigación participativa han sido más fáciles de implementar para la renovación de espacios modestos, de perfil bajo, en centros en funcionamiento, que para el diseño de IES de nueva construcción. Las causas de estas dificultades quedan fuera del ámbito del presente documento. No obstante, percibimos que para la Administración es más urgente la construcción y finalización de obras que examinar su funcionalidad y sostenibilidad con el fin de no repetir errores de construcciones anteriores. Obviamente, son las obras nuevas las que encabezan grandes inversiones económicas (más de 11 millones de euros han sido adjudicados a la construcción del nuevo IES de Elche (Plataforma de Contratación del Sector Público, 2020), casi 17 millones costó el IES Mediterrània de Benidorm. Debemos subrayar que con el fin de aproximarnos a la “nueva” educación para el desarrollo sostenible que se pretende con la Agenda 2030, los espacios educativos públicos, vanguardistas y con elevados presupuestos son a los que se les debe hacer un seguimiento y evaluación, tanto en su programa arquitectónico como en la funcionalidad que esos espacios ofrecen de cara a la innovación pedagógica y una sostenibilidad holística. Los espacios del nuevo IES de Elche, que se han ido construyendo durante estos dos últimos años y que entrarán en funcionamiento en breve, brindan una excelente oportunidad para abrir líneas de investigación en este sentido.
2. Impulsar estudios desde el campo de la neurociencia. Queda una discusión abierta dentro de nuestro propio grupo de investigación respecto al confort visual y cómo afectan a nuestro comportamiento y rendimiento los elementos físicos de protección solar necesarios en las ventanas (celosías fijas, lamas móviles, persianas, toldos, etc.). Hay consenso en evitar la sensación carcelaria que producen sobre todo las celosías fijas, pero queda abierto el debate respecto al uso de lamas, que obstruyen sólo parcialmente

la visión exterior, o persianas. Es necesaria una mayor aportación de datos y experiencias en las aulas para tomar decisiones acertadas que aúnen intereses económicos con los beneficios para los usuarios que pueda demostrar la neurociencia.





8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams Becker, S., Freeman, A., Hall, C., Cummins, M., y Yuhnke, B. (2016). Reporte Horizonte del NMC/ CoSN: Edición 2016 K-12 Del Pre-Escolar al Grado 12. Austin, USA: The New Media Consortium. <https://www.nmc.org/publication/nmc-cosn-horizon-report-2016-k-12-edition/>

Adams, S.; Cummins, S, et al. (2017). *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2017/2/2017horizonreporthe.pdf>

Allen, J. et al. (2017). *Building Evidence. In The 9 Foundations of a Healthy Building*. Harvard T.H. Chan School of Public Health, Center for Health and Global Environment: Boston, MA, USA. https://forhealth.org/9_Foundations_of_a_Healthy_Building.February_2017.pdf

Ariani, M.G. & Mirdad, F. (2016). The Effect of School Design on Student Performance. *International Education Studies*, 9 (1) 175 . <https://doi.org/10.5539/ies.v9n1p175>

Benayas, J., Marcén, C., Alba, D., & Gutiérrez, J. (2017). *Educación para la Sostenibilidad en España. Reflexiones Y Propuestas*. Observatorio de Política Exterior Española. <https://reds-sdsn.es/wp-content/uploads/2017/10/Informe-Educacion-Sostenibilidad-2017-web.pdf>

Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. (2008). The Cognitive Benefits of Interacting With Nature. *Psychological Science*, 19(12), 1207–1212. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02225.x>

<https://arquitecturaintegralescolar.blogspot.com/2009/11/cont-respuestas.html#comment-form>

Breiting, S.; Mayer, M.; Mogensen, F. (2005). *Criterios de Calidad para Escuelas de EDS*. Editorial Austrian Federal Ministry of Education, Science and Culture, Dept. V/11c. <https://www.ensi.org/global/downloads/Publications/211/QC-ESP.pdf>

Byers, T., Imms, W., & Hartnell-Young, E. (2018). Evaluating teacher and student spatial transition from a traditional classroom to an innovative learning environment. *Studies in Educational Evaluation*, 58, 156–166, <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2018.07.004>

Brown, T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. HarperBusiness: New York, NY, USA.

Campos Calvo-Sotelo, P. et al. (2011). *Espacios innovadores para la excelencia universitaria: estudio de paradigmas de optimización docente y adaptación al Espacio Europeo de Educación*

Superior. Ministerio de Educación. Madrid. <https://es.scribd.com/document/267827683/Espacios-innovadores-para-la-excelencia-universitaria>

Carlucci, S., Causone, F., De Rosa, F., & Pagliano, L. (2015). A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design. *Renewable and Sustainable Energy buildings*, 47, 1016–1033, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.062>

Cheryan, S., Ziegler, S.A., Plaut, V.C., & Meltzoff, A.N. (2014). Designing Classrooms to Maximize Student Achievement. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 1(1), 4–12. <https://doi.org/10.1177/2372732214548677>

Choi, S., Guerin, D.A., Kim, H.-Y., Brigham, J.K., & Bauer, T. (2014). Indoor Environmental Quality of Classrooms and Student Outcomes: A Path Analysis Approach. *Journal of Learning Spaces*, 2, (2) 2013–2014.

Climate-Data.org Tabla climática// Datos históricos del tiempo Elche. <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/elche-1999/>

Climate-Data.org Climograma de Benidorm. <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/benidorm-56914/#climate-table>

Coleman, M. (2012). Design Thinking and the School Library. *Knowledge Quest*, 44 (5), 62-68. <https://www.proquest.com/docview/1786515625>

Colmenares, A. (2012). Investigación-acción participativa: Una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios* 3(1), 102–115. <https://doi.org/10.18175/vys3.1.2012.07>

Crampton, F.E. (2009). Spending on school infrastructure: Does money matter? *Journal of Educational Administration*, 47(3), 305–322. <https://doi.org/10.1108/09578230910955755>

Dockrell, J.E. & Shield, B.M. (2006) Acoustical barriers in classrooms: The impact of noise on performance in the classroom. *British Educational Research Journal*, 32(3), 509–525. <https://doi.org/10.1080/01411920600635494>.

Dorizas, P.V., Assimakopoulos, M.N., & Santamouris, M. (2015). A holistic approach for the assessment of the indoor environmental quality, student productivity, and energy consumption in primary schools. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 1–18, <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4503-9>

Errázuriz-Larraín, L. (2014). Calidad estética del entorno escolar: el (f)actor invisible. *Arte, Individuo y Sociedad*, 27(1), 81-100. https://doi.org/10.5209/rev_ARIS.2015.v27.n1.43861

European Schoolnet Report. *Guidelines on Exploring and Adapting Learning Spaces in Schools*. (2017) European Schoolnet: Brussels, Belgium. 1–56. https://fcl.eun.org/documents/10180/4589040/FCL_guidelines_2019_DEF.pdf

Firmin, M.W., & Genesi, D.J. (2013). History and Implementation of Classroom Technology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 93, 1603–1617. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.089>

Frontczak, M.; Wargocki, P. (2011). Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, 46(4), 922–937, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.021>

Generalitat Valenciana. Servicio de Infraestructuras Educativas. *Instrucciones De Diseño Actualizadas (2019)* <https://ceice.gva.es/documents/161863110/168577118/Instrucciones+de+dise%C3%B1o+y+construcci%C3%B3n+para+edificios+de+uso+docente.+Renovadas+19/7d4ebd0e-db89-49ea-8901-fc48f4b2da1e>

Generalitat Valenciana. *Guía Didáctica*. Conecta con los ODS. (2021).

https://cooperaciovalenciana.gva.es/documents/164015995/164149410/Gu%C3%ADa+did%C3%A1ctica+Conecta+con+los+ODS_+Versi%C3%B3n+imprimible/04e22925-cbb6-44f6-821f-b64703d55d74

Generalitat Valenciana. *Protocolo COVID. Medidas de Actuación Frente a la COVID-19 Para el Curso Académico 2020–2021 en centros Educativos que Impartan Enseñanzas no Universitarias y sus Servicios Complementarios*. (2020). https://ceice.gva.es/documents/161634256/172109626/Protocol_CAS.pdf/e6add099-06a5-4e0f-be89-d5b403aeabae

Gilvand, A. & Jamshidnezhad, A. (2016). The Effect of Noise in Educational Institutions on Learning and Academic Achievement of Elementary Students in Ahvaz, South-West of Iran. *International Journal of Pediatrics*, 4(3), 1453–1463. <https://doi.org/10.22038/IJP.2016.6500>

Global Sustainability Assessment System (GSAS). (2019). *Global Sustainability Assessment System for Buildings*. <https://sustainable-infrastructure-tools.org/tools/global-sustainability-assessment-system/>

Guardino, C. A., & Fullerton, E. (2010). Changing Behaviors by Changing the Classroom Environment. *TEACHING Exceptional Children*, 42(6), 8–13. <https://doi.org/10.1177/004005991004200601>

Hare, R. & Dillon, R. (2016). *The Space. A Guide for Educators*. EdTechTeam Press: Irvine, CA, USA.

Hernández-Barco, M., Sánchez-Martín, J., Blanco-Salas, J., & Ruiz-Téllez, T. (2020). Teaching Down to Earth—Service-Learning Methodology for Science Education and Sustainability at the University Level: A Practical Approach. *Sustainability*, 12(2), 542. <https://doi.org/10.3390/su12020542>

Huang, L., Zhu, Y., Ouyang, Q., & Cao, B. (2012). A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. *Building and Environment*, 49 304–309. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.022>

Hughes, J. M., & Morrison, L. J. (2020). Innovative Learning Spaces in the Making. *Frontiers in Education*, 5, 1–17 <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.00089>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC] (2022). *¿Qué es la Geografía?* <https://www.igac.gov.co/es/contenido/que-es-la-geografia>

Kaushik, A., Elsarrag, E., Mazroei, A., Al horr, Y., Arif, M., & Katafygiotou, M. (2016). Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *International journal of Sustainable Built Environment*, 5(2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.03.006>

Ley Orgánica 1/1990, De 3 De Octubre, De Ordenación General Del Sistema Educativo [LOGSE]. *Boletín Oficial del Estado*, 238, de 4 de octubre de 1990, 28927 - 28942. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1990-24172>

Ley 7/2002, Generalitat Valenciana. Ley de protección contra la contaminación acústica. *Boletín Oficial del Estado*, 9, de 10 de enero de 2003, 1105-1117 <https://www.boe.es/eli/es-vc/l/2002/12/03/7>

López Chao, V.A. (2016). *El Impacto del Diseño del Espacio y Otras Variables Socio-Físicas en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje*. [Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=61483>

Macdonald, C. (2012). Understanding Participatory Action Research: A Qualitative Research Methodology Option. *Canadian Journal of Action Research*, 13(2), 34–50. <https://doi.org/10.33524/cjar.v13i2.37>

Mayoral, A.M., Morales, J., Aparicio, J., Ortiz, L., & Quesada, M. (2019). TIC's para la *Docencia y el Aprendizaje*. Universidad Miguel Hernández. <https://innovacionumh.es/editorial/TICS.pdf>

Michael, A., & Heracleous, C. (2017). Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus. *Energy and Buildings*, 140, 443–457, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.087>

Mihai, T., & Iordache, V. (2016). Determining the Indoor Environment Quality for an Educational Building. *Energy Procedia*, 85, 566-574. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.246>

Mingaine, L. (2013). Leadership Challenges in the Implementation of ICT in Public Secondary Schools, Kenya. *Journal of Education and Learning*, 2(1) 32–43. <https://doi.org/10.5539/jel.v2n1p32>

Minguillón, M.C. et al. (2020). Guía Para Ventilación en Aulas. CSIC-IDAEA. Ministerio de Ciencia e Innovación y Mesura: Madrid, España. https://www.csic.es/sites/default/files/guia_para_ventilacion_en_aulas_csic-mesura.pdf

Ministerio de Educación de Perú. Guía de Diseño De Espacios Educativos—Acondicionamiento De Locales Escolares Al Nuevo Modelo De Educación Básica Regular. Primaria y Secundaria (2015). MINEDU: Lima, Perú, 1–296. <http://www.minedu.gob.pe/p/pdf/guia-ebr-jec-2015.pdf>

Ministerio de Educación de Chile. Guía de Diseño de Espacios Educativos. Proyecto Conjunto Del Ministerio De Educación Con Unesco- Orealc. In *Reforma Educativa Chilena: Optimización De La Inversión En Infraestructura Educativa* (1999), Edita UNESCO-MINEDUC. Santiago, Chile. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000123168>

Mokhtar, F., Jiménez, M.A., Heppell, S., y Segovia, N. (2016). Creando espacios de aprendizaje con los alumnos para el tercer milenio. *Bordón. Revista De Pedagogía*, 68(1), 61-82. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2016.68104>

Mozaffar, F., & Mirmoradi, S. (2012). Effective use of nature in educational spaces design. *Organization Technology and Management in Construction*, 4(1), 381-392. <https://doi.org/10.5592/otmcj.2012.1.3>

Montiel, I. (15 noviembre 2009). Respuestas Arquitectura del Silencio. *Arquitecturaintegralescolar.blogspot.com* <https://arquitecturaintegralescolar.blogspot.com/2009/11/cont-respuestas.html>

Montiel, I. (13 marzo 2019) ¡Que no pare la música, *Arquitectos, Help!* [Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=zWnOLEluljc>

Mora, F. (2013). *Neuroeducación: Sólo Se Puede Aprender Aquello Que Se Ama*. Alianza Editorial: Madrid, España.

Mumovic, D., Palmer, J., Davies, M., Orme, M., Ridley, I., Oreszczyn, T., & Way, P. (2009). Winter indoor air quality, thermal comfort and acoustic performance of newly built secondary schools in England. *Building and Environment*, 44 (7), 1466–1477. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.06.014>

Nair, P. (2014). *Blueprint for Tomorrow: Redesigning Schools for Student-Centered Learning*. Harvard Education Press: Cambridge, MA, USA.

Nazneen, S., Khan, S., Ishtiaq, M., Yousaf, S., & Shakoor, H. (2017). Effects of noise pollution on the health of exposed population and its threshold levels: A review. *Journal of Medical Sciences*, 25(3), 366–372. Retrieved from <https://www.jmedsci.com/index.php/Jmedsci/article/view/40>

Neuman, D. (2013). *Building Type Basics for College and University Facilities*. Ed. Wiley. EEUU.

ORDEN 38/2017, de 4 de octubre, de la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, por la que se regula la evaluación en Educación Secundaria Obligatoria, en Bachillerato y en las enseñanzas de la Educación de las Personas Adultas en la Comunitat Valenciana. Diari Oficial de la Generalitat Valenciana, 8146 de 10 de octubre de 2017 https://dogv.gva.es/datos/2017/10/10/pdf/2017_8755.pdf

Pallarés, S, Gómez, E, Martínez, A., & Jordan, M.M. (2019). The relationship between indoor and outdoor levels of PM10 and its chemical composition at schools in a coastal region in Spain. *Heliyon*, 5(8) <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02270>

Plataforma de Contratación del Sector Público. <https://contrataciondelestado.es/wps/portal/!ut/p/b0/DcqxCoAgEADQr2k-1wIHh9YgKMPb4ICJw9MkRPr8HB88QDgBMzW-qfKTSbqtD6EI5zj5UEkkXMKOK7ke4AAEZD83Aat2q9LzvSPVzVMW10UNCo3WUFlyP7b7dnY!/>

Prud'homme, P. (2017). The culture of design thinking for innovation. *Journal of Innovation Management*, 5, (2) 56-80. https://doi.org/10.24840/2183-0606_005.002_0006

Puglisi, G.; Cutiva, L.C.; Pavese, L.; Castellana, A.; Bona, M.; Fasolis, S.; Lorenzatti, V.; Carullo, A.; Burdorf, A.; Bronuzzi, F., & Astolfi, A. (2015). Acoustic Comfort in High-school Classrooms for Students and Teachers. *Energy Procedia*, 78, 3096–3101 <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.763>

Rantala, L. & Sala, E. (2015). Associations between Classroom Conditions and Teacher's Voice Production. *Energy Procedia* 78, 3120–3125. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.767>

Ré, M.G.; Filippin, C.; Blasco Lucas, I. (2017). Niveles De Confort Térmico En Aulas De Dos Edificios Escolares Del Área Metropolitana De San Juan. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 21 (5), 97–108.

REAL DECRETO 485/1997 De 14 De Abril, Sobre Disposiciones Mínimas En Materia De Señalización De Seguridad Y Salud En El Trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, 97, de 23 de abril de 1997. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8668-consolidado.pdf>

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Boletín Oficial del Estado, 74, de 28 de marzo de 2006, 11816-11831 <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314>

REAL DECRETO 132/210 De 12 De Febrero, Por El Que Se Establecen Los Requisitos Mínimos De Los Centros Que Impartan Las Enseñanzas Del Segundo Ciclo De La Educación Infantil, La Educación Primaria Y La Educación Secundaria. *Boletín Oficial del Estado*, 62, de 12 de marzo de 2010, 24831-24840. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2010/02/12/132>

Rocca, L., Donadelli, G., & Ziliotto, S. (2012). Let's Plan the School Garden: A Participatory Project on Sustainability in a Nursery School in Padua. *Review of International Geographical Education Online*, 2, 220–243 <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1158115.pdf>

Saraiva, T.S., de Almeida, M., Bragança, L., & Barbosa, M.T. (2018). Environmental Comfort Indicators for School Buildings in Sustainability Assessment Tools. *Sustainability*, 10(6), 1849. <https://doi.org/10.3390/su10061849>

Sârbu, I. & Sebarchievici, C. (2013). Aspects of indoor environmental quality assessment in buildings. *Energy and Buildings*, 60, 410–419. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.005>

Smith, L., Bratini, L., Chambers, D., Jensen, R.V., & Romero, L. (2016). Between Idealism and Reality: Meeting the Challenges of Participatory Action. *Action Res.* 8 407–425. <https://doi.org/10.1177/1476750310366043>

Saura, M., Muntañola, J., Méndez, S., y Beltrán, J. (2016). De la educación del arquitecto a la arquitectura de la educación: Un diálogo imprescindible. *Bordón. Revista De Pedagogía*, 68(1), 165-180. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2016.68110>

Tonhauser, P. (2015). *Design Thinking Workshop: The 12 Indispensable Elements for a Design Thinking Workshop*. e-book. Berlin. https://www.academia.edu/24363369/Design_Thinking_Workshop_Pauline_Tonhauser

Toyinbo, O., Shaughnessy, R., Turunen, M., Putus, T., Metsämuuronen, J., Kurnitski, J., & Haverinen-Shaughnessy, U. (2016). Building characteristics, indoor environmental quality, and mathematics achievement in Finnish elementary schools. *Building and Environment*, 104, 114–121, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.04.030>

Tschimmel, K. (2012). *Design thinking as an effective toolkit for innovation*. Paper presented at the XXIII ISPIM Conference- Action for Innovation: Innovating from Experience, pp. 1-20. <https://doi.org/10.13140/2.1.2570.3361>

Turner, D. W. (2010). Qualitative Interview Design: A Practical Guide for Novice Investigators. *The Qualitative Report*, 15(3), 754-760. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2010.1178>

Turunen, M., Toyinbo, O., Putus, T., Nevalainen, A., Shaughnessy, R., & Haverinen-Shaughnessy, U. (2013). Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 217(7), 733–739, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2014.03.002>

Ubillos, S., Centeno, J., Ibañez, J., & Iraurgi, I. (2015). Protective and Risk Factors Associated with Voice Strain Among Teachers in Castile and Leon, Spain: Recommendations for Voice Training. *Journal of Voice Journal of Voice Foundation*, 29, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.08.005>

UNESCO (2020). *Education for Sustainable Development: A Road Map*. Editorial UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802.locale=en>

U.S. Green Building Council (USGBC) (2009). *Guía de Conceptos Básicos de Edificios Verdes y LEED*. http://www.spaingbc.org/files/BD+C_StudyGuide-ES.pdf

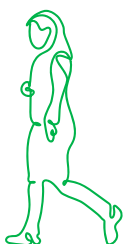
Universidad Miguel Hernández de Elche (21 mayo de 2013). SEMANA CAMPUS HABITAT5U EN LA UMH. “En Busca de la Eficacia Económica y Académica a través del Hábitat Escolar” [Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=xEOFT2qW7aA&t=183s>

Universidad Miguel Hernández de Elche (12 enero 2016) ESPACIO SOCIAL Y BIENESTAR - CAMPUS HABITAT 5U. “Espacios Educativos y Bienestar. Progresos en Neuroarquitectura y Mindfulness”. [Vídeo] Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=j0xRGu0JMCM&t=25s>

Wargocki, P., & Wyon, D.P. (2017) Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. *Building and Environment*, 112, 359–366, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.020>

Woolner, P., & Hall, E. (2010). Noise in Schools: A Holistic Approach to the Issue. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(8), 3255–3269. <https://doi.org/10.3390/ijerph7083255>





ARTÍCULO 1

Neuroarquitectura en educación.

Una aproximación al estado de la cuestión



Neuroarquitectura en educación. Una aproximación al estado del arte
Neuro-architecture for Education. An approach to the state of the art

Isabel Montiel Vaquer

Programa de Doctorado en Medio Ambiente y Sostenibilidad

Universidad Miguel Hernández de Elche



Correspondencia/Correspondence: imontiel@goumh.umh.es

Recibido/Received: 23.05.2017

Fecha de aceptación: 23.06.2017

RESUMEN

El presente artículo indaga en un debate que, sin ser nuevo, muestra un creciente interés actual: ¿cómo influye el espacio en el proceso de enseñanza-aprendizaje? Se examinan estudios científicos que relacionan tres áreas del saber: educación, arquitectura y neurociencia. La discusión plantea la existencia de corrientes metodológicas que apuestan por la transformación del espacio como forma de innovación educativa. Detrás de estas corrientes subyacen conceptos de neurociencia y neuroeducación (Mora, 2013) que demuestran la influencia que sobre nuestros cerebros tienen las emociones y su efecto sobre el comportamiento humano. Por último, reconoce la necesidad de continuar investigando, planteando nuevas hipótesis: ¿en qué medida se están implementando las conclusiones de los trabajos de investigación científica en la construcción y reforma de espacios educativos en el sistema público español? ¿Cómo puede la neuroarquitectura, en relación con la sostenibilidad, influir para promover una educación económica responsable? ¿Podría la neuroarquitectura paliar riesgos laborales psicosociales de los profesionales de la docencia del siglo XXI?

Palabras clave: Neuroeducación, Arquitectura escolar, innovación educativa, educación para el desarrollo sostenible, design thinking.

ABSTRACT

This article explores a debate that, although not new, shows a growing current interest: how does space influence the teaching-learning process? Scientific studies that relate three areas of knowledge are examined: education, architecture and neuroscience. The discussion raises the existence of methodological currents that opt for the transformation of space as a form of educational innovation. Behind these currents lie the concepts of neuroscience and neuroeducation (Mora, 2013) that demonstrate the influence of our emotions on our brains and their effect on human behavior. Finally, it recognizes the need to continue investigating, by proposing new hypotheses: to what extent are the conclusions of the scientific research work being implemented in the construction and reform of educational spaces in the Spanish public system? How can neuro-architecture, in relation to sustainability, influence to promote a responsible economic education? Could neuroarchitecture mitigate psychosocial occupational risks for teachers in the 21st century?

Key words: neuroscience for education, school architecture, educational innovation, education for sustainable development, design thinking.

INTRODUCCIÓN

La transformación de la educación es un proceso complejo en el que intervienen múltiples factores. Entre ellos, la importancia del diseño de los espacios y del entorno de aprendizaje juega un papel primordial que emerge con fuerza en la segunda década del siglo XXI.

El objetivo general de este trabajo es presentar una aproximación a la producción académica que investiga la importancia del espacio en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las hipótesis formuladas para la selección del material han sido las siguientes: ¿Podría la neuroarquitectura mejorar la eficacia académica de la institución? ¿Cómo puede el modelo de edificio o el diseño de sus dependencias repercutir en el rendimiento de estudiantes y profesorado?

Por un lado, las nuevas maneras de aprender y formarse hacen necesario, también, un nuevo paradigma espacial. La clase magistral pasa a un segundo plano y se apuesta por actividades proactivas, autodirigidas y colaborativas que precisan espacios donde organizarse diferentes a los empleados hasta ahora.

Por otro lado, se pretende que la arquitectura escolar ejerza como sujeto agente que provoque percepciones agradables en el ser humano que motiven y estimulen sus múltiples inteligencias. La inteligencia emocional ya no es un concepto al margen, sino que forma parte de las competencias necesarias para adquirir una educación integral como persona.

Otras preguntas que, de entrada, se consideraran relevantes para la investigación son: ¿qué criterios y métodos predominan en la praxis de diseño de espacios educativos actuales? ¿Existe una investigación participativa de arquitectos, pedagogos, gestores y otros usuarios de los espacios de aprendizaje? La situación económica mundial del primer cuarto del siglo XXI hace indispensable la aportación de soluciones creativas a los problemas y genera una necesidad de aprendizaje positivo tras el fracaso de modelos arquitectónicos poco sostenibles. La optimización de la inversión económica que ineludiblemente debe realizarse en construcción escolar, muy especialmente en infraestructuras escolares públicas, precisa la creación de equipos interdisciplinarios que establezcan sinergias que permitan avanzar aunando los intereses de todos.

METODOLOGÍA

Se realiza la búsqueda y selección de estudios bajo este prisma. La multidisciplinariedad del tema lleva en un principio a rastrear numerosas palabras clave con el fin de acotar la interrelación entre las diferentes disciplinas. Así se busca: ar-quitectura escolar, infraestructuras educativas, psicología ambiental, neuroarquitectura, neuroe-ducación, neurociencia, espacios educativos, es-pacios de aprendizaje, pedagogías emergentes, nuevas metodologías, innovación educativa, de-sign thinking.

Las fuentes primarias se obtienen, principalmente, del material alojado en la base de datos ProQuest Central siguiendo el criterio de publicación entre 2007 y 2017, en idioma español o inglés.

De los textos seleccionados se elabora una ficha para cada producción científica de forma resumida para su uso como herramienta de construcción de la investigación. La información recabada incluye: nombre del autor, disciplina de procedencia del autor (pedagogo, arquitecto, otros), el título del artículo, el nombre de la revista, el año de publicación, el país en el que se ha realizado el estudio, la metodología utilizada, los objetivos propuestos, las ideas novedosas e hipótesis cuya lectura suscita de cara a futuras investigaciones.

Año	País	Campo desde el que se realiza el estudio	Autor(es)	Título
2010	EEUU	Arquitectura	Lisoman, Peter	Can the Physical Environment Have an Impact on the Learning Environment?
2013	Méjico	Arquitectura	Torres, Alejandra	Reseña del libro. El tercer maestro. 79 maneras de usar el diseño para transformar la enseñanza y el aprendizaje.
2015	Argentina	Arquitectura	Caettaneo, Daniela	Arquitectura escolar moderna: interferencias, representación y pedagogía.

2015	España	Pedagogía	Gross, Begoña	La caída de los muros del conocimiento en la sociedad digital y las pedagogías emergentes.
2016	EEUU	Equipo Interdisciplinar del informe Horizon	Adams Becker, S., Freeman, A., Giesinger Hall, C., Cummins, M., and Yuhnke, B.	Rediseñando los Espacios de Aprendizaje Tendencia de Largo Plazo: Aquella que está Orientando la Adopción de las Tecnologías en la Educación K-12 y lo Seguirá Haciendo por los Próximos 5 años o más.
2016	España	Arquitectura	Amann, B.	Educación para el desarrollo sostenible (EDS) y arquitectura escolar. El espacio como reactivo del modelo pedagógico.
2016	España	Equipo Interdisciplinar formado por arquitectos y pedagogos	Rodríguez, L., Gallego, J.L., Rodríguez, A.V.	Reflexiones docentes acerca del diseño arquitectónico de los centros de formación profesional en Granada
2016	España	Equipo Interdisciplinar formado por arquitectos y pedagogos	Mokhtar, F., Jiménez, M.A., Heppell, S., y Segovia, N.	Creando espacios de aprendizaje con los alumnos para el tercer milenio.
2016	España	Arquitectura	Saura, M., Muntañola, J., Méndez, S., Beltrán, J.(2016) <i>Bordón</i> 68 (1), 2016, 165-180	De la educación del arquitecto a la arquitectura de la educación: Un diálogo imprescindible.

Tabla 1. Muestra, no exhaustiva, de estudios seleccionados para el presente artículo por año de publicación, país y campo de investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la lectura de los artículos revisados (Tabla 1), se extraen unas reflexiones que presentamos, a continuación, como subapartados dentro de este epígrafe de resultados y discusión.

Neuroarquitectura

Se advierte, en primer lugar, que el término neuroarquitectura es de reciente acuñación. Incorpora, así, aportaciones de la neurociencia al campo de la arquitectura para entender la interrelación entre los procesos cerebrales y el entorno arquitectónico. Los primeros estudios considerados como “neurociencia para la arquitectura escolar” (Lippman, 2010) los encontramos en EEUU, país donde en 2003 se funda, en San Diego, La Academia de la Neurociencia para la Arquitectura (ANFA). Aparecen, paulatinamente, investigaciones en Latinoamérica y, a partir de la segunda década del siglo XXI, se observa una producción creciente sobre el tema también en España. De las fichas elaboradas se verifica que predominan, en el análisis del debate, los autores que proceden del campo de la arquitectura, siendo menos los casos de aportaciones desde la mirada de pedagogos y docentes. No obstante, recientemente, equipos interdisciplinarios, en los que ya participan docentes, establecen sinergias para entender cómo el entorno arquitectónico escolar puede ayudar a cumplir los objetivos del proyecto educativo. Este creciente interés lleva, en el contexto español, a la revista de pedagogía *Bordón* a dedicar un número monográfico a *Educación y Arquitectura* (2016), del cual se han seleccionado tres artículos para este estudio del estado del arte.

Consonancia entre el proyecto arquitectónico y el proyecto educativo

Referencias de que el espacio influye en el hecho educativo se registran desde mediados del siglo XX:

Perkins (1957) observó que el arquitecto que proyecta un centro escolar no puede pensar solamente en términos de refugio, o de planos, o de ladrillos y piedra y acero. Debe pensar en los futuros usuarios del edificio... Si el arquitecto no pierde de vista este principio, podrá ser capaz de contribuir al logro de los objetivos de los educadores creando un edificio que es una herramienta para el docente y una expresión del enfoque educativo de la escuela. (Aman, 2016, p.147)

No obstante, de las propuestas y hallazgos reflejados en los estudios consultados se infiere una creciente intensificación de las reflexiones críticas sobre la consonancia arquitectura-

educación debida a la falta de afinidad entre los espacios educativos actuales y las metodologías emergentes (Rodríguez et al., 2016).

En el artículo “De la educación del arquitecto a la arquitectura de la educación: Un diálogo imprescindible”, trabajo de Saura, Muntañola, Méndez, y Beltrán (2016), queda patente que estos errores de disonancia entre los resultados de la construcción y la función del edificio son debidos, entre otras cosas, a la consideración “de que la imaginación proyectual del arquitecto depende de su cerebro único e intransferible, no de un diálogo social” (p.173). En este sentido, el núcleo fundamental de su artículo es que “la arquitectura y el urbanismo tienen que dejar de ser un puro instrumento técnico y financiero (como un coche o un teléfono), y pasar a ser un instrumento de educación y de transmisión cultural. Una ciudad o un edificio son como los “nidos” de una especie de pájaros (Saura et al., 2016, p.169). Estos arquitectos apuestan por el diálogo como forma de escapar de la especulación financiera y alientan a que se enseñe arquitectura en colegios, no de manera técnica, sino acompañada de nociones de ecología urbana y geografía que despierten en los estudiantes la conciencia, desde edades tempranas, de la importancia del espacio para la coexistencia o la marginación social.

El espacio como herramienta para las pedagogías del siglo XXI

Muestra del giro e interés que suscitan los espacios de aprendizaje como herramienta en el proceso de adaptación a las pedagogías del siglo XXI es el hecho de que el informe Horizon se haga eco de su importancia. El informe Horizon del New Media Consortium y el Consortium for School Networking, es un referente mundial para la introducción de la tecnología en el aprendizaje de forma innovadora. Cada año presenta una selección de las tendencias y desafíos que previsiblemente marcarán las acciones educativas a corto, medio y largo plazo. En su edición 2016 K-12, destina un apartado expresamente para el “rediseño de los espacios de aprendizaje” dentro del capítulo “Tendencias Clave que Aceleran la Adopción de la Tecnología en la educación K-12”.

Los investigadores ponen de manifiesto la necesidad de optimizar la inversión económica que se realiza en construcción escolar y romper con el modelo arquitectónico clásico “que consiste en posicionar los escritorios de los estudiantes en filas y ubicar a los docentes al frente del salón”. (p.8) Dicho informe cita, con ejemplos significativos, los progresos que se están llevando a cabo en países latinoamericanos como Perú, europeos como Dinamarca, así como los cambios políticos que está adoptando el Ministerio de Educación de Nueva Zelanda en su compromiso en

implementar las nuevas tendencias en educación. (Adams et al. 2016).

Se confirma que para desarrollar con éxito los proyectos educativos y cumplir los objetivos de las pedagogías emergentes, se precisa una organización de los espacios distinta a la utilizada hasta ahora. Las nuevas metodologías apuestan por actividades de aprendizaje autodirigidas y cooperativas que manejan un nuevo paradigma espacial. Los conceptos constructivistas del siglo XX que ven al estudiante como activo y el espacio de aprendizaje como pasivo deben ser reemplazados por una nueva perspectiva (Lippman, 2010).

Aportaciones de la neurociencia

La relación entre la calidad de vida y el bien-estar ambiental queda reflejada también en el campo de la psicología ambiental. Ciencia, ésta, que “evalúa la importancia de los estímulos del medio ambiente y la percepción de éstos en el hombre, es decir, la dinámica de la interacción in-dividuo-medio o entorno que le rodea, aspectos éstos directamente relacionados con el bienestar y la calidad de vida del ser humano” (Galán, 2009, p.243). Esta línea recibe ahora un empuje proporcionalado por el auge que hoy en día experimenta el campo de la neurociencia y su interrelación con otras disciplinas. Indagando en conceptos de neurociencia se accede a comprender mejor la neuroeducación y el alcance de la neuroarquitectura. Se pretende que en el entorno de enseñanza-aprendizaje, la arquitectura escolar ejerza como sujeto agente que provoque percepciones agradables en el ser humano que motiven y estimulen sus múltiples inteligencias.

La neuroeducación evidencia la necesidad de construcciones más afectivas. Se añade, bajo este prisma, a la investigación un enfoque que lleva a reflexionar sobre conceptos que demuestran que el rendimiento mental se deteriora si las personas no se sienten a gusto donde están o hay estímulos en el entorno que los distraen o, en general, si las condiciones no son las adecuadas para la realización de una actividad mental determinada (Mora, 2013).

Los términos “confortable” y “familiar” se citan (Amann, 2016) o intuyen en los trabajos analizados debido a los aportes de la neuroeducación. La moderna arquitectura escolar, impregnada de neuroarquitectura, nos aleja de la imagen de centro escolar “carcelario”.

En el nuevo paradigma el concepto de pasillo recto (figura 1) o aula cúbica (figura 2) cambia. Concretamente los pasillos dejan de ser únicamente zonas de circulación y se convierten en áreas de relación y aprendizaje informal y se argumenta el beneficio de emplear materiales cálidos como la madera o el textil (Amann, 2016).



Figura 1. Imagen de pasillo recto y uso de cemento visto y hormigón. Espacios fríos y poco afectivos que obstaculizan propuestas emergentes. (Fotografía realizada por Isabel Montiel 2017)



Figura 2. Imagen de aula cúbica actual en disonancia con criterios de una educación para el desarrollo sostenible. (Fotografía realizada por Isabel Montiel 2017)

Trabajo colaborativo

De los trabajos revisados, se infiere que se procura hacer partícipes a todos los agentes de la comunidad educativa a la hora de buscar so-luciones para diseñar o transformar los espacios de aprendizaje. Para ello el método utilizado es el método de diseño razonado o *design thinking* (figura 3).



Figura 3. Imagen de trabajo colaborativo durante un taller de *design thinking* o diseño razonado. (Fotografía realizada por Isabel Montiel 2017)

Queda demostrado que este méto–do emplea técnicas que mejoran competencias como las habilidades sociales y la inteligencia emocional, generando propuestas y aportando soluciones creativas a los problemas, elemen–tos todos afines a las pedagogías emergentes. En especial, se hace referencia directa a este método en la investigación llevada a cabo por Mokhtar, Jiménez, Heppell, y Segovia (2016). Su artículo expone de manera didáctica cues–tiones que facilitan la

contextualización de la arquitectura escolar en el hecho educativo bajo los epígrafes:

- Psicología ambiental, primeros pasos
- Impacto de las condiciones físicas sobre el aprendizaje
- Aportaciones de la neuroarquitectura, biofilia y ciencias del comportamiento
- El sentido emocional del entorno
- Las proporciones del espacio
- Iluminación del entorno
- Ubicación y relación con el exterior

Este estudio aporta numerosos datos en imágenes y gráficos y da relevancia a las cinco fases de la técnica de *design thinking*: empatizar, definir, idear, representar y ensayar.

DESARROLLO SOSTENIBLE

“Identificar posibles criterios de diseño para un espacio arquitectónico reactivo de un modelo pedagógico que avanza en la Educación para el Desarrollo sostenible (EDS)” es la guía principal que dirige el artículo de Amann (2016). En su trabajo, presenta el concepto de desarrollo sostenible e introduce la importancia de la educación para el desarrollo sostenible (EDS) basándose en la Resolución nº 57/254 de la Asamblea General de las Naciones Unidas “Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible 2005-2014”. El artículo aporta el análisis de tres centros escolares internacionales en los que se estimaron para su construcción objetivos de la UNESCO para la EDS (2005-2014). Plasma los resultados mediante tablas comparativas entre los tres centros. “Las escuelas analizadas son:

1. Fuji Kindergarten 7. Localización: Tachi-kawa (Japón). Año de apertura: 2007. Etapa educativa: equivalente a educación infantil. Modelo pedagógico: Montessori. Autor: Tezuka Architects.
2. Ramat Chen Arts & Science Elementary School. Nuevo hall de acceso a primer grado 8. Localización: Ramat Gan (Israel). Año de apertura: 2014. Etapa educativa: equivalente a educación primaria. Modelo pedagógico: Sistema Educativo Ramat Gan. Autor: Sarit Shani Hay.

-
3. Vittra School Brotorp 9. Localización: Brotorp (Suecia). Año de apertura: 2012. Etapa educativa: equivalentes a educación infantil, educación primaria y ESO. Modelo pedagógico: Sistema Educativo Sueco. Autor: Rosan Bosch.”

Los resultados de esta investigación verifican que, bajo el paradigma de una educación para el desarrollo sostenible, el centro escolar:

- a) Se entiende como un equipamiento socio-cultural, abierto a la comunidad.
- b) Se compone de espacios multifuncionales. Todos los espacios son espacios potenciales para el aprendizaje.
- c) Se diseña bajo estrategias ligadas al desarrollo tecnológico y a la sostenibilidad.

No se trata solo de materializar condiciones ambientales ideales de salubridad, temperatura, ventilación, luz, sonido, gama cromática de los materiales, etc., aspectos que se han señalado como importantes desde hace más de un siglo, sino que se trata de ir más allá y conjugar todos estos elementos “con el fin de lograr un microclima propicio para el aprendizaje: estimulante, sorprendente, confortable y familiar” (Amann, 2016, p. 154).

CONCLUSIONES

La bibliografía analizada para esta aproximación al estado del arte evidencia un creciente interés en la investigación sobre el tándem arquitectura-educación. Los estudios confirman que no hay duda de que el diseño sí influye en el proceso de enseñanza-aprendizaje y las aportaciones de la neurociencia aconsejan una creación de espacios más afectivos. Modelos de esta nueva forma de construir espacios educativos pueden encontrarse ya en diferentes países.

Se constata que, aunque la preocupación por este tema no es nueva, es a partir de la segunda década del siglo XXI cuando emerge con fuerza en el contexto español. La discusión se produce en todos los niveles de la enseñanza, si bien, observamos que el número de estudios que se centran de manera exclusiva en la enseñanza secundaria y superior, son escasos en comparación con la producción realizada para las enseñanzas primarias (Rodríguez et al., 2016).

El método empleado para diseñar estos espacios, adaptados a las necesidades propias de cada comunidad, está basado en el diseño razonado, design thinking, que hace partícipes a todos los agentes implicados, y se hace eco del aprendizaje colaborativo, pilar fundamental de cualquier

pedagogía del siglo XXI. El proceso de búsqueda de soluciones es, ahora, razonado, abierto y flexible.

Sin embargo, ¿en qué medida se están implementando las conclusiones de estos trabajos de investigación científica en la construcción y reforma de espacios en el sistema público español? ¿Podría la neuroarquitectura paliar riesgos laborales psicosociales de los profesionales de la docencia del siglo XXI? ¿Cómo puede la neuroarquitectura, en relación con la sostenibilidad, influir para promover una educación económica responsable?

Son cuestiones que generan la necesidad de aportar al debate arquitectura-educación-neurociencia nuevos estudios y que quedan planteadas de cara al futuro.



REFERENCIAS

Adams Becker, S., Freeman, A., Hall, C., Cummins, M., and Yuhnke, B. (2016). Reporte Horizonte del NMC/CoSN: Edición 2016 K-12 Del Pre-Escolar al Grado 12. Austin, Texas: The New Media Consortium.

Amann, B. (2016). Educación para el desarrollo sostenible (EDS) y arquitectura escolar. El espacio como reactivo del modelo pedagógico. *Bordón* 68 (1), 2016 145-163

Barlow, D. (2012). The third teacher: 79 ways you can use design to transform teaching & learning. *The Education Digest*, 78(2) 71-72.

Cattaneo, D. (2015). Arquitectura escolar moderna: interferencias, representación y pedagogía. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, Vol. 6, No. 1, (2015) 67-83 doi: <http://dx.doi.org/10.18175/VyS6.1.2015.06>

Cleveland, B., Fisher, K. (2014). The evaluation of physical learning environments: a critical review of the literature. *Learning Environments Research* 17 1–28 doi: 10.1007/s10984-013-9149-3

Galán, D. (2009) Psicología ambiental. Importancia de la educación ambiental. *Observatorio medioambiental*. Madrid, 12 241-246

Gómez, M., Galeano, C., y Jaramillo, D.A. (2015). El estado del arte: una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2) 423-442

Gros, B. (2015) La caída de los muros del conocimiento en la sociedad digital y las pedagogías emergentes. *Education in the knowledge Society (EKS)* 16 (1) 58-68 doi: <http://dx.doi.org/10.14201/eks20151615868>

Gúrpide, I. (2016). La arquitectura escolar de Martorell, Bohigas y Mackay. El modelo concentrado como oportunidad educativa. *Revista de Arquitectura*. Pamplona 18 (2016) 71-80

Klimenko, O. (2008). La creatividad como un desafío para la educación del siglo XXI. *Educación y Educadores*, 11 (2) 191-210, Universidad de La Sabana. Colombia.

Lippman, P. (2010), "Can the Physical Environment Have an Impact on the Learning Environment?" CELE Exchange, Centre for Effective Learning Environments, 2010/13, OECD Publishing.

Mokhtar, F., Jiménez, M.A., Heppell, S., y Segovia, N. (2016) Creando espacios de aprendizaje con los alumnos para el tercer milenio. *Bordón* 68 (1), 2016 61-82

Mora, F. (2013). Neuroeducación: sólo se puede aprender aquello que se ama. Madrid: Alianza Editorial.

Navarro, O. (2005) Psicología ambiental: Visión crítica de una disciplina desconocida. *Duazary* 2 (1) 65-68

Rodríguez, F.J (2012). Recensión del libro: La Arquitectura Escolar en Cantabria. Análisis de la arquitectura escolar en el municipio de Castro Urdiales. *Historia de la Educación*. 31 (2012) 377-380 Universidad de Salamanca.

Rodríguez, L. (2016). Estudio de los espacios arquitectónico-educativos en la formación profesional. El caso del IES Hermenegildo Lanz. *Ediciones Universidad de Salamanca. Enseñanza & Teaching* 34, (1) 2016 207-210

Rodríguez, L., Gallego, J., y Rodríguez, A. (2016). Reflexiones docentes acerca del diseño arquitectónico de los centros de formación profesional en Granada. *Propósitos y Representaciones*, 4(1) 115-168.

Saura, M., Muntañola, J., Méndez, S. y Beltrán, J. (2016) De la educación del arquitecto a la arquitectura de la educación: Un diálogo imprescindible. *Bordón* 68 (1), 2016 165-180

Torres, A. (2013). Reseña del libro. El tercer maestro. 79 maneras de usar el diseño para transformar la enseñanza y el aprendizaje. *Revista del Centro de Investigación*. 10(40) 2013 145-146 Universidad La Salle. Méjico.



Promoting Innovative Learning Spaces at Universidad Miguel Hernández,
Elche, Spain. A Design Thinking Experience



**PROMOTING INNOVATIVE LEARNING SPACES AT UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ.
ELCHE. SPAIN. A DESIGN THINKING EXPERIENCE**

I. Montiel, A.M. Mayoral

Universidad Miguel Hernández (SPAIN)



ABSTRACT

During the process of the educational change taking place in the twenty-first century, we witness the rise of a methodological trend that focuses on the importance of space. New methodologies (cooperative learning, transversal skill development, Design Thinking, learning by doing, use of ICT to produce, project-based learning-ABP, learning and service-ApS projects, intelligent classroom, flipped classroom, etc.) are interrelated with the relevance of the spaces in an outstanding way, both, methodology and space, helping each other in the implementation and in the achievement of measurable improvements on learning and teaching. In this line of research, the University Miguel Hernández in Spain carried out, during the year 2016-17, a series of Design Thinking workshops applied to the challenge “Be the architect of your UniversityMH” in order to contribute to the investigation on the design of educational spaces and innovative ideas for universities. The final goal was to generate a document with the findings provided by the members of the multidisciplinary teams that participated in the workshops, thus proposing ideas for the construction or renovation of buildings designed for university education, adapted to those characteristics that the paradigm of renewal and educational innovation of the 21st century demand. This paper summarizes the experience during the workshops and the conclusions referred to learning spaces. Many of the outcomes are suitable not only for learning spaces in higher education but also for primary and secondary levels.

Keywords: Educational Innovation, Learning Spaces, Design Thinking, Educational Architecture.

1. INTRODUCTION

The role that space design plays in the work environment is no longer questioned. Significant companies have marked the journey towards the reconversion of traditional spaces, corroborating the benefits of innovative designs. These new spaces increase the worker's sense of identification with the organization and therefore improve their productivity.

Accordingly, studies have emerged during the last decade that consider the design of learning spaces as a support factor for the incorporation of 21st century teaching-learning methodologies. Among these studies, in the Spanish context, we find the one commissioned by the Spanish Ministry of Education, in 2011 and directed by Campos, "Innovative Spaces for University Excellence" [1]. More recently, the Horizon report of the New Media Consortium, both in its version for Secondary and University levels, includes a research line for the next five years in the design of spaces for schools and universities [2]. It also includes links to a wide gallery of photographs that verify the advances in innovative spaces in the universities of the United Kingdom [2].

Moreover, studies consulted on these issues highlight the need to optimise the economic investment made in educational spaces [3]. It becomes necessary to improve conventional architectural models in order to implement more efficient, motivating designs, in consonance with emerging pedagogies. Financial investment in educational infrastructure is significant and risky. Therefore, the design of the learning space should not come into conflict with the educational objectives of the institution [4] causing subsequent adaptations to make it functional.

There is a gap between the methodology used in education and labour market challenges. Solutions must be delivered from all sides, also from the design of spaces where we learn. We cannot continue to build for a learning process based on work models of twentieth or even nineteenth century and pretend to graduate students prepared for the life of the 21st century [5]. We must move towards a student-centred learning model [6], an applied learning, with self-directed activities that permit the student to be in touch with the "real" world and labour market outside school and university life [2].

Although each university has its own needs and characteristics, Neuman in his study "Type Basics for College and University Facilities" [7] indicates that all modern universities, when designing infrastructures should take into account that new technologies bring about a mobility never seen before, as well as changes in the student population, such as an increase of international students (on campus and on-line), along with a growing number of mature and part-time students which

require a different methodological approach to the conventional master class.

The University Miguel Hernández (UMH) is a young, multi-campus institution, still nowadays in the process of integrating new buildings in campuses created in five different cities of the province of Alicante. The UMH participates in the Campus of International Excellence HABITAT5U since 2011 and devotes great effort to upgrade the technological and methodological training of faculty members and staff in general. Thus and so reflected in the constant development of training schemes -<http://estudios.umh.es/formacion-docente/>-This fact generated awareness regarding the issue of the implementation of innovative designs in their educational spaces. The proposal to participate in the Design Thinking experience was, therefore, magnificently accepted.

The workshops were held in the campus of Elche between October 2016 and February 2017. The activities were directed by the architect José Picó (<https://picoj.es/>). The aim of the meetings was to detect needs and contribute new proposals and suggestions for building or upgrading spaces. Part of the success and motivation for conducting these workshops was due to the plans for the immediate construction of several buildings in the Campus of Elche. It was the moment to reflect and share solutions.

In this paper we are submitting the generic findings concerning the needs detected and proposals for improving university spaces.

2. METHODOLOGY

We assume the fact that the design and remodeling of spaces is a complex issue that requires creative solutions. Current designs need more than ever that the planner studies the behavior of users and involves stakeholders from the beginning of the process [7]. In this respect, innovative companies, such as Apple, Google, Toyota or Inditex, have confirmed the potential of the Design Thinking technique to face complex situations and meet the needs of multiple users. These companies, in their transformation, engage stakeholders in the pursuit for solutions.

Design Thinking is a methodology that was proposed in 1919 by the architect Walter Gropius. Until the first decade of the 21st century, it was limited to the field of design and sought to improve thinking strategies of the designers. Today it has become a basic tool to stimulate creativity and innovation in multiple disciplines, including the business and executive world [8], [9], [10].

To accomplish the experience “Be the Architect of your UniversityMH” (title given to the workshops), users from different sectors were convened, thus trying to integrate a diversity of

profiles, visions and opinions: managers, professors and staff of departments connected with sustainability, infrastructures, contracting, energy efficiency, communication, planning, didactics, etc. The student delegations were also called but eventually did not attend.

Four workshops were held, four hours each, in different time slots, between the months of October 2016 and February 2017. The workshops were guided by José Picó, architect in the REDEX community (<http://www.redex.es/>), who proposed the methodology (Design Thinking) and the topics to be examined in each session. Three main topics were discussed: formal learning spaces, non- formal learning spaces and spaces for administration and management.

Design Thinking is a methodology aimed towards a holistic approach that considers both functional aspects and emotional perspectives, as analyzed in 2017 by Peter Prud'homme in his article "The Culture of Design Thinking for Innovation" [11].

Notes and photographs were taken during the workshops of the outcomes obtained in the different teams in order to compare them with ideas suggested by studies taken place in other institutions. It is important to note that the teams were formed by members of different disciplines, users of university facilities for many years but not experts with regard to the design of space. See Figures 1 to 3.



Figure 1. Group dynamics during the workshops.



Figure 2: Mural with problems and needs detected, organized by themes.



Figure 3: Prototype of a solution proposed by one of the teams.

3. RESULTS

In the first place, it is worth mentioning that the work atmosphere was collaborative and pleasant at all times, corroborating the benefits attributed to the Design Thinking methodology and summarized as follows:

- Promotion and performance of collaborative work. Design Thinking encourages teamwork and commitment to co-creation.
- Fostering of an optimistic and supportive atmosphere, thus promoting open and flexible mental states that felt psychologically safe with no prejudices [9].
- Generating a relaxed and fun-filled work environment to develop creativity using visual and enjoyable materials for model making and prototypes.

The teams discussed about the practicality and needs of spaces used for formal and non-formal education and training, administration and management, basic services, as well as spaces for non-university community interaction (see Fig. 4).

In all sessions generic features were discussed as essential: Universal accessibility, polyvalence and versatility to adapt easily and quickly to various functions, scalability to be able to adapt to different capacities, contact with nature, geographical conditions such as orientation of the buildings, conditions to ensure visibility, ventilation, etc. Security and risk prevention, sustainability to guarantee maintenance and efficient use of energy. Comfort. Motivating elements to create a desirable work, interaction and learning atmosphere.

Indicated as Formal Learning Spaces were: rooms for masterclasses focused on the lecturer, areas for collaboration centered on small groups. Zones for discussion for sharing and brainstorming ideas on whiteboards, blackboards or windows. Flexible and adaptable laboratories. Amphitheatres and grandstands for presentations, debates and discussion. Scenarios and stages for drama and music performances. Agoras and meeting points with porches or cloisters protected from wind, sun and rain for outdoor classes.

By Non-formal Learning Spaces we referred basically to transit areas. These spots offer an untapped potential when conditioned adequately. They are shared, common zones where the student and especially the user from outside the university community spends a great deal of time. They should be polyvalent, scalable and flexible, offering a diverse range of environments. Decoration is key to converting them into inspiring spaces for creativity, interaction and co-working and as Nair rightly points out, most of these non-formal learning spaces are under-utilized. [5].

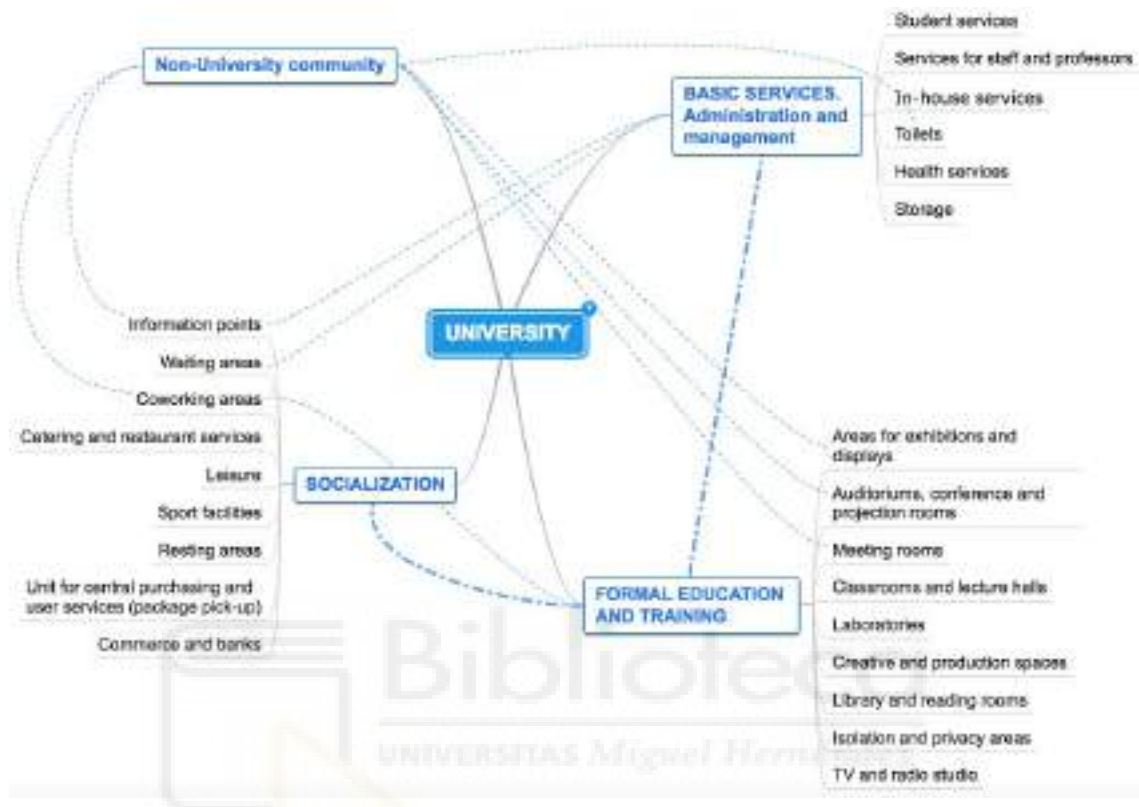


Figure 4. Spaces and their Interrelations.

For outdoor non-formal spaces, it was considered necessary to create shaded areas and use water to provide freshness during the warmer months but in the case of University Miguel Hernández, planners should also contemplate that from October to March, in our latitude (N38°), there can be days of wind, rain and low temperatures and therefore external elements should be protected in order to avoid discomfort to the users.

Furthermore, the design of the space is also fundamental to generate a high quality communication and interaction between members of the community and with the non-university community. Nair points out that the behavior of individuals has a lot to do with the hidden messages of the buildings and environment they inhabit. The design of the learning space will have a great impact in ongoing efforts to create a positive educational climate [5]. In this sense, incorporating nature into educational spaces provides benefits in reducing stress and improving respect for the environment [12]. Hence, we should design friendly, cozy spaces that encourage civic behavior.

Other general suggestions emerged from the group discussions that should be taken into account when generating and planning the spaces are the following:

- Clearly identify the main entrance and access areas to the buildings.
- Upgrade signposting.
- Design friendly reception areas that invite, both, members of our community and the non-university community to enter.
- Include in the access and transit spaces, furniture that facilitates and promotes interaction among users.
- Generate openings that allow the use of sunlight and visibility of the exterior natural environment from the indoor spaces of the building.

For a better understanding of the issues, we present, hereunder, comparative tables with the topics suggested in the workshops “Be the Architect of your UMH” and other studies.

3.1 Key elements concerning general comfort

Although we are aware that it is not simply a matter of decoration [13], there is no doubt that the decorative features broaden the learning process. Errázuriz emphasizes that it is essential to recognize the educational potential of sensitivity and aesthetic dimension in education [14]. Therefore, and seeing the large number of hours that students and staff, sometimes, spend on the premises it was considered necessary to create comfortable and welcoming spaces.

Table 1. Key elements for comfort. Comparative between studies.

Solutions that increase comfort.	Team UMH (2017)	Nair [5] (2014)	Neuman [7] (2013)	Campos [1] (2011)
Use of natural materials.	♦	♦	♦	♦
Provide natural light.	♦	♦	♦	♦
Incorporate natural environment.	♦	♦	♦	♦
Enable visual contact with outdoor premises and nature.	♦	♦	♦	♦
Care about acoustics and noise.	♦	♦	♦	♦
Include zoned illumination.	♦	♦	♦	♦
Add decorative features.	♦	♦		
Equip with chromatic variety.	♦	♦	♦	♦
Create diverse atmospheres and learning environments.	♦	♦		
Favour zoned air-conditioning and heating.	♦	♦	♦	♦
Provide natural ventilation and humidification.	♦	♦	♦	♦
Care about smells and aromas.	♦	♦		
Offer healthy food in vending machines.	♦	♦		

3.2 Remarks concerning technology

The rapid technological developments, to a large extent, are responsible of bringing about changes and fostering the transformation that we are living in education these days. The expectations of today's students regarding a technology "anytime-anywhere" require a wider range of spaces technologically adequate and conditioned if we want to offer a modern, updated and efficient education. The new pedagogical approaches diverge from the traditional master class leading to learner centred methods based on technology [2].

Table 2. Needs arising from the use of new technologies

Needs arising from the use of new technologies.	Team UMH (2017)	Nair [5] (2014)	Neuman [7] (2013)	Campos [1] (2011)
Network connectivity	♣	♣	♣	♣
WiFi access indoors and outdoors	♣	♣	♣	♣
Guarantee technical and organizational security measures	♣	♣	♣	♣
Security and operational convenience should be made compatible.	♣			
Provide classrooms and shared areas with audiovisual media and technical resources.	♣	♣	♣	♣
Homogeneous equipment and simple Instructions for use.	♣			
Visibility of the projection surfaces from any position in the classroom.	♣	♣	♣	♣
Lighting control of the room for screen visibility.	♣	♣		
Constant updating of technological equipment.	♣	♣	♣	♣
Writing boards and projection areas could be compatible.	♣			

Writing boards and projection areas could be compatible.	♣			
Spaces for multimedia experiences (filming, recording, editing, etc.)	♣			
Diverse electric power points/switches (retractable to ceiling, floor, outdoors, etc.)	♣	♣	♣	♣
Creation of information touch-screens and other information devices.	♣	♣	♣	♣
Establishing a contact line for technological emergencies or to request technical support.	♣			

Table 2 summarizes the suggestions for technological upgrading that emerged from the workshops developed at the UMH and its coincidence with those indicated by Nair in 2014 [5], Neuman in 2013 [7] and Campos in 2011 [1].

3.3 Sustainability and zero net energy consumption suggestions

In reference to sustainability, the aspects listed in Table 3 were considered relevant.

Table 2. Needs arising from the use of new technologies

Sustainability	Equip UMH (2017)	Nair (2014)	Neuman (2013)	Campos (2011)
Durability of the buildings should contemplate a serviceable life of at least 50 years.	♦	♦	♦	♦
Guarantee low maintenance costs.	♦	♦	♦	♦
Foster energy self-sufficiency.	♦	♦	♦	♦
Benefit from natural resources: Orientation of the building, natural ventilation and sunlight.	♦	♦	♦	♦
Incorporate to the indoor environment natural features such as pleasant inner patios, gardens, plants, fountains or waterways.	♦	♦	♦	♦
Domotic control of the classroom (shutters, lightning, heating, etc.)	♦			
Soundproof and acoustic preparation.	♦	♦	♦	♦
Mobile device charging stations powered by solar panels.	♦			
Recharging points for electrical and plug-in hybrid vehicles.	♦			
Avoiding the accumulation of static electricity.	♦			

4. CONCLUSIONS

The educational transformation that we are living nowadays brings along new ways of learning and working. It is from this perspective that at University Miguel Hernández an experience of Design Thinking was implemented in order to co-create innovative educational spaces. Members of different departments and distant levels of responsibility in decision-making regarding infrastructures and educational spaces participated in equal terms.

Although some participants were familiar with Design Thinking methodology, for many it was a novelty. The methodology proved its validity and effectiveness in contributing ideas and suggestions from diverse insights. Stakeholders worked under a dynamic, optimistic and collaborative scenario that favoured communication, interaction and dialogue between people of various sectors and hierarchies. All participants noticed the importance of not limiting views influenced by their academic discipline or specific features of the campus in which they usually work. The workshops offered a broad vision, beyond the immediate surroundings and so we experienced the importance of empathy in this process.

Some of the initiatives mentioned in this paper are already being implemented in UMH facilities, others will be considered for the future and others may never be developed, but the experience was a step forward in the attempt of a better coordination among departments and agents involved in the design of university infrastructures. After the experience, participants were more empathetic and aware that optimal solutions must not only be desirable for users, but also operationally achievable and financially sustainable.

Although most of the participants in the workshops were not experts in designing spaces, their experience as users of university facilities enhances the value of the information provided. More so when we verify that the needs and specifications emerged during the sessions at UMH coincide with those that in recent years are cited in scientific studies of the literature consulted after the workshops.

Finally, although there is a broad consensus in the international community regarding the advances that the design of spaces implies for innovation and educational improvement [15], [16], [17], [18], [19], [5], [7], [20], [4], [21], there are few studies that measure and evaluate the effectiveness of these innovations in the teaching and learning process [22], [23], [6]. Evaluating learning spaces and especially those that have been renovated, constitutes a field of multidisciplinary research with high potential for the future. As a result of this line of inquiry our research team has started to investigate on these issues.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to express our sincere gratitude to the Vice Rectorate of Infrastructures for their participation and financial support. Likewise, we want to show our appreciation to all members of REDEX and especially to the architect José Manuel Picó, without his active involvement and creativity this project would not have been possible.



REFERENCES

- [1] P. Campos Calvo-Sotelo, *Espacios innovadores para la excelencia universitaria: estudio de paradigmas de optimización docente y adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior*. Ministerio de Educación. Madrid. 2011.
- [2] S. Adams, S. Cummins, et al. *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. 2017 Retrieved from <https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2017-higher-education-edition>. Link to photo gallery <https://www.jisc.ac.uk/guides/learning-spaces>.
- [3] B. Vargas, "Educación para el desarrollo sostenible (EDS) y arquitectura escolar. El espacio como reactivo del modelo pedagógico," *Bordón*, vol. 68, no. 1, pp. 145-163. 2015.
- [4] M. Saura, J. Muntañola, et al. "De la educación del arquitecto a la arquitectura de la educación: Un diálogo imprescindible," *Bordón*, vol. 68, no. 1, pp. 165-180. 2016.
- [5] P. Nair, *Blueprint for Tomorrow: Redesigning Schools for Student-centered Learning*, Harvard Education Press. Cambridge, MA 02138. 2014. Retrieved from
- [6] P. Wood, P. Warwick & D. Cox, (2012), "Developing learning spaces in higher education: An evaluation of experimental spaces at the university of Leicester," *Learning and Teaching: The International Journal of Higher Education in the Social Sciences*, Vo. 5, no. 2, pp.49-72. 2012 Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/1651828013?accountid=28939>
- [7] D. Neuman, *Building Type Basics for College and University Facilities*. Ed. Wiley. EEUU. 2013
- [8] M. Coleman, "DESIGN THINKING and the SCHOOL LIBRARY," *Knowledge Quest*, vol. 44, no. 5, pp. 62-68. 2016.
- [9] P. Tonhauser, *Design Thinking Workshop: The 12 Indispensable Elements for a Design Thinking Workshop*. 2015. e-book. Berlin. Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/1786515625?accountid=28939>
- [10] K. Tschimmel, "Design thinking as an effective toolkit for innovation" Paper presented at the XXIII ISPIM Conference- *Action for Innovation: Innovating from Experience*, pp. 1-20. 2012. Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/1368553865?accountid=28939>

[11] P. Prud'homme, "The culture of design thinking for innovation", *Journal of Innovation Management*, vol. 5, no. 2, pp. 56-80. 2017. Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/1957729439?accountid=2893>

[12] F. Mozaffar & S. Mirmoradi, "Effective use of nature in educational spaces design," *Organization, Technology & Management in Construction*, vol. 4, no. 1. 2012 Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/1317622061?accountid=28939>

[13] R. Hare & R. Dillon, *The Space. A Guide for Educators*. EdTechTeam Press. California. 2016.

[14] L. Errázuriz-Larraín. "Calidad estética del entorno escolar: El (f)actor invisible/ Aesthetic quality of the school environment: The invisible (f)actor," *Arte, Individuo y Sociedad*, vol. 27, no 1, pp. 113-132. 2015. Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/1664452798?accountid=28939>

[15] D. Barlow, "The third teacher: 79 ways you can use design to transform teaching & learning," *The Education Digest*, vol.78, no. 2, pp. 71-72. 2012.

[16] D. Cattaneo, D. (2015). "Arquitectura escolar moderna: interferencias, representación y pedagogía", *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, Vol. 6, No. 1, pp. 67-83, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.18175/VyS6.1.2015.06>

[17] D. Harrop, & B. Turpin, "A study exploring learners' informal learning space behaviors, attitudes, and preferences," *New Review of Academic Librarianship*, vol.19, no. 1, pp.58-77, 2013. Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/1826525596?accountid=28939>

[18] P.Lippman, *Can the Physical Environment Have an Impact on the Learning Environment?* CELE Exchange, Centre for Effective Learning Environments, OECD Publishing. 2010.

[19] F. Mokhtar, M. A. Jiménez, et al. "Creando espacios de aprendizaje con los alumnos para el tercer milenio," *Bordón* vol. 68, no. 1, pp. 61-82, 2016.

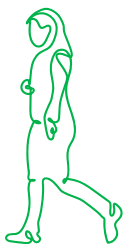
[20] C. Newton, S. Wilks & D. Hes, "Educational Buildings as 3D Text Books: Linking ecological sustainability, pedagogy and space," *Open House International*, vol. 34, no. 1, pp. 17-25. 2009. Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/864906666?accountid=28939>

[21] P. Temple, "Learning spaces in higher education: An under-researched topic," *London Review of Education*, vol. 6, no. 3, pp. 229-241, 2008. Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/61974194?accountid=28939>

[22] S. Kärnä & P. Julin, "A framework for measuring student and staff satisfaction with university campus facilities," *Quality Assurance in Education*, vol. 23, no. 1, pp. 47-66, 2015. Retrieved from <http://publicaciones.umh.es/docview/1648112534?accountid=2893>

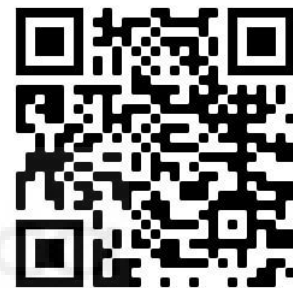
[23] Cleveland, B., Fisher, K. (2014). "The evaluation of physical learning environments: a critical review of the literature," *Learning Environments Research*, vol. 17, no. 1, pp.1-28, 2014. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10984-013-9149-3>





ARTÍCULO 3

**Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving
Towards Sustainable Development Goals**



ARTÍCULO 3

Open Access Article

Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals

This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](#) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Artículo publicado en *Sustainability* en 2019

JCR- Q2 (*Environmental Sciences*) / Cite Score- Q1 (*Geography, Planning and Development*)

Impact Factor: 3.251 (2020); 5-Year Impact Factor: 3.473 (2020)

Affiliations:

Isabel Montiel 1,2,*, **Asunción M. Mayoral 2,3**, **Jose Navarro Pedreño 4,*** and **Silvia Maiques 5**

1 Conselleria de Educació, Generalitat Valenciana, 03007 Alicante, Spain

2 Department of Statistics, Mathematics and Informatics, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain

3 University Institute of Research CIO, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain

4 Department of Agrochemistry and Environment, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain

5 Technical Department at CIEGSA (Educational Building and Infrastructures), Generalitat Valenciana,

46018 Valencia, Spain

* Correspondence: imontiel@umh.es (I.M.); jonavar@umh.es (J.N.P.)

Citar

Montiel, I.; Mayoral, A.M.; Navarro Pedreño, J.; Maiques, S. Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals. *Sustainability* **2019**, *11*, 3573.

<https://doi.org/10.3390/su11133573>



Article

Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals

Isabel Montiel ^{1,2,*}, Asunción M. Mayoral ^{2,3} , Jose Navarro Pedreño ^{4,*}  and Silvia Maiques ⁵¹ Conselleria de Educació, Generalitat Valenciana, 03007 Alicante, Spain² Department of Statistics, Mathematics and Informatics, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain³ University Institute of Research CIO, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain⁴ Department of Agrochemistry and Environment, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain⁵ Technical Department at CIEGSA (Educational Building and Infrastructures), Generalitat Valenciana, 46018 Valencia, Spain

* Correspondence: imontiel@umh.es (I.M.); jonavar@umh.es (J.N.P.)

Received: 14 May 2019; Accepted: 24 June 2019; Published: 28 June 2019



Abstract: The association between learning spaces and new pedagogical approaches is a current issue. Research shows that the classical, more silent, master class is being bypassed by student centered methods with participative classes and active methodologies. Major efforts in teacher training are taken to help teachers implement these new approaches in their lessons. The conditions of the learning space are also influential. The following question is raised: *Can acoustic comfort facilitate innovation and consequently help in the progress towards SDG?* We have focused on public high schools in Spain (IES), in the Valencian Community. Data has been gathered from the visit to thirty high schools. International scientific studies and valid guidelines referring to noise have been reviewed. Findings on the research conclude that acoustic comfort is essential in education and is directly related with the implementation of emerging pedagogies. Likewise, the outcomes of the investigation hope to raise awareness among authorities and civil society that improvement of sound quality in learning spaces facilitates the achievement of sustainable development goals (SDG), particularly those concerning goal 3 (health and wellbeing), goal 4 (quality education) and goal 9 (sustainable infrastructures).

Keywords: educational innovation; active methodologies; learning spaces; space design; acoustic comfort; sustainable development goals

1. Introduction

Student centered methods with participative classes are narrowing the gap between the methodology used in education and labour market challenges as society is moving towards a more sustainable development.

We strongly believe in the words cited in the Spanish Education for Sustainability Report published in 2017 “A school that promotes education for sustainable development is a community that teaches for the future, is part of a complex culture, uses critical thinking, clarifies values, that lives and experiences the environment and acts responsibly seeking sustainability. As a result, it offers an innovative education, in which the organization is examined, as well as the operation and management, democratic participation, methodology and role of the teachers, and consequently, fosters cooperation with local, regional or global nets” [1] (p. 10).

We also support the commitment with the Agenda 2030 and the importance of moving towards sustainable development goals (SDG). This specific study concerns targets corresponding to SDG3 (health and wellbeing), SDG 4 (quality education) and SDG 9 (sustainable infrastructures). Through active and participatory methods, we are promoting a work philosophy that listens to the community,

and stands on values and attitudes that encourage change towards more sustainable development outcomes [2,3].

However, we are currently witnessing that in spite of teacher training in order to expand active methods, on site, in the classroom, obstacles arise and bottlenecks appear. Very often, these challenges are related to the building environment. Only recently the connection between the physical features of the environment and its effects on user's performance [4–6], frame of mind and emotional states of the students [7], even discipline and behavior issues [8] have started gaining momentum. Even more recent is the relationship between spaces and the effects on teachers' health and conduct [9].

There is a broad international consensus on the virtues of active methodologies and how these encourage more sustainable outcomes. It is our objective to raise awareness amongst the educational community and decision makers in the planning and design of schools that optimal sound insulation is needed and proper sound absorbing materials should be used in construction and refurbishment of learning spaces [7].

This article about acoustic comfort is part of a wider research aimed at contributing useful guidelines so educational spaces become facilitators of the work and achievements of students and teachers. Thus, the building itself and the constructed school environment take an active role in transforming educational methodologies and helping implement an education for sustainable development [10]. If we are supporting active methods to guarantee the achievement of SDG, what is the role of acoustics? Do we have suitable conditions? *Are learning spaces adequately conditioned regarding acoustic comfort* (proper insulation, optimal wall, floor and ceiling coverings in order to avoid reverberation, appropriate location within the school, etc.)?

The next step is to investigate the weaknesses of classroom conditions and the relation between them and the implementation of new active methodologies, which produce necessarily more noise. Twenty first century methodologies no longer focus on only one person, the teacher, who imparts knowledge to pupils while they listen and learn in silence. Nowadays, the new strategies, more so, with young and adolescent students cause "noise", specially to users of adjacent rooms, who may be a lot older.

New pedagogical approaches inspire teachers, at all levels of education, to implement techniques that diverge from the classical master class. Active learning strategies and methodologies such as cooperative learning, design thinking, learning by doing, flipped classroom, use of ICT to produce, project-based learning-ABP, learning and service projects, inquiry-based learning and different uses of mobile devices are student-centered methods endorsed by competencies in the four C's: Communication, collaboration, creativity and critical thinking [11].

Some of the questions that support our research concern physical space and involve more directly architects, engineers and designers: *Are acoustic conditions favorable in classrooms (even for traditional methodologies)?* Others regard new ways of learning and teaching: *Are acoustic conditions acceptable for certain new methods? Can acoustic discomfort limit or slow down teachers' urge to implement innovative strategies?* Others refer to health issues: *Does the need to battle background noise cause throat problems, temporary voice loss, and other physical, emotional or mental problems in teachers or students?* They all lead to the key question: *Can acoustic comfort facilitate innovation and consequently help in the progress towards SDG?*

2. Materials and Methods

Our research has focused on public Institutos de Enseñanza Secundaria (IES), public high schools, in the Valencian Community in Spain. It is advisable to clarify certain details about the functioning system of these schools. Figure 1 describes a brief outline of the education provided at a Spanish high school. These schools in most of the cities of the Valencian Community administer a wide spectrum of educational levels: Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), Advanced Secondary education (Baccalaureate) and vocational studies (Formación Profesional -FP-). Most schools enroll about one thousand students. The age of students is also wide ranging,, somewhere between 12–13 years of age, for first year secondary education and over 40 in some cases for vocational study students. The most

- PLANS & LEGISLATION. Regulations for the construction of public secondary schools in the Valencian Community have been consulted, as well as the floor plans of twenty high schools. The report, which was sent to the Inspection of Education [12] after the inauguration of IES Mediterrània of Benidorm (Alicante) in 2007, can be considered as the initial concern for this investigation.
 - DESIGN THINKING WORKSHOPS. We are aware of the importance of participatory approaches in an education for sustainable development education. Therefore, we have promoted and attended design thinking processes for the planning of university learning spaces. Outcomes of these workshops [13] are easily comparable with high school requirements and therefore have been used in point four of this paper to contribute to solutions and suggestions.
 - PROJECT WORK FOR AWARENESS. Students were involved in projects implementing a methodology of participatory action research in order to raise awareness of noise issues and highlight that we all need to be part of the solution. An example of these activities is the video mentioned in Section 3.2 “Architects, Help!” [14].
 - SURVEYS, INTERVIEWS AND FIELDWORK. We have visited thirty schools in the Valencian Community, mainly in the province of Alicante and conducted individual and collective interviews to principals and teachers. Furthermore, a structured survey, about the efficiency of learning spaces was sent to teachers of the high schools in the province of Alicante. The Educational Authorities of Alicante (Direcció Territorial de Educació de Alicante) have been informed of the ongoing investigation. Gathering of statistical data and indicators supplied by surveys, interviews and visits to IES occurred between July 2018 and March 2019, although other informal school tours and interviews had been taking place for an extended period of time.
- Interviews. A total number of twenty-two directors were interviewed using a face-to-face semi structured interview [15], that is, previously prepared questions, but that can be adjusted or new ones added according to the participants’ answers. One hundred percent of the public high schools in the city of Elche (Alicante), fifteen in total, participated in the study. The duration of each interview and the school tour that followed lasted between one and a half to two hours.
 - Survey. The day after the interview, an online structured questionnaire, specific for teachers, was sent for the principal of the high school to pass on to the staff. This tool provided the investigation with feedback from teachers concerning conditions of the spaces they use as well as the methodologies they implement. It also gives specific information concerning the subject each teacher lectures teaches with a differentiation between academic subjects, taught in standard classrooms and practical ones, which use specific classrooms or workshops. For this particular paper, only the answers concerning acoustics in standard classrooms were considered, 147 responses in total. The findings are summarized later in this article. See Figure 3 for distribution of subjects.

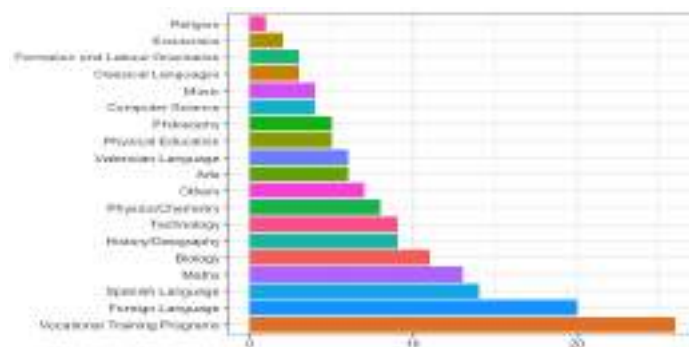


Figure 3. Distribution of responses to questionnaire according to subjects.

With respect to the statistical methodology used to analyze the data, the significance level is set to 95%. To compare proportions, we use a z-test and to compare means we use a Student-t test, which is available in common statistical bibliography.

3. Findings and Discussion

3.1. Findings Obtained from Scientific Review

3.1.1. Negative Effects of Noise in Schools

Studies consulted agree upon the fact that poor acoustics or noise that comes from within or outside of the classroom interferes with student's learning and hinders teacher's ability to continue with instruction [7,16–19]. Working in the presence of a continuous background noise affects academic performance [20,21]. Some authors argue that even if acoustic pollution did not have a direct effect on academic performance, health issues should be considered of major importance [7,22].

Measurements carried out in primary and secondary schools in Finland [24], Sweden [17], Brazil [25], Iran ([21]), The United States [20] Turkey [26] and Perú [27] show that schools are exposed to greater noise levels than recommended. In some cases, causes of this noise pollution are due to external factors such as, air traffic or highway noise, but it is more common that the noises come from activities that take place from within the school such as, music, sports, games, engaging dynamics, lunchrooms [7]. According to data from the Department of Education of the Basque Government in school dining halls, comparable to cafeterias in high schools, the average level of decibels can reach 85 decibels (dB), going up to 100 dB in many instances. According to law [28], in classrooms, noise levels should be under 40 dB (see Table 1). Acoustic quality noise levels inside buildings according to their use during daytime (Ld), afternoon (Le) or night (Ln) is shown in Table 1 [23]. A comparative level of sounds is displayed in Table 2 [29].

Table 1. Acoustic quality goals for noise levels inside buildings for residential use, hospitals, schools and cultural centers. References for 1.2 to 1.5 m height. Retrieved from Royal Decree 1367/2007, 19 October [23].

Use of the Building	Type	Noise Level (L)		
		L Day	L Afternoon	L Night
Residential use	Living areas	45	45	35
	Bedrooms	40	40	30
Hospitals	Siting areas	45	45	35
	Bedrooms	40	40	30
Schools and cultural	Classrooms	40	40	40
	Reading rooms	35	35	35

The distraction that is created in noisy environments alters cognitive performance [5]. Unfavorable acoustic conditions not only affect oral comprehension, but also written comprehension and expression, due to the reduced ability to concentrate and remember facts. "The 9 Foundations of a Healthy Building" [16] is a study conducted in 2017 by a multidisciplinary team of experts from Harvard University working with a program to develop healthy buildings. This research verifies that noise causes distraction and interferes with students' learning and can affect cognitive development, especially in children younger than 15 years, who are still in the process of developing language skills. Furthermore, students with special needs, such as attention deficit disorder or hearing loss suffer from more severe uneasiness due to noise disruption [5,30].

It is admitted that the discomfort that is generated by noise not only limits concentration and attention, which causes physical stress and fatigue due to the tension that it creates, but also produces

psychological stress, causing people to feel irritable or frustrated. Furthermore, psychological stress and irritation due to noise can be the reason behind incidents in the classroom [8,16]. A relationship has been observed between annoyance caused by persistent noise and an increase in disruptions that create discipline issues [20]. It can also induce professional dissatisfaction and uneasiness amongst teachers, making them feel reluctant to incorporate more engaging dynamics.

Table 2. Comparative table of the level of common sounds, expressed in A-weighted decibels (dB (A)) [29].

COMPARATIVE TABLE OF DECIBELLS	
Birds singing	20 dBA
Rustling of the wind in trees	25 dBA
Reading room	35 dBA
Computer	45 dBA
Conversation between two people	55 dBA
Vacuum cleaner	70 dBA
Office (10 people)	75 dBA
Garbage truck	85 dBA
Road traffic	90 dBA
Car horn	95 dBA
Bus horn	100 dBA
Disco music	110 dBA
Motorcycles	115 dBA
Hydraulic drill	120 dBA
Jet airplane takeoff	140 dBA

Moreover, background noise forces teachers to raise their voice 10–15 dB above normal conversation level [31]. Physiological intensity of the voice at normal conversation level is equal to or lesser than 60 decibels. This means that a teacher speaks at a level of at least 70 dB during a good part of the day. This situation causes work-related disorders, such as loss of voice (according to the Spanish Federation of Education Workers, 22% of Spanish teachers suffer voice loss), sore throat, nodules [9,30,32] or even mental fatigue, anger and irascibility [16,18].

3.1.2. Practical Compared to Academic Subjects

Research confirms that certain subjects do not face noise issues the same way as others. A contrast exists between “practical” and “academic” subjects. Practical subjects are those taught traditionally in workshops, labs or specific classrooms, while academic subjects are instructed in standard classrooms [21]. Subjects that are taught in spaces equipped for workshops (technology, art) laboratories (physics and chemistry, biology, natural sciences) sports (physical education), and computer classes implement a more engaging methodology and do not face noise disruptions the same way as other academic areas. Academic subjects are the most adversely affected by noise disruptions. According to studies conducted in Sweden in students from ages 12 to 14, the results in reading comprehension tests were higher in quieter classrooms [31]. The results of the math tests, which were carried out in the United States, also show lower grades in classrooms where there were higher noise levels [20].

It is important to highlight this fact, seeing that in Spain these two subjects, mathematics and language are considered key subjects for promoting from one year to the next in Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO—Compulsory Secondary Education). That is, a student in ESO can be promoted to

the following level having failed two subjects, as long as they are not mathematics and language [33]. This is important for obtaining the Certificate in Compulsory Education. According to information from the National Statistics Institute (INE) for data of 2017, Spain has a very high school drop-out rate (18.9%), whereas the average for the EU is 10.7%.

3.1.3. A Participatory Approach

A participatory appraisal is necessary [34–36] to solve problems concerning learning spaces and to avoid repeating future construction errors due to the lack of knowledge about teaching methodologies on the planners' part.

Awareness is growing amongst architects and engineers on the need to bear in mind that problems created by poor acoustics are difficult to solve after the basic design phase of the building and specially have a greater economic cost [4,37,38]. For the purpose of a proper planning and design of a school, it is necessary to know first-hand the use that each space will have [37], and for this reason we should turn to participatory processes [34–36]. Particular efficiency is being demonstrated by the methodology of design thinking [13,39–41].

Furthermore, countries that exemplify educational innovation, such as Finland, are starting to establish multidisciplinary commissions to evaluate the design of new schools as well as to advise on the renovations of existing ones in order to provide optimal learning space quality [7,29]. These commissions are convincing authorities to include conclusions of their studies in specific legislation for school building construction [7,22]. Therefore, the infrastructure itself becomes an ally in the development of methodologies based on collaborative work and facilitates the learning process [10].

3.2. Findings Obtained from Plans and Legislation

The Noise Pollution Protection Act. (Law 7/2002, 3 December, Generalitat Valenciana) [28] states that “Noise, contemplated as an undesired sound by the listener or an unpleasant and annoying sound, is nowadays a cause of concern as a result of its effects on health and human behavior, individually and as a group; examined the physical, psychological, and social consequences.” Noise is a key indicator of environmental quality. It is an acoustic pollution and therefore, greater noise generates a lower quality of life [42].

Thereby, the need for acoustic comfort is gaining significance. Both from the education sector to environmental agencies, steps are being taken to educate citizens about the negative effects and highlighting that noise pollution affects our health and wellbeing. Various cities in Spain have developed programs along these lines. Madrid, for example, created in 2005 the educational program “Educar para vivir sin ruido” (Educating for life without noise) [43]. This program offers guided teaching approaches to work on activities in primary and high schools to engage everyone in the community to take action and control the noise in their immediate surroundings, schools, neighborhoods, and homes. Inside schools, initiatives are also being undertaken, as seen in the projects carried out by 1st ESO students at IES San Miguel de Meruelo in 2013 [44] or in the video “Architects help!”, produced by 2nd ESO students at IES Mediterrània in Benidorm in 2017 [14].

The side effects that buildings have on people are, fortunately, a growing concern. Research shows that the building environment has repercussions on people's health as well as on work performance. The Building Ordinance Act (38/1999 of the 5th of November-LOE-La Ley de Ordenación de la Edificación) [45] passed in 1999, is a state level law. It covers educational and cultural buildings and includes guidance in order to improve the user's well-being. Article 3 defines the basic building requirements as related to functionality, security and habitability. In the latter, sound protection is included; it establishes that users should be able to carry out their duties successfully and that noise should not put a person's health at risk.

The uneasiness that noise pollution creates occupies one of the top issues in the list of concerns in modern communities. Nowadays, it is increasingly common to refer to the IEQ (Indoor Environment Quality) level of a building [46]. This concept includes elements such as noise, thermal comfort, indoor

air quality and even visual comfort. The ambient quality is related to higher productivity [31,47]. Furthermore, guides are being published for architects which include recommendations for sustainable construction such as: LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) [48] or GSAS (Global Sustainability Assessment System) [49]. Although in educational buildings there is still, a lot of ground to be covered [37].

In Spain, the Technical Building Code (Código Técnico de la Edificación) [50], passed in 2006 and subject to continuous changes, is the current framework, which is mandatory to comply. The Technical Building Code regulates the basic quality demands of buildings, which are included in the Building Ordinance Act. It is composed of a General Part and a series of Basic Documents: Structural integrity, fire safety, use and accessibility safety, energy savings, and health and noise protection.

The approval of the Technical Building Code has meant a qualitative leap in regard to the way insulations are viewed in Spain. The Basic Document of Noise Protection (Documento Básico de Protección contra el ruido) included in the Technical building code [50] was modified in 2016. Its objective is to establish rules and procedures to limit the risk of sickness and discomforts that noise pollution can cause in the people who occupy the buildings. According to this document, the construction materials should satisfy the appropriate noise characteristics in order to reduce airborne sound transmission, reduce the noise caused by impacts, reduce the noise caused by vibrations from the building's mechanical equipment, and, finally, limit the noise caused by reverberations in every area of the building. Compliance with this Document ensures minimum levels of quality for the basic requirements of noise protection.

This Basic Document of Noise Protection, also a state law, is what determines the sound criteria for the construction of the high schools in the Valencian Community. However, this document determines, mainly, the minimum insulation needed to protect interior spaces from noises caused by external sources and has been modified as recently as 2016, all the schools subject to study were built before that date. Architects are required to take data from city noise maps, which give information about the intensity of the sound that is produced in each area and each street of the city. According to this information and using different charts from the Basic Document of Noise Protection, the amount of necessary insulation is calculated. For example, insulation for facades fluctuates between 33 and 53 decibels, depending on the city map for outside noise.

Regarding the interior spaces, when designing a school, each space should be classified according to its use, for example, premises such as classrooms and offices are considered to produce a noise (R) less than 70 decibels. Other activity premises such as music rooms, workshops, cafeterias are considered to produce a noise level between 70 and 80 decibels.

Areas classified for instructional purposes (classrooms, multi-purpose rooms, offices, departments and the library) are designated as protected spaces. Upon studying the charts of the Basic Document of Noise Protection, these areas should be insulated from each other for at least 50 dBA (A-weighted decibels). Between a protected area, a classroom for example, and a mechanical room, such as the boiler room, they should be insulated from at least a level of 55 dBA. Additionally, anti-impact iron sheets must be placed on the roof to insulate from impact caused by noise. Moreover, vibrations from the mechanical equipment should be reduced with shock absorbers which absorb the movements produced by the equipment in order to avoid the noise being transmitted to the rest of the building.

In the Construction Plan of a school, a report on the buildings' compliance with the Basic Document of Noise Protection must be included. Furthermore, once construction has begun, it must be supervised meticulously in order to control materials' reception and to assure they are quality materials. Attention to detail and good construction should be closely monitored to avoid "sound bridges." Once construction is finished, noise studies should be conducted on the premises to guarantee the compliance of sound protection in classrooms and protected areas. All in all, according to law, acoustic comfort should be guaranteed.

However, there are no specific guidelines in the regulations that indicate that school sport fields or playgrounds should be located away from classrooms, nor that music rooms should be placed on

the highest floor of the building, away from protected areas or maybe, even outdoors. Nor are there directives, which state that the cafeteria or gym should be in a different building than the classrooms. These seem to be left to good common-sense practices of the planners.

The Spanish Basic Document of Noise Protection [50] has, mainly, the goal to protect the premises from external noise (street). This fact should be changed and noise within the school should have the same consideration.

We find that noise pollution in high schools is due to the use of low-quality soundproofing elements, or even the use of materials that increase reverberations [7], or due to a lack of planning as seen in the layouts of Figures 4 and 5.

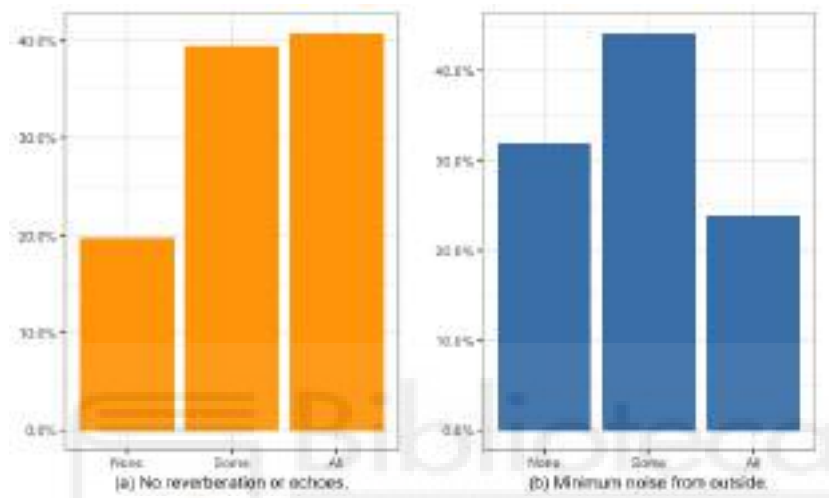


Figure 4. Results from the structured survey to teachers about the acoustic conditions of the classrooms. (a) Percentage of teachers that indicate the absence of reverberation or echoes in none, some or all of the classrooms they teach in; (b) percentage of teachers that indicate minimum noise/disruption from outside in none, some or all of the classrooms they teach in.

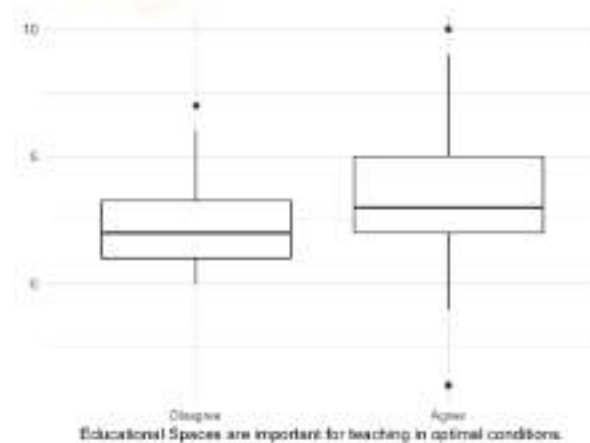


Figure 5. Willingness to apply active methodologies if space conditions improve.

3.3. Findings Obtained from Field Work, Interviews and Survey

3.3.1. Findings from the Teachers' Questionnaire

A structured survey, about the efficiency of learning spaces was sent to the high schools in the province of Alicante. The questions regarding acoustic comfort in the classroom were the following:

- *Are the acoustic conditions of the classrooms in which you teach acceptable (There is no reverberation or echo)?*
- *p096. Are noises from outside or adjacent spaces minimum (they do not cause disruption/discomfort)?*

Figure 4a shows the percentage of teachers that indicate that none; some or all the classrooms they teach in have reverberations and echoes. Twenty percent say in none of the spaces the acoustic comfort is acceptable, 39% indicate that only in some spaces and 41% say there are no reverberations or echoes in all the spaces where they work.

Figure 4b illustrates the percentage of teachers that point out that in none, some or all the classrooms they teach in the noise from outside is minimum. Thirty-two percent admit that in none of the classrooms noise is minimum, 44% say in only some rooms it is minimum, if we add these two results, we can conclude that 76% feel discomfort due to outside noise, and only 24% acknowledge acoustic comfort in all the rooms they teach in.

p-values for z-test are considerably lower than 0.05 (significance 95%):

- *p*-value = 4.353×10^{-6} concerning acoustic conditions inside the rooms (tiling, shape, structure)
- *p*-value < 2.2×10^{-16} regarding insulation from outside noise or adjacent rooms.

Thus, we can affirm that most teachers do not feel acoustic comfort in classrooms, both for internal conditions as for noises coming from outside. Statistical evidence is significant.

Regarding the question *can acoustic discomfort limit or slow down teachers' urge to implement innovative strategies?* Two aspects considered in the questionnaire respond to this research question:

- *How important do you consider a better conditioning of learning spaces in order to perform in optimal conditions.* Teachers were asked to answer on a scale from one to five. Although this inquiry does not directly refer to acoustics it has a direct relation to it. The results were categorized in two levels: Those who value the need of better conditioning positively (rate 4 and 5 measured on the Likert scale) or negatively (rate 1, 2, and 3).
- *How would teachers use active methodologies in optimal working conditions in relation with the methods they are using currently?* Each rating (actual and optimal use) was collected on a scale from 0 to 10, therefore the difference is on a scale between (−10,10). Positive rates identify a proactive attitude towards the incorporation of active methodologies providing optimal conditions were given in the school.

We resolve our question through a Student-t test with an alternative hypothesis: *“those teachers that recognize the need of good conditioned spaces (and therefore good acoustic conditions) are more motivated to move on towards using active methodologies than those who don't care about educational spaces (or acoustic conditions)”*. Differences are shown in Figure 5, and clearly significant given a *p*-value of 0.037 for the Student-t test. Thus, we verify that the implementation of active methodologies is restricted by the space conditions, in which acoustic comfort is included.

3.3.2. Music Rooms

The case of the **Music subject in ESO** requires particular attention in Valencian Community, a region of strong musical tradition. Not until 1990 when the LOGSE Education Act took effect, was music a noise issue. Before then, very few high schools had music teachers. The subject of music was more theoretical and philosophy and humanities teachers would teach concepts about the history of

music; instruments were rarely or never used, with the exception of, sometimes, the recorder. However, since then and ever so gradually, musicians who hold a degree required for teaching music classes have joined the faculty at current high schools. Nowadays, there is also a more practice-based music curriculum. Through new methodologies students are invited to bring out their inner talent and to participate in projects and concerts, rehearsed in class, but performed in the local community or even internationally through Erasmus programs. Furthermore, some of these projects are based on community and learning-service approaches pursuing sustainable development objectives, as is the event that is held at the Hospital General Universitario de Alicante (University General Hospital of Alicante) by Special Educational Needs students [14]. With such activities, values are promoted through action, not only by conceptual means.

Even though the music curriculum for the ESO is broad and not only limited to playing instruments, it is obvious that practice, rehearsal and performances raise student's motivation and levels of self-esteem. The sound of the instruments due to lack of soundproofing causes discomfort in adjacent rooms. Interviews confirm that the discontent is more prevalent among teachers of academic subjects, given that part of their lessons require greater concentration and silence for exercises. Such is the case in foreign language comprehension and expression, writing in history, philosophy, reading comprehension in any language, calculating and problem solving in mathematics.

As there are no regulations about the location of music classrooms, cases such as those seen in Figure 6 can occur. The building of the IES Mediterrània in Benidorm was inaugurated in 2007. It was designed for 1000 students and 90 teachers. The school was constructed with two non-soundproofed music classrooms on the main floor of the central building and larger in dimensions than other classrooms, which makes it difficult to find another location for these spaces. According to facts from the interview conducted with the principal in June 2018, the school has invested more than 30.000 euros trying to soundproof the space, but it has not been very effective. It's not only the financial cost but a growing tension and a feeling of powerlessness on the affected teachers that makes the situation problematic.

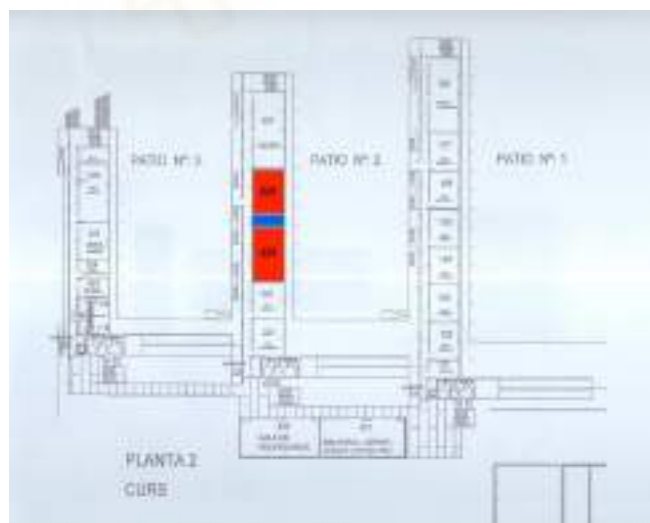


Figure 6. Music rooms (223 and 225) in the center of the school premises.

Truth-be-told, this is the only school where we have observed this situation. However, the uneasiness caused by this mistake, declared by teachers and students, reaches such an extent that it is important to be aware of this fact for future school planning and construction.

3.3.3. Foreign Languages

Emerging methodologies promote increased verbal communication in the foreign language classroom by both the professors and students. Students are expected to interact between classmates and the teacher, as well as conduct oral presentations in the target language in order to achieve sustainable development goals. Oral expression in the language is considered equally as important as oral comprehension. With the latter, one must bear in mind the importance of audio transmission devices and the need of clear sound and little reverberation. Teachers that give instruction in a language that is not the mother tongue of the students, state that they require spaces in which the acoustics of the learning environment have been carefully taken into consideration. One hundred percent of the foreign language teachers (nine English teachers and three French teachers) interviewed at IES Mediterrània claim difficulties in their subject due to the noise from other activities in the school, mainly music rooms and sport fields. See Figure 7.



Figure 7. All classroom facades facing sport fields.

4. Recommendations and Conclusions

4.1. Recommendations

Following are a number of solutions that emerged from the analysis of scientific literature, outcomes of design thinking workshops, conclusions of field trips to the school premises, or findings collected from surveys and interviews with teachers. They are suggestions belonging to a sustainable development education approach that would definitely, contribute to an improvement of acoustic comfort in learning spaces.

We have divided the ideas into three categories according to an estimated financial cost.

4.1.1. Category I. High Financial Cost

The first category includes ideas concerning the building design. They would avoid errors that indicate a lack of vision on the part of the planners or little knowledge of the current educational uses of the spaces. These mistakes are difficult to solve once the building construction has finished or represent a substantial investment after construction and should not be charged on the school's budget.

The following are important recommendations:

- It is advisable to plan sources of noise “pollution”, such as playgrounds, sport fields or music rooms, not facing or adjacent to classrooms or libraries [7] as seen in Figures 6 and 7.
- Heating and ventilation ducts are noise conductors. Shared systems should be avoided in order to prevent noise interference [51].

- The geometry of space also influences acoustic comfort. In rooms that are narrow, sound bounces back from the walls generating reverberation and acoustic discomfort to the users [37], therefore square spaces are more acoustically comfortable.
- Vertical ceramic tiling or huge glass windows increase reverberation. The echoing of sound is worse when walls, floors and ceilings are not porous. It has been observed, in certain schools, that they have added porous elements, for example, sound-absorbing ceiling or covering vertical paneling with cork, and this has improved greatly the sound quality in the room.
- Classroom doors should not face each other [25].
- It is strongly recommended that a guide be written specifically for high schools, with instructions on where to position the noisiest spaces, bearing in mind that in IES in Spain, adult education and young students share the same premises and once the building is occupied structural changes are difficult and expensive.

4.1.2. Category II. Medium Cost

These measures do not require major structural changes, they are cost effective solutions, advisable even in buildings already in use.

- Insulate rooms with double glazed windows.
- Light sources and air conditioning units for libraries, reading and study rooms should be especially silent [20].
- Music rooms should keep windows closed at all times when playing instruments. In the SE of Spain air conditioning would be required in such cases. This choice does not contradict the previous point, as activities conducted in these premises are usually louder than the level of noise produced by air conditioning units.
- An idea noticed at IES Tirant lo Blanc, Elche, was to equip certain instruments in the music room with headsets for individual rehearsals.
- Impact-absorbing materials should be used in interior decoration on walls, ceilings, floors and windows in order to avoid reverberation [20,25,37]. Adding internal curtains or blinds to the windows helps both for solar protection and acoustic comfort.
- In high schools, designing at least one Foreign Language lab would be sensible, properly insulated and equipped with quality loudspeakers for reproducing listenings, video conferences and videos of native speakers. This solution is just a matter of interior design of a standard classroom.
- For the purpose of avoiding the noise that is generated from moving desks and chairs every 55 minutes, it is advisable to install felt or rubber studs under chair and desk legs [7,26] or arrange timetables of certain classrooms for longer periods of active methodologies. This is the measure that has been adopted at IES Cayetano Sempere in Elche, where teachers that more often use project work are assigned to certain rooms.
- In the same line as mentioned above, a specific area for project work, co-working, thinking-lab, as seen in Figure 8, could be adapted for the use of general academic subjects, which are usually taught in standard classrooms. Again, this is a matter of interior design not structural changes.



Figure 8. Example of a Thinking Lab, consequence of a participatory appraisal at University Miguel Hernández, 2019.

4.1.3. Category III. Low Cost

This third category includes recommendations that not always need a significant financial investment. They are solutions backed up by neuroscientists. Studies in neuroscience have confirmed that our brain reacts to certain stimuli [52,53]. These studies suggest the need to generate friendly, comfortable spaces and pleasant sounds, areas with views, close to or in contact with natural or artificial nature.

- It is recommended to replace the siren or bell indicating the end of the lesson by music [26]. In 12 of the 30 schools evaluated this measure has been implemented, in some cases involving students and making them responsible for the type of music chosen for the occasion. Loudspeaker systems should be tested and function correctly for a better operation of this solution.
- Studies verify that working in offices with tables in “open-planning” increase distraction. In these areas they suggest the use of plants as barriers, soft music or nature sounds in order to improve concentration [17]. Very few of the schools evaluated have silent rooms for teachers to correct papers, prepare lessons or do research. Most teachers express that they work at home or in the main teachers’ room under conditions that are not favorable for concentration.
- Open spaces also have advantages but it is necessary to create privacy for certain activities, such as personalized tutoring or private parent meetings. One hundred percent of the principals interviewed claimed lack of space, and therefore declare to optimize corners in corridors or other areas and make them suitable. Some companies design special furniture for these purposes, as the example in Figure 9.



Figure 9. Sofa and table designed by the company *ACTIU* to insulate from noisy surroundings in open spaces [54].

Finally, in an education for sustainable development it is important to raise awareness about the negative effects of the noisy and loud society in which we live [26] and the benefits of tranquility and balance. In this sense, some schools request permission for holding activities that help relieve stress, encourage serenity and concentration. All members of the school community are invited to attend these sessions. They are extracurricular and take place during break-time or after school. Examples of these activities were found in IES La Torreta in Elche or IES Mediterrània in Benidorm.

4.2. Conclusions

Based on the results of this study, the following conclusions can be put forward:

- In the past, building design in learning spaces was not as influential as it is nowadays, at least concerning acoustic needs, since the classes were more teacher-centered and consequently more silent.

- Nowadays, findings prove that classrooms do not meet the appropriate noise requirements to be able to complete cognitive assignments, which require concentration [55]. With regard to the question concerning physical space, *are the classrooms acoustically conditioned (even for traditional methodologies)?* Results of the surveys and interviews show that the conditions need to be improved. We suggest that planners, architects and engineers participate more closely with the school community in order to empathize and understand more about methodologies that are being implemented. Specific mention is the case of the planning of the music rooms or sport fields seen in Figures 6 and 7.
- About the questions regarding **methodologies**, *can acoustic discomfort limit or slow down teachers' urge to implement innovative strategies? Are classrooms acoustically conditioned for implementing new methodologies?* Findings from the interviews state that if, for example, moving furniture causes a noise that may bother colleagues or if there is reverberation, echo or disruption from outside, the teacher tends to implement activities that are more silent and easier to control. This case was mentioned specially by foreign language teachers.
- Concerning the question about **health issues**, *does the need to battle background noise cause throat problems, temporary voice loss, and other physical, emotional or mental problems?* There is no doubt to this question, whose response can be found in numerous articles worldwide, many of which have been cited in this paper. The investigation reveals that noise pollution and reverberation is a major discomfort for teachers and students. It produces irritability, lack of concentration, weariness, depression, headaches and so on. In students it may cause a drop in academic results, especially in mathematics or languages. In teachers, it can mean taking sick leave due to voice ailments. Therefore, findings of the research should have practical consequences for the design and/or refurbishment of schools [7,22,24].
- In the following explanation we find the response to the key question *can acoustic comfort facilitate innovation and consequently help in the progress towards SDG?* During our observation we have seen that progress towards an education for sustainable development is being achieved by implementing more participatory, active and student-based pedagogies. Many of these pedagogies tend to raise the noise level of classrooms. If we improve acoustic conditions, activities taking place in one room will not interfere or be a bother for users of adjacent rooms that may be writing exams or implementing tasks that require less noise tolerance. Teachers will feel free to choose their activities and teaching method as needed and not limited by the acoustic conditions of space. We believe this will help progress towards SDG and allow students to thrive in different learning environments.
- We are aware that improving the academic results and motivation of students and teachers and implementing new methodologies is a complex and challenging task that should not be simplified to an issue of space design. However, structural features of the classroom in particular and the school building in general are undoubtedly decisive.
- The most successful way to reach creative solutions is *through a participatory approach* that involves the whole school community as well as designers and planners. *Viable solutions are possible for all different types of budgets, as has been indicated in point 4.1.*
- Finally, we consider it is essential to prepare a *White Paper for the design of public high schools in Spain for the sake of moving towards sustainable development goals.*

Author Contributions: Conceptualization, I.M., A.M.M. and J.N.P.; Methodology, I.M. and A.M.M.; Validation, A.M.M.; Formal Analysis, I.M. and J.N.P.; Investigation, I.M. and A.M.M.; Resources, I.M., A.M.M. and S.M.; Data Curation, A.M.M.; Writing—Original Draft Preparation, I.M. and A.M.M.; Writing—Review & Editing, J.N.P. and S.M.; Supervision, A.M.M. and J.N.P.

Funding: This research received no external funding.

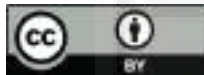
Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References and Notes

1. Benayas, J.; Marcén, C.; Alba, D.; Gutiérrez, J. *Educación Para la Sostenibilidad en España. Reflexiones y Propuestas*. Fundación Alternativas y Red Española Para el Desarrollo Sostenible; Documento de Trabajo Opex No. 86/2017; Fundación Alternativas: Madrid, Spain, 2017.
2. Bascopé, M.; Perasso, P.; Reiss, K. Systematic Review of Education for Sustainable Development at an Early Stage: Cornerstones and Pedagogical Approaches for Teacher Professional Development. *Sustainability* **2019**, *11*, 719. [CrossRef]
3. Breiting, S.; Mayer, M.; Mogensen, F. Criterios de Calidad para Escuelas de EDS. Austrian Federal Ministry of Education, Science and Culture, Dept. V/11c 2005. Available online: <https://www.ensi.org/global/downloads/Publications/211/QC-ESP.pdf> (accessed on 3 February 2019).
4. Crampton, F.E. Spending on school infrastructure: Does money matter? *J. Educ. Adm.* **2009**, *47*, 305–322. [CrossRef]
5. Woolner, P.; Hall, E. Noise in Schools: A Holistic Approach to the Issue. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. **2010**, *7*, 3255–3269. [CrossRef] [PubMed]
6. Woolner, P.; Thomas, U.; Tiplady, L. Structural change from physical foundations: The role of the environment in enacting school change. *J. Educ. Chang.* **2018**, *19*, 223–242. [CrossRef]
7. Gilavand, A.; Jamshidnezhad, A. The Effect of Noise in Educational Institutions on Learning and Academic Achievement of Elementary Students in Ahvaz, South-West of Iran. *Int. J. Pediatrics Mashhad* **2016**, *4*, 1453–1463.
8. Guardino, C.A.; Fullerton, E. Changing Behaviors by Changing the Classroom Environment. *Teach. Except. Child.* **2016**, *42*, 8–13. [CrossRef]
9. Rantala, L.; Sala, E. Associations between Classroom Conditions and Teacher’s Voice Production. *Energy Procedia* **2015**, *78*, 3120–3125. [CrossRef]
10. Guía de Diseño de Espacios Educativos. Proyecto conjunto del Ministerio de Educación con Unesco-Orealc. In *Reforma Educativa Chilena: Optimización de la Inversión en Infraestructura Educativa*; MINEDUC; UNESCO: Santiago, Chile, 1999.
11. Campell, C.; Brokmann, H.; Vugts, J.; Van Oorschot, E. Acoustic Impact on Effective Teaching and Learning Activities in Open Learning Spaces. In Proceedings of the Conference Proceedings Euronoise, Crete, Greece, 27–31 May 2018; pp. 1741–1748. Available online: http://www.euronoise2018.eu/docs/papers/293_Euronoise2018.pdf (accessed on 21 March 2019).
12. Informe Anexo Memoria Dirección Fin De Curso IES Mediterrània 2006/07. Available online: <http://bit.ly/2YckjN3> (accessed on 21 March 2019).
13. Montiel, I.; Mayoral, A.M. Promoting Innovative Learning Spaces at Universidad Miguel Hernández. In *ICERI 2018 Proceedings*; IATED: València, Spain, 2018; pp. 4790–4797.
14. Video Produced by 2° ESO Students in 2018 at IES Mediterrània, Benidorm, Spain. “Architects Help!”. Available online: <http://bit.ly/2Ycx6PA> (accessed on 21 March 2019).
15. Ramli, N.H.; Ahmad, S.; Taib, M.Z.M.; Masri, M. Principals’ Perception on Classroom Physical Environment. *Procedia Soc. Behav. Sci.* **2014**, *153*, 266–273. [CrossRef]
16. Allen, J. Building Evidence. In *The 9 Foundations of a Healthy Building*; Harvard T.H. Chan School of Public Health, Center for Health and Global Environment: Boston, MA, USA, 2017.
17. Halin, N. A Shield against Distraction from Environmental Noise. Ph.D. Thesis, Faculty of Engineering and Sustainable Development, University of Gävle, Gävle, Sweden, 6 August 2016.
18. Puglisi, G.; Cutiva, L.C.; Pavese, L.; Castellana, A.; Bona, M.; Fasolis, S.; Lorenzatti, V.; Carullo, A.; Burdorf, A.; Bronuzzi, F.; et al. Acoustic Comfort in High-school Classrooms for Students and Teachers. *Energy Procedia* **2015**, *78*, 3096–3101. [CrossRef]
19. Villarreal Cedillo, M.A.; Olivares, J.d.G. Espacios educativos y aprendizaje. In *Programa Escuelas de Tiempo Completo en el Distrito Federal*; Administración Federal de Servicios Educativos en DF: Mexico, Mexico, 2014; pp. 1–48.
20. Cheryan, S.; Ziegler, S.A.; Plaut, V.C.; Meltzoff, A.N. Designing Classrooms to Maximize Student Achievement. *Policy Insights Behav. Brain Sci.* **2014**, *1*, 4–12. [CrossRef]
21. Ariani, M.G.; Mirdad, F. The Effect of School Design on Student Performance. *Int. Educ. Stud.* **2015**, *9*, 175. [CrossRef]

22. Nazneen, S.; Khan, S.; Ishtiaq, M.; Yousaf, S.; Shakoor, H. Effects of noise pollution on the health of exposed population and its threshold levels: A review. *J. Med. Sci. Peshawar* **2017**, *25*, 366–372.
23. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado 2007 REAL DECRETO 1367/2007, de 19 de Octubre, Por el Que se Desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de Noviembre, del Ruido, en lo Referente a Zonificación Acústica, Objetivos de Calidad y Emisiones Acústicas. BOE. Available online: <https://www.boe.es/boe/dias/2007/10/23/pdfs/A42952-42973.pdf> (accessed on 21 March 2019).
24. Toyinbo, O. Indoor Environmental Quality, Pupil's Health and Academic Performance. Ph.D. Thesis, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland, 20 December 2017.
25. Dreossi, R.C.F.; Momensohn-Santos, T. Noise and its interference over students in a classroom environment: Literature review. *Pró Fono Rev. Atualização Científica* **2005**, *17*, 251–258. [[CrossRef](#)]
26. Bulunuz, N.; Orbak, A.Y.; Mulu, N.; Tav, F. An Evaluation of Primary School Students' Views about Noise Levels in School. *Int. Electron. J. Elem. Educ.* **2017**, *9*, 725–740.
27. Ministerio de Educación de Perú. *Guía de Diseño de Espacios Educativos—Acondicionamiento de locales escolares al nuevo modelo de Educación Básica Regular. Primaria y Secundaria*; MINEDU: Lima, Perú, 2015; pp. 1–296.
28. Law 7/2002, Generalitat Valenciana. The Noise Pollution Protection Act. Available online: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-613-consolidado.pdf> (accessed on 3 December 2002).
29. Comparative Table of the Level of Sounds Expressed in A-Weighted Decibels (dB(A)). Available online: <http://www.dba-acustica.com/blog/tabla-comparativa-de-decibelios/> (accessed on 2 May 2019).
30. Dockrell, J.E.; Shield, B.M. Acoustical barriers in classrooms: The impact of noise on performance in the classroom. *Br. Educ. Res. J.* **2006**, *32*, 509–525. [[CrossRef](#)]
31. Sârbu, L.; Sebarchievici, C. Aspects of indoor environmental quality assessment in buildings. *Energy Build.* **2013**, *60*, 410–419. [[CrossRef](#)]
32. Ubillos, S.; Centeno, J.; Iba, J. Protective and Risk Factors Associated with Voice Strain Among Teachers in Castile and Leon, Spain: Recommendations for Voice Training. *J. Voice Off. J. Voice Found.* **2015**, *29*, 1–12. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. ORDEN 38/2017, de 4 de octubre, de la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, por la que se regula la evaluación en Educación Secundaria Obligatoria, en Bachillerato y en las enseñanzas de la Educación de las Personas Adultas en la Comunitat Valenciana. [2017/8755].
34. López, S. *Esencia. Diseño de Espacios Educativos: Aprendizaje y Creatividad*; Luis Vives (Edelvives): Zaragoza Spain, 2018; pp. 1–364.
35. Nair, P. *Blueprint for Tomorrow: Redesigning Schools for Student-Centered Learning*; Harvard Education Press: Cambridge, MA, USA, 2014.
36. Neuman, D. *Building Type Basics for College and University Facilities*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2013.
37. Kaushik, A.; Elsarrag, E.; Mazroei, A.; Al horr, Y.; Arif, M.; Kafatygiotou, M. Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *Int. J. Sustain. Built Environ.* **2016**, *5*, 1–11.
38. Huang, L.; Zhu, Y.; Ouyang, Q.; Cao, B. A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. *Build. Environ.* **2012**, *49*, 304–309. [[CrossRef](#)]
39. Tonhauser, P. Design Thinking Workshop: The 12 Indispensable Elements for a Design Thinking Workshop. 2015. e-book. Berlin. Available online: <http://publicaciones.umh.es/docview/1786515625?accountid=28939> (accessed on 21 March 2019).
40. Prud'homme, P. The culture of design thinking for innovation. *J. Innov. Manag.* **2017**, *5*, 56–80. Available online: <http://publicaciones.umh.es/docview/1957729439?accountid=2893> (accessed on 21 March 2019). [[CrossRef](#)]
41. Vargas, B.A. Educación para el desarrollo sostenible (EDS) y arquitectura escolar. el espacio como reactivo del modelo pedagógico. *Bordón. Rev. Pedagog.* **2015**, *68*, 145–163. [[CrossRef](#)]
42. García, Á.; Muñoz, J.M. Pedagogía de los espacios. Esbozo de un horizonte educativo para el siglo XXI. *Rev. Española Pedagog.* **2004**, *228*, 257–278.
43. Departamento de Educación Ambiental. *Guía del profesorado Educar para vivir sin ruido*; Ayuntamiento de Madrid: Madrid, Spain, 2005; pp. 1–64.
44. Camino, M.J. Project Work with 1° ESO Students. 2013. Available online: <https://www.mariajesusmusica.com/inicio/la-contaminacion-acustica-de-nuestro-ies-una-tarea-para-trabajar-todas-las-competencias-basicasandhttp://www.educacontic.es/blog/la-contaminacion-acustica-en-nuestros-centros-educativos-una-realidad> (accessed on 10 April 2019).

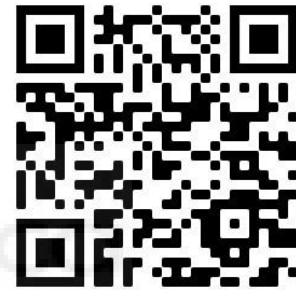
45. Gobierno de España. Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación. *Boletín Of. Del Estado* **1999**, *266*, 38925–38934.
46. Choi, S.; Guerin, D.A.; Kim, H.-Y.; Brigham, J.K.; Bauer, T. Indoor Environmental Quality of Classrooms and Student Outcomes: A Path Analysis Approach. *J. Learn. Spaces* **2014**, *2*, 2013–2014.
47. Mihai, T.; Iordache, V. Determining the Indoor Environment Quality for an Educational Building. *Energy Procedia* **2015**, *85*, 566–574. [[CrossRef](#)]
48. U.S. Green Building Council (USGBC). Guía de Conceptos Básicos de Edificios Verdes y LEED. 2009. Available online: http://www.spaingbc.org/files/BD+C_StudyGuide-ES.pdf (accessed on 21 March 2019).
49. GORD. Global Sustainability Assessment System (GSAS). 2019. Available online: <http://www.gord.qa/trust-gsas-resource-center-overview> (accessed on 21 March 2019).
50. Gobierno de España. Código Técnico de Edificación. 2006. Available online: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentoscte.html> (accessed on 24 April 2019).
51. Trombetta Zannin, P.H.; Zanardo Zwirtes, D.P.; Marcon Passero, C.R. Assessment of Acoustic Quality in Classrooms Based on Measurements, Perception and Noise Control. In *Noise Control, Reduction and Cancellation Solutions in Engineering*; Books on Demand: Norderstedt, Germany, 2012.
52. Mora, F. *Neuroeducación: Sólo Se Puede Aprender Aquello Que Se Am.*; Alianza Editorial: Madrid, Spanish, 2013.
53. Dance, A. Science and Culture: The brain within buildings. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2017**, *114*, 785–787. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. Furniture Pictures for Schools and Offices. Available online: <https://www.actiu.com/> (accessed on 21 March 2019).
55. Chiang, C.-M.; Lai, C.-M. Acoustical environment evaluation of Joint Classrooms for elementary schools in Taiwan. *Build. Environ.* **2008**, *43*, 1619–1632. [[CrossRef](#)]



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



**Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort
and Lighting Conditions in Educational Environments**



ARTÍCULO 4

Open Access Article

Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments

Artículo publicado en *Education Sciences* en 2020- MDPI

No special permission is required to reuse all or part of article published by MDPI, including figures and tables. For articles published under an open access Creative Common CC BY license, any part of the article may be reused without permission provided that the original article is clearly cited. Reuse of an article does not imply endorsement by the authors or MDPI.

Cite Score- Q2 (Education)

Affiliations:

Isabel Montiel 1,2,3,*, Asunción M. Mayoral 3, José Navarro Pedreño 4, Silvia Maiques 5

and Gema Marco Dos Santos 4

1 Department of Statistics, Mathematics and Informatics, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain

2 Conselleria de Educació, Generalitat Valenciana, 03007 Alicante, Spain

3 University Institute of Research CIO, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain; asun.mayoral@umh.es

4 Department of Agrochemistry and Environment, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain; jonavar@umh.es

5 Technical Department at CIEGSA (Educational Building and Infrastructures), Generalitat Valenciana, 46018 Valencia, Spain; silviamaiquessamarra@gmail.com

* Correspondence: imontiel@umh.es; Tel.: +34-689-016-205

Citar

Montiel, I.; Mayoral, A.M.; Navarro Pedreño, J.; Maiques, S.; Marco Dos Santos, G. Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments. *Educ. Sci.* **2020**, *10*, 65. <https://doi.org/10.3390/educsci10030065>



Article

Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments

Isabel Montiel ^{1,2,3,*}, Asunción M. Mayoral ³, José Navarro Pedreño ⁴, Silvia Maiques ⁵ and Gema Marco Dos Santos ⁴

¹ Department of Statistics, Mathematics and Informatics, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain

² Conselleria de Educació, Generalitat Valenciana, 03007 Alicante, Spain

³ University Institute of Research CIO, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain; asun.mayoral@umh.es

⁴ Department of Agrochemistry and Environment, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain; jonavar@umh.es

⁵ Technical Department at CIEGSA (Educational Building and Infrastructures), Generalitat Valenciana, 46018 Valencia, Spain; silviamaiquessamarra@gmail.com

* Correspondence: imontiel@umh.es; Tel.: +34-689-016-205

Received: 10 February 2020; Accepted: 5 March 2020; Published: 9 March 2020

Abstract: The present paper deals with a wide range of issues related to the environmental quality in learning spaces, such as thermal and visual comfort, as well as energy efficiency. All of these issues fall under the umbrella of the UN Agenda 2030 and Sustainable Development Goals (SDGs). Upon reviewing publications of past studies, interviews were conducted and questionnaires were distributed in public high schools in the province of Alicante, located in the Southeast of Spain. Sixteen high schools were selected for the interviews. Fifteen in the city of Elche, which is the total amount of the high schools in the city. One additional high school that was considered important for this research was included in the study due to the characteristics of the building design, excessively exposed to weather conditions. Significant differences were observed between schools built before 2000 and those built after that date. The latter, surprisingly, not more thermally and visually comfortable or energy efficient. The knowledge gained from our investigation will be of great benefit for architects, designers, engineers, school planners and principals in order to establish stronger connections between infrastructures and SDGs. A chart linking recommendations with specific SDGs is also included in this study.

Keywords: thermal comfort; energy efficiency; participatory design; school architecture; SDGs

1. Introduction

The design of educational spaces should go hand in hand with teaching and learning processes, as well as ensure comfortable conditions for the users of the building, as stated in learning space design guides, such as the one edited in 2015 by the Ministry of Education of Perú [1]. Ideally, schools should also be an example of sustainable design practices, especially now, in the midst of the climate emergency and of reaching the goals of Agenda 2030.

Before moving forward to consider the space and the conditions that foster learning, we deem it necessary to delimit the term “sustainable,” which is a relatively recent term, nowadays extensively used. In fact, in Spain, the *Diccionario de la RAE* (Dictionary of the Spanish Royal Academy) [2], did not include the term “sustainable” as an entry until its 23rd Edition, in October 2014, and defines it as follows: “2. Adj. used especially in ecology and economy in regard to what can withstand a long period of time without depleting resources or causing irreparable harm to the environment”. Nearly

thirty years before, in 1987, the concept of sustainable development was used for the first time in the Brundtland Report titled *Our Common Future* [3]: “Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. The concept of sustainable development does imply limits...” Spain, is currently working under the international Agenda 2030 passed by the United Nations in September of 2015, which defines 17 SDGs to meet during 2016–2030.

Having mentioned the history of the term “sustainable”, it is now possible to present information that goes beyond the definition. In the education community and society in general, there is a general consensus, that we should teach our youth to work towards the three dimensions of sustainability, which are changing attitudes and behaviors, promoting a lifestyle that guarantees a balance between economic growth and social well-being, while being respectful with the environment, without compromising its resources [4,5]. Great efforts are being made to introduce sustainability in the curriculum and educational programs of all levels. Many activities, teacher-centered or student-centered, claim that sustainability is achieved where economic goals, social responsibility and environmental protection cross paths. However, the design of the school and learning spaces very often contradicts that theory and creates a gap between what seems good and well on paper and the reality in many education buildings found in our study report. We are well aware of the fact that the teaching–learning processes are complex and that multiple factors are involved [6]. Nonetheless, in 2019, sustainable development education is key for future citizens. Focusing on sustainable development generates benefit to any educational program.

Teenagers spend many hours of their day in educational buildings. Friends, teachers and the building all have a profound impact on their human and academic development. Studies conducted from a neuroscience perspective claim that the school premises have a “hidden” curriculum and that buildings educate [7]. Moreover, the design of the building has an impact on the maintenance costs [8] and, most importantly, it affects the health and well-being of the users [9].

It is true that there is increasing concern about learning spaces of all types and how they interact with emerging pedagogies and that this mainstream does not leave aside the design of the building itself. Thereby, literature is found both in the field of education [7,10] and in the field of school architecture [11,12].

The field work carried out for this study in sixteen high schools, *Institutos de Educación Secundaria (IES)*, in the province of Alicante enables us to provide a series of conceptual contributions and practical implications that can facilitate the link between infrastructures and SDGs in learning environments. Furthermore, this study moves us towards indicators included in the goals of the following objectives outlined in the 2030 Agenda:

- SDG 3. Good health and wellbeing.
- SDG 4. Quality Education.
- SDG 7: Affordable and clean energy.
- SDG 9: Industry, innovation and infrastructure.
- SDG 11: Sustainable cities and communities.
- SDG 12: Responsible consumption and production.
- SDG 13: Climate action.

A chart linking these SDGs with our recommendations for enabling more sustainable educational spaces is included for reference in Section 3.

2. Materials and Methods

This article is part of a broader investigation that explores the hypothesis that learning spaces have an influence on health, on performance of students and teachers and on the maintenance costs of the buildings. The research team of this study is multidisciplinary, composed by educators, environmentalists, geographers and an architect, which makes discussion enlightening and gives a holistic approach to the investigation.

The information gathered is based on the quantitative data collected through a questionnaire about learning spaces and teachers’ methodologies. Furthermore, we are concerned about the human feelings and emotions inside the learning spaces and therefore use a qualitative triangulation method

that includes document analysis, site observations and face-to-face interviews. Moreover, as research progresses we are experiencing a move on to a research action method as we are not only achieving a greater knowledge of the situation but inducing change in schools visited.

The data collected through these methods seeks to answer the following questions:

1. Regarding thermal and visual comfort, can the design of learning spaces provide better health and well-being for the users?
2. Can the space design reduce maintenance costs in school buildings?
3. Are the recommendations published in national and international school design guides being implemented in the new constructions, or is there a gap between the suggestions and the built environment? And how big is the gap if proved?

The data that was gathered to prove the assumptions and answer the questions is based on several resources:

- **Survey.** A questionnaire composed of items related not only to space design, but also to emerging pedagogies, was distributed to the public high schools of the province of Alicante in July 2018.

The questions relative to thermal conditions were based on value judgments:

Referring to the classrooms you usually teach in...

* (v107) They are naturally ventilated and ventilation is operational.

* (v108) They have efficient air conditioning that provides comfortable temperature throughout the school year.

Possible responses were:

* Yes, in all classrooms I teach in (codified with 2)

* Only in some classrooms I teach in (codified with 1)

* No, in none of the classrooms I teach in (codified with 0).

Thermal comfort is resumed through a new categorized variable, obtained from the sum of v107 and v108. High values of these sums (3 or 4) identify good thermal comfort in most classrooms; low values (0, 1, 2) identify thermal deficiencies in most classrooms.

To discover if the schools built in Elche after year 2000 provide higher thermal comfort in classrooms the Chi-Squared test was used for the 109 sample responses obtained (56 teacher responses from schools built before 2000 and 53 after that date). The test was resolved at 95% confidence level.

- Review of geographical-climatic facts of the city of Elche.
- Site observations. Sixteen schools were chosen for this article. Fifteen in the city of Elche, which is the total number of public high schools in the city. One additional school was included in the study, considered unique and important for this research due to the special characteristics of the design of the building, and to it being exposed to excessive weather conditions. We will refer to this type of design, where the only indoor spaces are the classrooms and offices, as an "open-air building". All traffic and connecting areas are outdoors. An extreme example of this type of design is found at IES Mediterrània in Benidorm, located 60 km north of Elche. Figure 1 shows a connecting area between classrooms.



Figure 1. Hallway at an “open-air” school building.

- Interviews. All the principals of the targeted schools were interviewed with a face-to-face interview with previously prepared questions that were modified as needed and new ones added according to the responses. Detailed notes and photographs were taken during the visits to the schools. All photographs in this paper were taken by the authors during the field trips. Visits to the high schools took place from July 2018 to May 2019, in different seasons of the year. The interviews with principals gave information about global conditions, as well as about ongoing sustainability educational projects.
- Review of scientific papers. The keywords used for the scientific research were: Thermal comfort in schools, Indoor Environmental Quality (IEQ), school design, SDGs.

3. Results and Discussion

In this section, the results of the study are presented and discussed further. Once the main causes that affect thermal and visual comfort in classrooms were identified from the literature, we cross-checked the information with the reality of the studied schools. The climate conditions of the zone and how the design of the building increases or palliates the effect of these weather conditions is discussed. We present some cases of open-air designs which affect not only thermal comfort but also health of users. Finally, considerations are made about the impact window design and add-ons such as shutters, blinds or blades have on thermal and visual comfort in the classrooms.

3.1. Results of the Survey Regarding Thermal Comfort

Figure 2 shows that in school buildings constructed after year 2000, that is new, modern design buildings, users feel more discomfort, 58.5% against 37.5%. The p-value for the Chi-squared test is 0.045, so a statistical relationship is proved from the available sample, relating higher thermal comfort to old school buildings, according to teachers' perception.

3.2. Discussion on Thermal and Visual Comfort for Learning

Thermal comfort stands out as the most significant indicator amongst the items of environmental quality. It includes temperature, humidity and ventilation. However, in simple terms, we will refer to thermal comfort as the lack of discomfort regarding the temperature of a room [1]. Occupants highlight the importance of a pleasant temperature in order to feel comfortable [13,14]. This fact is confirmed by the teachers and principals of the studied schools.

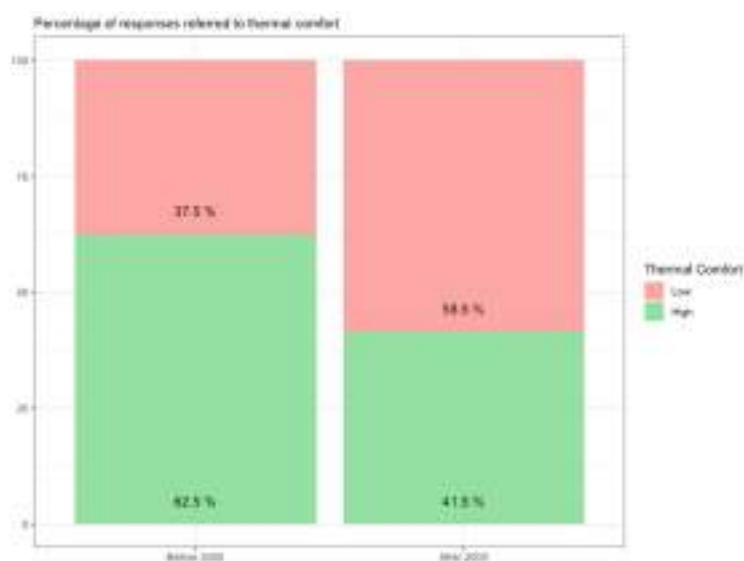


Figure 2. Graph shows that modern high school buildings in Elche are not more thermally comfortable.

Most of the papers reviewed focus on how to avoid or reduce an excess of heat in classrooms, both for performance and health reasons. Thus, guides in school design emphasize strategies such as cross ventilation, the use of vegetation near façades and the need to renew indoor air at least every hour, not only to cool the room but also in order to avoid somnolence due to lack of oxygen or viral epidemics [1,15]. Air renewal is also necessary to avoid toxic particle accumulation. A study of the air quality of schools in the coastal area of the southeast of Spain confirms that indoor air quality depends more on the design characteristics and ventilation of the space than on the location of the school in a rural, urban or industrial area [16]. Symptoms of weariness, fatigue and headaches have been reported in environments with poor ventilation [14,17]. Concerning performance, there is evidence that concentration levels are affected by the thermal conditions of offices and learning spaces [18]. In the case of young students, the ability to concentrate can be reduced as far as 30% and also motivation to perform well diminishes [19]. Data collected from schools in countries as far apart as Argentina [20] and Finland [21], confirm that academic results improve in environments with comfortable climatic conditions. It is considered that temperatures between 21 and 22 °C are ideal for a classroom environment [14]. It must also be taken into account that comfortable thermal conditions also depend on personal characteristics of the users such as age, gender, weight, clothes, activity, etc. [20], not only on physical indicators of the space. Nevertheless, the design of the building has a pivotal role in environmental comfort.

Visual quality and lighting are also related to the health of the occupants and to saving energy in the building [22] and are closely associated with window design. In the assessment of visual comfort, the following factors are taken into consideration: the amount of natural light, the uniformity of light, the quality of light in rendering colors, and the risk of glare [23]. As was the case in thermal comfort, visual comfort can be perceived in different ways according to age and the type of activity taking place in the room [13]. In all the schools visited we observed that artificial light is used in learning spaces regardless of the size of the windows or the amount of natural light entering the room, this is so, even in the school cafeterias. It was noted that the lights are only switched off when using projectors and digital whiteboards.

3.3. Climatic Conditions of the Province of Alicante and City of Elche

Alicante is the southernmost of the three provinces that form the Valencian Community, situated in the southeast of Spain as seen in Figure 3. The climate is characterized as Mediterranean [24]. Table 1 shows climatic data for the city of Elche, with an average annual temperature of 17.8 °C and an average annual rainfall of 318 mm [25]



Figure 3. Location of the Valencian Community, the province of Alicante and city of Elche.

Table 1. Historical climatic data in Elche [25].

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Mean Temp (°C)	10.5	11.5	13.6	15.8	18.9	22.9	25.6	26	23.4	19	15	11.9
Min Temp (°C)	5.4	6.1	8	10.4	13.3	17.1	19.6	20.1	17.7	13.7	9.8	7
Max Temp (°C)	15.6	16.9	19.3	21.3	24.5	28.7	31.6	31.9	29.2	24.4	20.2	16.8
Precip (mm)	20	22	22	33	28	17	4	9	35	60	38	30

As it can be seen in Table 1, the months of June, July, August and September register high temperatures (maximum rates above 25 °C). According to the Royal Decree 485/1997 [26], the National Institute of Safety and Hygiene suggests, for offices, a temperature range between 17 °C and 27 °C. In learning spaces, an average temperature of 22 °C is considered pleasant for most of the users and above 25 °C students claim to feel discomfort [14].

November to March and even April, months in which educational buildings are fully occupied, show average temperatures between 10 °C and 15 °C and maximum ones below 21 °C; these temperatures, combined with the fact that the relative humidity is around -even above- 50% throughout all the year, makes it necessary to use central heating for thermal comfort. In the months of May and October, with average temperatures between 15 °C and 20 °C (and maximum rates below 25°) rooms with natural ventilation would be more energy efficient. In June, July and September working conditions in offices and classrooms are thermally very uncomfortable without air conditioning. Most of the classrooms of the schools visited do not have air conditioning. Some of them have ceiling fans.

According to the school calendar for the year 19/20 [27], classes in high schools began on 9th September and will finish on 16th June. July is used for extra-ordinary exams and lesson planning. The high temperatures reached during this month make spaces without air-conditioning very uncomfortable to work in.

Regarding rainfall, the area is very dry, though its proximity to the sea gives, as commented before, relative humidity indicators above 50% most of the year. Elche can be considered semi-arid with scarce precipitation, sometimes below 300 mm per year. Its most prominent feature is that rainy days happen mostly in autumn and spring and very often they are torrential rains which can cause flooding and sometimes classes have to be cancelled [28].

3.4. Relevant Information and Discussion about the Studied Schools

In 1990 the Organic Act on the General Organisation of the Education System (LOGSE) [29] was passed in Spain. This is an important fact, as it led to significant changes not only in curriculum and methodologies but also in the standards of school building design. The ratio of students per group was reduced from 40 to 30, which affected the size of the classroom in that the standards were cut down accordingly. As stated in the Royal Decree 132/2010, Title IV, article 14a [30], the size of the classroom should be calculated multiplying 1.5 m² per student. The ratio for compulsory secondary education is 30:35, which gives a size for most rooms of 45 m² in new schools. With the LOGSE/1990, another important change takes place: vocational studies and high school studies are integrated in the same buildings and the differentiation between Instituto Nacional de Bachillerato and Instituto de Formación Profesional disappears. All high schools are, since then, called Institutos de Educación Secundaria (IES) and must be adapted to the requirements of both vocational studies and compulsory studies, having to deal with the consequences this implied for changing classrooms and workshops.

The construction of a new high school in Elche should start in 2020, after a long wait as echoed by local media [31]. The conclusions of this paper could benefit greatly the forthcoming new building and help avoid repeating past mistakes encountered in the study targeted school buildings. One would tend to believe that a new school building would have all the sustainable parameters required for the twenty first century; however, reality sometimes proves to be the opposite. This is the case of IES Mediterrània in Benidorm, described as very uncomfortable for the occupants regarding Indoor Environmental Quality (IEQ), not only in terms of thermal and visual but also acoustics [32]. Of the principals interviewed, 100% argue that these situations occur due to lack of participatory design.

In Table 2 the schools studied are shown with available and relevant information for our study.

The student populations of the schools in our study register 14,507 students, and 1485 teachers work on their premises. Six of the studied schools were designed after year 2000 with an approximate average investment of 12 million euros per school. According to the interviews carried out for this study many of the inconveniences of environmental comfort and drawbacks for sustainable development are not a matter of lack of financial investment. Around 13 million euros are expected to be invested in the construction of the new IES N°11 in Elche [31].

Figure 4 shows the location and floor plan of the high schools within the city of Elche. Depending on the direction in which the classrooms are oriented, they will have different thermal conditions.

All schools use fossil fuels for heating systems. Principals are aware of the importance of thermal comfort on their premises, as can be inferred from the remark by Principal A: "I cut down on other expenses but never on gasoil for heating the school." None of the buildings have functional sectorial heating. This implies, for example, that classrooms facing S, E or W, are overheated compared to those facing N and to avoid discomfort users of S rooms open the windows, with a consequent waste of energy during the coldest months; in the hottest months, the situation is reversed, as temperatures above 28 °C are not unusual. Some of the schools visited have received donations from the parents' association in order to install ceiling fans in the warmest classrooms.

Another issue takes place in schools that have afternoon and evening shifts; during those shifts the occupancy of the building is not always 100%; however, heating must be connected as if the building were fully occupied. What is important for our study regarding how to facilitate SDGs is that none of the targeted school buildings use renewable energies. Hopefully, Spanish regulations passed in 2019 [33] will encourage changes that will promote the use of energy from renewable sources.

Table 2. Relevant information of targeted schools (The legend for the columns is: (1) Name of the high school (IES). (2) Year of construction. (3) Geographic orientation of classrooms. (4) Heating system: Fuel (F) or Gas (G). (5) Operational sectorial heating system: Yes/No. (6) Are classroom windows complemented with awnings? yes/no/some. (7) Type of window: Sliding (S) or Hinges (H). (8) Size of windows: Regular (R) or Oversize (O). (9) Type of shading devices: Shutters (S), Venetian blinds (V), Rolling blinds (R), Blades (B). (10) Number of students. (11) Number of teachers).

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1. La Asunción	1963/1968	N,S,E,W	F	no	yes	Sliding	R	Shutters	850	80
2. Carrús	1975/1995	N,S,E,W	F	no	yes	S	R	S	1200	129
3. Sixto Marco	1955	N,S,E	F	no	yes	S	R	S	1200	131
4. La Torreta	1978	N,S	F	no	no	S	R	S	1400	154
5. Pedro Ibarra	1979	NE,SW	F	no	yes	S	R	S	460	62
6. Montserrat Roig	1986/87	N,S,E,W	F	no	yes	S	R	S	1000	100
7. Tirant Lo Blanc	1991	N,S,E,W	F	no	yes	S	R	S	915	89
8. Severo Ochoa	1994	NE,SW	F	no	yes	S	R	S	900	88
9. Cayetano Sempere	1994	N,S,E,W	F	no	yes	S	R	S	1100	103
10. Victoria Kent	1997	N,S	F	no	yes	S	R	S	1300	120
11. Misteri	2004	N,S	F	no	no	H	O	venetian	1200	112
12. Nit de l'Albà	2004	N,S,E,W	GAS	no	some	H	O	blades	917	92
13. Joanot Martorell	2004	NE,SW	F	no	no	H	O	blades	765	80
14. La Foia	2004	N,S	X	no	no	H	R	-	500	65
15. Torrellano	2003/04	N,S	X	no	no	S	O	-	800	80
16. IES N° 11	Future									
17. IES Mediterrània- Benidorm	2006	E	X	no	no	S	O	Rolling blinds	910	112

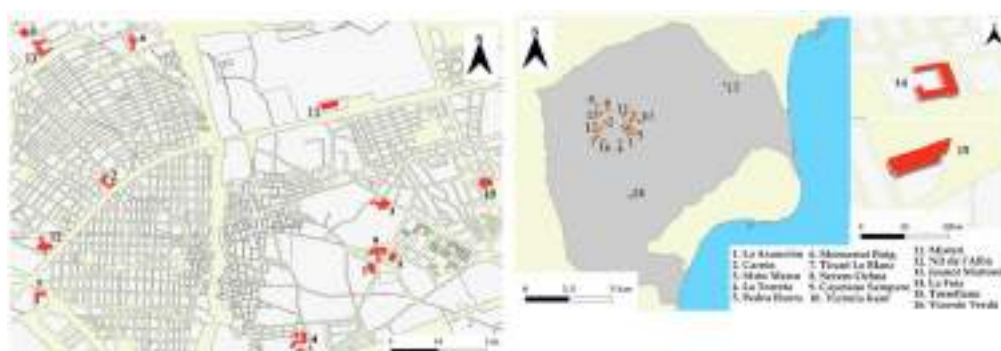


Figure 4. Location of the studied schools in Elche. (16. Vicente Verdú is the programmed future high school).

3.5. The Importance of Window Design in Thermal Comfort

The design of the windows, size, type of shades, shutters, etc., have an influence on the thermal comfort, as well as on the visual comfort and maintenance costs.

The premises of the schools targeted in this study were built between 1963 and 2006. While IES Sixto Marco started functioning as a Vocational College in 1955, very little remains of the first building constructed. During the field work, a great difference was noticed in the design of windows between schools built in the twentieth century, with traditional materials and standard sizes, and those constructed in the twenty first century. IES Misteri, Nit de L'Albà, Joanot Martorell, La Foia, Torrellano and Mediterrània, were built between 2004 and 2006, with a modern, trendy design.

The following figures illustrate the main issues that teachers, students and school administrators must deal with:

- “Oversize” windows. Most of the windows in these modern buildings are larger (“oversize”) than what could be considered practical for a school, according to teachers’ perception. This does not mean that they do not comply with the established regulations but the size and the add-ons they need for shading are a cause of complication for the users. Furthermore, to achieve a high energy rating and generate an optimal thermal and acoustic insulation it is convenient to control window size, as glass reduces acoustic and thermal comfort in the room. For a classroom that occupies a floor area of 50 square metres, the window area to the exterior should be equal or greater than 15% of the floor area, that is 7.5 m² but never larger than 60% [34]. What principals argue is that even if the window area does not exceed that 60%, a large design requires add-on elements that are more expensive to repair and more difficult to handle. In Figures 5 and 6, one can compare the difference between an “oversize” window and rolling blind (Figure 5) and a more accessible and comfortable design for the users (Figure 6).



Figure 5. Oversize window and rolling blind, not easy to handle and more expensive for maintenance and repairs.



Figure 6. Standard, sliding windows and shutters for shading and darkening the room. More practical, less expensive and easier to find substitution elements in local businesses.

- “Fish-tanks”. Some of the modern buildings combine glass walls and concrete walls, giving rise to spaces referred to by the teachers as “fish-tanks”, without natural ventilation, illustrated in Figures 7 and 8. These cubicles are planned as being used for cafeterias, meeting rooms, libraries, assembly rooms, gyms and sometimes toilets. The massive use of glass with little natural ventilation has several major setbacks. Stated by the principals of the high schools are the following:

In first place an increase of temperature. Overheating makes “fish-tanks” uninhabitable without air conditioning, surprisingly, not only during the summer months. This adds an extra cost to the school budget and works against energy efficiency and thermal comfort.

In second place, difficulties for cleaning are mentioned as an increase of expenses. In many cases vertical work companies need to be contracted to clean the windows, adding an extra cost to the maintenance. As a result, they report, some are never cleaned, which conveys a sense of abandonment and neglect.

All toilets in traditional schools have natural ventilation (like in Figure 9) whilst in modern ones, many have been designed without natural light and ventilation (Figure 10). They consequently consume more energy for lighting and generate smell issues.



Figure 7. “Fish tank” cafeteria without natural ventilation in a modern school.



Figure 8. Traditional cafeteria with comfortable windows and shutters in an old school with cross ventilation.



Figure 9. Toilet of a traditional school with natural light and ventilation.



Figure 10. Toilet in a modern school, without natural ventilation.

- Sliding windows vs hinged windows. In classrooms, sliding windows are more comfortable than hinged windows. Opening the latter becomes an obstacle as they interfere with desks and materials situated near the window. Moreover, when opened they reduce the amount of useful space in the room and block the view for the student as seen in Figure 11a,b. If they are oversized and with door dimensions, what we have called “walk out windows” extra control is needed to avoid adolescents walking out to the gallery. See Figures 12 and 13.



(a)



(b)

Figure 11. (a) Hinged window with a sophisticated system of venetian blinds incorporated in between the two glass sheets of the window are expensive to repair. (b) Hinged windows reduce the amount of useful space in the room. They are not functional.



Figure 12. “Walk-out windows” seen from the outside.

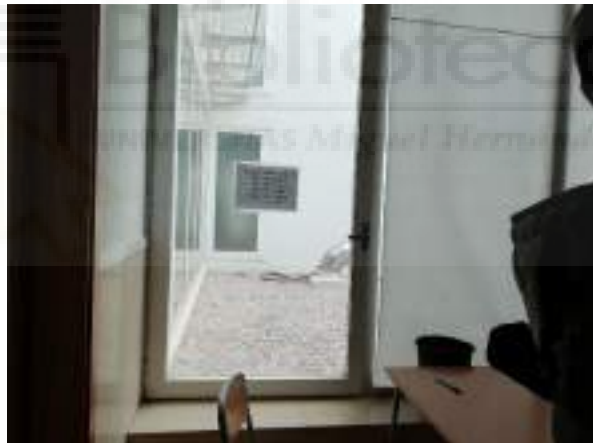


Figure 13. Hinged, “walk out” window seen from inside of the classroom. The difficulties of opening these windows lead to tolerating higher temperature in the rooms.

3.6. The Importance of Window Design in Visual Comfort

Regarding visual comfort, the issues reported are mainly related to the need to darken the space and to avoid glare on screens and boards. Current practices and methodologies use digital devices, pc projecting beams and smartboards in the classroom, making it necessary to darken the room several times during a session for a correct visualization of text and images on the screens. As a result of this, several issues arise:

- Oversize windows and modern devices present more difficulties for darkening the rooms. In the visit to new school buildings, we spotted windows covered with dark papers, as a quick and temporary solution to reduce illuminance in the room and improve the visual quality of the presentations and videos that are being projected during the lessons. Principals report that shutters and awnings are more practical, and are repaired by local companies which

- makes maintenance quicker and cheaper (Figure 14) than repairing sophisticated roller blinds (Figure 5), venetian blinds (Figures 11 and 15) or modern shading blades (Figure 15).
- Glare is also an important issue in classrooms. While methodologies are changing and not all activities are centered on the teacher and blackboard, the truth is that in all the inspected schools, most classes were organized with desks facing the board. Chalkboards are still extensively used in Spanish public high schools. Teachers report that it would be of great help for their performance and for the visual health of the students to conduct an in depth study in regards to the best location for a board or a screen and also to consider the colors and materials to avoid glare issues. Rolling projection screens should not be placed covering the chalk or whiteboard when unrolled as these are needed for writing. In most rooms the projector has been fixed to the ceiling in the center, reflecting on a screen that covers the board when unrolled.
 - Finally, blades and other shading devices that block a direct view of the exterior are not valued by the occupants as they convey the sensation of being in a jail (Figure 16). A view of nature and landscape is appreciated [7,15] and in the balance of advantages it weighs more than the inconveniences caused by distractions that some may argue.



Figure 14. Awnings and shutters for south facing classrooms.



Figure 15. Fixed blades block the view of nature.



Figure 16. Fixed blades and trellis, as seen in many modern school buildings, may have an aesthetic function from the outside but are not visually comfortable for users from the inside (see Figures 5 and 15).

Principals report that this is not to say that they are against outstanding designs, but in order to build sustainable schools, architects and engineers should hold meaningful conversations with the users of the building. We find appropriate recommendations in all guides written for the design of school buildings, some as clear as those included in the Guide for the design of educational spaces published for the optimization of investment in school infrastructures in Chile in 1999 [15] (p.44): “The design of the educational institution should follow a construction system that complies simplicity. Priority requirements are: high durability materials, low cost, of easy maintenance and replacement. The use of unique materials, techniques or suppliers should be avoided in order to enable availability of supplies and proper repair work.” In Valencian Community guides for the design of school buildings have been published since 1998, the last one in July 2019 [34]. However, they are recommendations and not always followed, as this research proves.

3.7. Open-Air Building Design Increases Thermal Discomfort, Maintenance Costs and Has An Influence on Methodologies

- Thermal discomfort due to open-air design. Given the non-extreme climatic conditions of Elche and Benidorm, it may seem unnecessary to mention thermal discomfort due to cold, wind or rain. However, as result of the interviews and questionnaires conducted it is seen that some modern school designs do not protect users against drafts, rain, and abrupt temperature changes as they have an excessive open-air design.

It seems necessary to insist on the fact that Institutos de Educación Secundaria (IES), register students for vocational studies, as well as compulsory levels and operate on different shifts and long opening hours. Seven of the studied schools open from 08h to 22h. In open-air building design, thermal discomfort is more severe, especially during afternoon and evening shifts.

It is also important to reveal that most sessions in high schools last 55 minutes. With few exceptions, users (students, teachers, families, concierges, cleaning staff, etc.) are required to move frequently around the premises and therefore, occupants appreciate a design that guarantees thermal comfort. This is linked with good health and well-being (SDG 3). Voice disorders and throat issues are common among teachers, [35,36]. When the rooms open directly to an outdoor area, occupants are required to put on coats every 55 minutes from November until March when they change classrooms or if they need to access other spaces (toilets, cafeteria, offices, etc.). In Alicante, although precipitations are scarce, they take place during school months, in autumn and spring, as shown in Table 1. An excessive outdoor design complicates mobility between classrooms and causes thermal discomfort, not only for

teachers and students but also for parents when waiting to be attended, as is the case at IES Mediterrània in Benidorm.

- An open-air design school building restricts the amount of thermal comfortable learning space. Learning spaces are no longer only classrooms. When hallways and connecting areas are thermally comfortable they can be transformed and used for emerging pedagogies, more student centered (video and audio recordings, foreign language speaking in small groups, interviews, co-working, projects, etc.) as seen in Figures 17 and 18. Learning environments for new pedagogies foster an education where students can carry out activities autonomously [37]. Principals argue that the difficulties and expenses of transforming spaces in open air buildings are higher compared to those that are more traditional.



Figure 17. Co-working in an adapted indoor learning space.



Figure 18. Group work in an open-air building.

- Maintenance costs and added expenses for exhibiting students' work. Regarding the type of materials required for information boards and for exhibiting students' projects in open-air buildings, they are not standard and consequently they are more expensive and difficult to maintain. A supplementary effort is needed in creativity for exhibitions suitable for outdoor use. The possibilities of exhibiting students' work are much higher in spaces that are indoors. See the difference between an outdoor entrance hall (Figure 19) and an indoor one (Figure 20). This has an influence on teachers' motivation and methodologies according to the interviewees.



Figure 19. Entrance hall to an open-air design high school. Materials damaged by the wind.



Figure 20. Indoor entrance hall decorated with students' projects.

3.8. Recommendations

Investment in school infrastructures improves users comfort and even has a positive effect on academic results [38]. Surely, this investment should involve an approach towards sustainability [1,15,34]. School buildings should be models for testing examples of sustainability development.

Principals of high schools and their teams, especially administrators, claim that very often they feel misunderstood or even isolated. In Spain, local administration is in charge of the maintenance of primary schools and so each town hall has a budget to pay for the repairs and energy consumed (electricity, gas oil). However, high schools are property of the Regional Administration (Valencia) and principals have to handle complex administrative processes to cover maintenance costs or propose changes to achieve more sustainable outcomes. Teachers and principals state that this disharmony is due to the unfamiliarity of planners and architects with the occupants needs. There is hope that new participatory design movements will contribute to shed light and generate more empathy between users, planners and policymakers [6].

Educational buildings should participate in the teaching-learning process as an active and dynamic element, not just as containers or receptacles that accommodate the educational community.

If we assign this “teaching” role to the building, we have the responsibility to make the rooms, the walls, the ceilings, the windows, transmit the values in which we wish to educate. Sustainability is, for the authors of this paper, an essential value.

In the chart below, Table 3, we link the SDGs to our recommendations in order to move towards a greater sustainability in high school buildings.

Table 3. Recommendations towards improving sustainability in high school buildings.

Sustainable Development Goal Number	Recommendations to Make Learning Spaces More Sustainable
SDG 3. Good health and wellbeing	<ul style="list-style-type: none"> ● Avoid designing spaces without natural ventilation. ● Avoid drafts and provide thermal comfort in hallways and connecting areas between buildings. ● Protect areas of social relation from rain or intense sunshine. ● Enable comfortable darkening systems in order to care for visual quality and eye health. ● Use light color shutters. ● Foster eye contact with nature in order to avoid the feeling of being imprisoned.
DG 7: Affordable and clean energy.	<ul style="list-style-type: none"> ● Foster and experiment the use of renewable energy in high schools (photovoltaic panels and wind energy) as a model to be used in other buildings. ● Decrease fossil fuel consumption. Establish an operating heating system where certain sectors can be turned off when not needed. ● Construct energy efficient buildings and as far as possible self-sufficient.
SDG 9: Industry, innovation and infrastructure	<ul style="list-style-type: none"> ● Consider infrastructure for communication technologies and anticipate a rapid evolution. ● As soon as possible, invest in eco equipment. ● Use local resources in the construction and materials. ● We recommend easy to handle, standard size sun protection systems which can be repaired locally and that do not block the view of nature. ● Investigate innovation in the area of neuroscience for school architecture and follow recommendations from neuroscientists for improving the teaching-learning process. ● Promote school buildings as a model of resilient and sustainable infrastructures.
SDG 11: Sustainable cities and communities.	<ul style="list-style-type: none"> ● Increase participatory planning. ● Implement Design Thinking workshops with stake holders. ● Promote sustainable transport.
SDG 12: Responsible consumption and production	<ul style="list-style-type: none"> ● Reduce energy consumption by replacing traditional lights with LED. Likewise, install presence detectors in transit areas and toilets. ● Foster lifestyles in harmony with nature. Support school vegetable garden initiatives. ● Educate to limit consumption and reduce waste through activities to prevent, reduce, recycle and reuse. ● During construction or refurbishment, plan a dumping/waste program. ● Encourage companies of the public sector to adopt good practices of sustainability. Architects should be aware that budgets in education are always moderate and therefore we

	should be creative to facilitate further maintenance of the building in repair works, cleaning or energy consumption (“Fish tanks” require a great expense in air conditioning).
SDG 13: Climate Action	<ul style="list-style-type: none"> • Raise awareness about the increasing temperatures, desertification and drought in SE of Spain. • Dress accordingly in order to adapt to the temperature of the space and avoid an abuse of air conditioning or heating. • We recommend natural cross-ventilation in classrooms. • Implement ECO-educational programs in all subjects and levels.
SDG 4. Quality Education	<ul style="list-style-type: none"> • All the foregoing redounds in an education of higher quality where the building serves as a teaching element in which the students gain knowledge that is not only theoretical but PRACTICAL in order to promote a change in their attitudes to meet sustainable development goals.

4. Conclusions

In reference to the three questions formulated for this study, we conclude the following:

1. Can the design of learning spaces provide better health and well-being for the users? The answer is affirmative. Rooms designed with little or no natural ventilation cause thermal discomfort, need air conditioning and also create smell issues. Nonetheless, when occupants work in an area exposed to drafts and rain they feel thermally uncomfortable in the opposite extreme. This in turn can lead to health problems. Teachers and students very often feel thermal discomfort if the building does not have enough indoor spaces. This fact also limits the teaching methodology and project work display and exhibitions are restricted and more expensive if they do take place.
2. Can the space design reduce maintenance costs in school buildings? A quantitative approach for this aspect has not been used and further investigation is required. However, all principals confirm that maintenance cost is increased in the following cases:
 - (a) When materials used and add-on elements are unique and difficult to find locally.
 - (b) When more electricity is required because there is overheating in some rooms and cannot be used without air conditioning or bathrooms do not have natural lighting or ventilation.
 - (c) When they need to turn on the central heating for the whole school, although only some rooms are occupied.
 - (d) When they wish to transform common use areas into different learning spaces but space flexibility has not been considered and the alteration requires a larger investment, especially if these are open-air spaces.

Is there a large gap between theory (recommendations in guides) and practice (built environment), in the studied high schools? There is a huge gap between the sustainability education that is reflected in didactic programs and building guides and the reality that most school buildings communicate. This gap is even greater in modern schools investigated in this study. More knowledge of the occupants’ circumstances through participatory design (SDG 11) could facilitate the achievement of SDGs.

5. Final Thought

We should not cease in our efforts of sustainability, reporting things that should be changed, seeking to mirror those that work properly, in new or old building designs. Ever since the school building of IES Mediterrània started functioning, in 2006, all level of policy makers, planners and education inspectors, have been informed of the inconveniences the community suffers due to the

design of the building. However, ten years later, in 2017 another high school in the province of Alicante (IES Playa Flamenca) was completed, repeating many of the same mistakes of an excessively open-air school building. The construction of the new high school in Elche should start in 2020. Hopefully, the discussions following this study will contribute to making it more sustainable and comfortable for the occupants, incorporating into our investigation a research action method in line with the Agenda 2030.

Author Contributions: Conceptualization, I.M. and J.N.P.; Data curation, A.M.M.; Formal analysis, A.M.M.; Investigation, I.M. and A.M.M.; Methodology, J.N.P. and S.M.; Resources, G.M.D.S.; Software, G.M.D.S.; Supervision, A.M.M., J.N.P. and S.M.; Visualization, G.M.D.S.; Writing – original draft, I.M.; Writing – review & editing, J.N.P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Acknowledgments: With gratitude we acknowledge the support and encouragement received from all the principals of the high schools. This study would not have been possible without their cooperation, advice and input.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Ministerio de Educación de Perú. *Guía de Diseño De Espacios Educativos—Acondicionamiento De Locales Escolares Al Nuevo Modelo De Educación Básica Regular. Primaria y Secundaria*; MINEDU: Lima, Perú, 2015; pp. 1–296. Available online: <http://minedu.gob.pe/p/pdf/guia-ebr-jec-2015.pdf> (accessed on 30 November 2019).
2. Diccionario RAE. Available online: <https://dle.rae.es/sostenible?m=form> (accessed on 30 November 2019).
3. Brundtland Report. Our Common Future. Available online: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (accessed on 30 November 2019).
4. Benayas, J.; Marcén, C.; Alba, D.; Gutiérrez, J. *Educación Para La Sostenibilidad En España. Reflexiones Y Propuestas*; OPEX: Moorestown, NJ, USA, 2017. Available online: <http://reds-sdsn.es/wp-content/uploads/2017/10/Informe-Educacion-Sostenibilidad-2017-web.pdf> (accessed on 30 November 2019).
5. Schneider, F.; Kläy, A.; Zimmermann, A.B.; Buser, T.; Ingalls, M.; Messerli, P. How can science support the 2030 Agenda for Sustainable Development? Four tasks to tackle the normative dimension of sustainability. *Sustain. Sci.* **2019**, doi:10.1007/s11625-019-00675-y.
6. Mumovic, D.; Palmer, J.; Davies, M.; Orme, M.; Ridley, I.; Oreszczyn, T.; Way, P. Winter indoor air quality, thermal comfort and acoustic performance of newly built secondary schools in England. *Build. Environ.* **2009**, *44*, 1466–1477, doi:10.1016/j.buildenv.2008.06.014.
7. Mora, F. *Neuroeducación: Sólo Se Puede Aprender Aquello Que Se Ama*; Alianza Editorial: Madrid, España, 2013.
8. Mihai, T.; Iordache, V. Determining the Indoor Environment Quality for an Educational Building. *Energy Procedia* **2016**, *85*, 566–574, doi:10.1016/j.egypro.2015.12.246.
9. Saraiva, T.S.; de Almeida, M.; Bragança, L.; Barbosa, M.T. Environmental comfort indicators for school buildings in sustainability assessment tools. *Sustainability* **2018**, *10*, 1849, doi:10.3390/su10061849.
10. García, Á.; Muñoz, J.M. Pedagogía de los espacios. Esbozo de un horizonte educativo para el siglo XXI. *Rev. Española Pedagog.* **2004**, *228*, 257–278.
11. Nair, P. *Blueprint for Tomorrow: Redesigning Schools for Student-Centered Learning*; Harvard Education Press: Cambridge, MA, USA, 2014.
12. López, S. *Esencia. Diseño De Espacios Educativos: Aprendizaje y Creatividad*; Luis Vives (Edelvives): Zaragoza, Spain, 2018; pp. 1–364.
13. Frontczak, M.; Wargocki, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Build. Environ.* **2011**, *46*, 922–937, doi:10.1016/j.buildenv.2010.10.021.
14. Dorizas, P.V.; Assimakopoulos, M.N.; Santamouris, M. A holistic approach for the assessment of the indoor environmental quality, student productivity, and energy consumption in primary schools. *Environ. Monit. Assess.* **2015**, *187*, 1–18, doi:10.1007/s10661-015-4503-9.
15. Guía de Diseño de Espacios Educativos. Proyecto Conjunto Del Ministerio De Educación Con Unesco-Orealc. In *Reforma Educativa Chilena: Optimización De La Inversión En Infraestructura Educativa*; MINEDUC;

- UNESCO: Santiago, Chile, 1999. Available online. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000123168> (accessed on 30 November 2019).
16. Martínez, A.; Jordan, M.M. The relationship between indoor and outdoor levels of PM10 and its chemical composition at schools in a coastal region in Spain. *Heliyon* **2019**, doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02270.
 17. Turunen, M.; Toyinbo, O.; Putus, T.; Nevalainen, A.; Shaughnessy, R.; Haverinen-Shaughnessy, U. Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students. *Int. J. Hyg. Environ. Health* **2013**, *217*, 733–739, doi:10.1016/j.ijheh.2014.03.002.
 18. Tahsildoost, M.; Zomorodian, Z.S. Indoor environment quality assessment in classrooms: An integrated approach. *J. Build. Phys.* **2018**, *42*, 336–362, doi:10.1177/1744259118759687.
 19. Wargocki, P.; Wyon, D.P. Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. *Build. Environ.* **2017**, *112*, 359–366, doi:10.1016/j.buildenv.2016.11.020.
 20. Ré, M.G.; Filippin, C.; Blasco Lucas, I. Niveles De Confort Térmico En Aulas De Dos Edificios Escolares Del Área Metropolitana De San Juan. *Av. En Energías Renov. Y Medio Ambiente* **2017**, *5*, 97–108.
 21. Toyinbo, O.; Shaughnessy, R.; Turunen, M.; Putus, T.; Metsämuuronen, J.; Kurnitski, J.; Haverinen-Shaughnessy, U. Building characteristics, indoor environmental quality, and mathematics achievement in Finnish elementary schools. *Build. Environ.* **2016**, *104*, 114–121, doi:10.1016/j.buildenv.2016.04.030.
 22. Michael, A.; Heracleous, C. Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus. *Energy Build.* **2017**, *140*, 443–457, doi:10.1016/j.enbuild.2016.12.087.
 23. Carlucci, S.; Causone, F.; De Rosa, F.; Pagliano, L. A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2015**, *47*, 1016–1033, doi:10.1016/j.rser.2015.03.062.
 24. Climatic Data. Available online: <http://agroclimap.aemet.es/#> (accessed 30 November 2019).
 25. Historical Climatic Data in Elche. Available online: <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/elche-1999/> (accessed on 3 February 2020).
 26. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado 1997 REAL DECRETO 485/1997 De 14 De Abril, Sobre Disposiciones Mínimas En Materia De Señalización De Seguridad Y Salud En El Trabajo. Available online: <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8668-consolidado.pdf> (accessed on 6 February 2020).
 27. School Calendar Year 19/20. Available online: http://www.dogv.gva.es/datos/2019/06/13/pdf/2019_6051.pdf (Accessed on 6 February 2020).
 28. Elche Local News. Available online: <https://teleelx.es/2019/09/11/suspenden-las-clases-en-elche-para-este-jueves-ante-el-riesgo-de-gota-fria/> (accessed on 6 February 2020).
 29. Agencia Estatal Boletín Oficial Del Estado 1990. Ley Orgánica 1/1990, De 3 De Octubre, De Ordenación General Del Sistema Educativo. Available online: <https://www.boe.es/eli/es/lo/1990/10/03/1> (accessed on 30 November 2019).
 30. Agencia Estatal Boletín Oficial Del Estado 2010 REAL DECRETO 132/210 De 12 De Febrero, Por El Que Se Establecen Los Requisitos Mínimos De Los Centros Que Impartan Las Enseñanzas Del Segundo Ciclo De La Educación Infantil, La Educación Primaria Y La Educación Secundaria. Available online: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-4132> (accessed on 30 November 2019).
 31. Elche Local Media. Available online: <https://alicantepalaza.es/el-ies-vicente-verdu-llegara-a-elche-diez-anos-despues-la-primera-gran-obra-del-edificant> (accessed on 6 February 2020).
 32. Montiel, I.; Mayoral, A.M.; Navarro Pedreño, J.; Maiques, S. Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals. *Sustainability* **2019**, *11*, 3573, doi:10.3390/su11133573.
 33. Agencia Estatal Boletín Oficial Del Estado 2019 REAL DECRETO 244/2019, De 5 De Abril, Por El Que Se Regulan Las Condiciones Administrativas, Técnicas Y Económicas Del Autoconsumo De Energía Eléctrica. Available online: <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf> (accessed on 30 November 2019).
 34. Instrucciones De Diseño Actualizadas 2019. Available online: <http://www.ceice.gva.es/documents/161863110/168577118/Instrucciones+de+dise%C3%B1o+y+construcci%C3%B3n+para+edificios+de+uso+docente.+Renovadas+19/7d4ebd0e-db89-49ea-8901-fc48f4b2da1e> (accessed on 30 November 2019).
 35. Rantala, L.; Sala, E. Associations between classroom conditions and teacher’s voice production. *Energy Procedia* **2015**, *8*, 3120–3125, doi:10.1016/j.egypro.2015.11.767.
 36. Ubillos, S.; Centeno, J.; Iba, J. Protective and Risk Factors Associated With Voice Strain Among Teachers in Castile and Leon, Spain: Recommendations for Voice Training: Factores de Riesgo y Protección de los

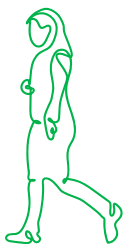
- Tratamientos Foniátricos en Docentes de Castilla y León: Pautas para la Formación Vocal. *J. Voice* **2015**, *29*, 1–12, doi:10.1016/j.jvoice.2014.08.005.
37. Byers, T.; Imms, W.; Hartnell-Young, E. Evaluating teacher and student spatial transition from a traditional classroom to an innovative learning environment. *Stud. Educ. Eval.* **2018**, *58*, 156–166, doi:10.1016/j.stueduc.2018.07.004.
 38. Crampton, F.E. Spending on school infrastructure: Does money matter? *J. Educ. Adm.* **2009**, *47*, 305–322, doi:10.1108/09578230910955755.



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).







**Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research
and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces**



ARTÍCULO 5

Open Access Article

Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces

Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Artículo publicado en *Education Sciences* en 2021

Cite Score- Q2 (Education)

Affiliations:

Isabel Montiel 1,*, **Asunción M. Mayoral 2**, **Jose Navarro-Pedreño 3** and **Silvia Maiques 4**

1 Conselleria de Educació, Generalitat Valenciana, 46015 Valencia, Spain

2 University Research Institute CIO, Universidad Miguel Hernández de Elche, 03202 Elche, Spain;
asun.mayoral@umh.es

3 Department Agrochemistry and Environment, Universidad Miguel Hernández de Elche, 03202 Elche, Spain;
jonavar@umh.es

4 Department School Infrastructures, Generalitat Valenciana, 46015 Valencia, Spain;
silviamaiquessamarra@gmail.com

* Correspondence: imontiel@umh.es

Citar

Montiel, I.; Mayoral, A.M.; Navarro-Pedreño, J.; Maiques, S. Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 418. <https://doi.org/10.3390/educsci11080418>



Article

Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces

Isabel Montiel ^{1,*}, Asunción M. Mayoral ², Jose Navarro-Pedreño ³ and Silvia Maiques ⁴¹ Conselleria de Educació, Generalitat Valenciana, 46015 Valencia, Spain² University Research Institute CIO, Universidad Miguel Hernández de Elche, 03202 Elche, Spain; asun.mayoral@umh.es³ Department Agrochemistry and Environment, Universidad Miguel Hernández de Elche, 03202 Elche, Spain; jonavar@umh.es⁴ Department School Infrastructures, Generalitat Valenciana, 46015 Valencia, Spain; silviamaiquessamarra@gmail.com

* Correspondence: imontiel@umh.es

Abstract: Transforming learning spaces has become a priority for many schools, not only for implementing emerging methodologies but also for sanitary reasons due to the COVID-19 pandemic. Schools struggle to find solutions for the lack of space in order to respect the required safety distance, especially public schools with a very tight budget and many administrative barriers to overcome. From participatory action research, findings confirmed that expanding and refurbishing indoor and outdoor space in many public high schools is urgent. Then, an opportunity emerged to develop a new learning space in one of the high schools in touch with the research team at Miguel Hernandez University working on educational spaces since 2017. This article describes the action research (AR) carried out, its main results regarding needs and deficiencies in public high schools in our surroundings, and a subsequent Service-Learning experience promoted by the research group as a solution for upgrading and extending educational spaces and simultaneously developing students' soft skills, empowering youth, participation, local partnerships and other sustainable development goals meeting 2030 Agenda.

Keywords: learning spaces; service-learning; sustainable development goals (SDGs); education for sustainable development (ESD)



Citation: Montiel, I.; Mayoral, A.M.; Navarro-Pedreño, J.; Maiques, S. Transforming Learning Spaces on a Budget: Action Research and Service-Learning for Co-Creating Sustainable Spaces. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 418. <https://doi.org/10.3390/educsci11080418>

Academic Editors: Michele Biasutti, Dunja Andić, Nena Rončević and Nena Vukelić

Received: 22 June 2021
Accepted: 4 August 2021
Published: 10 August 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

In the last decade, there has been a significant debate in the literature fostering the transformation of learning spaces. Likewise, education for sustainable development recommends institutions to act as role models, transmitting sustainability and engaging stakeholders in participatory methodologies. In 2017 the University Miguel Hernández of Elche (UMH) in Spain initiated a study on learning spaces under the umbrella of the PhD program for environmental sciences and sustainability and the high school teacher training department. The main goals were to explore the current situation of learning spaces in public high schools of the area, find out what the real conditions were, and create actionable knowledge for planners and decision-makers about the design and use of new environments. Finally but most importantly, to empower those researched to start action, no matter how small. The way to proceed with this research was through action research.

It is no longer questioned that space facilitates pedagogical change [1,2], influences academic outcomes [3–5], and is related to health and wellbeing [6–9]. Studies have emerged during the last decade that considers the design of learning spaces as a support factor for the incorporation of 21st-century teaching-learning methodologies [10–12]. These methodologies include an approach towards education for sustainable development and applied learning, with self-directed activities that permit the student to be in touch with the “real” world and labor market outside school and university life [13,14].

The Service-Learning experience explained in this paper is only a mere consequence of the action research approach of the investigation about learning spaces and an example of a 21st-century methodology. With the worldwide importance of active, engaging, student-centered methodologies, there has been an increase in Service-Learning programs [15–20]. Service-Learning is a form of experiential education [15,20] with positive learning outcomes [15], ideal for implementing SDGs. We encounter recent examples relating Service-Learning with SDGs, such as SDG3 [21,22], SDG5 [23], SDG6 [24]. Figure 1 is a reminder of the topics of each one of the 17 SDGs named by the UN for addressing Agenda 2030. The experience described in this paper covered several of these SDGs discussed further in the article.



Figure 1. Sustainable development goals (SDGs). Source: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/>, accessed on 9 August 2021.

In Spain, although Service-Learning is not unknown, it is not widespread. The Spanish Association for Service-Learning (Red APS) was officially created in 2014 with the task of promoting and spreading the best practices in Spain. According to Red APS, Service-Learning is an educational model that combines theoretical learning with service to the community all in one project. By means of organized activities, the students use their knowledge to solve problems in an authentic situation, thus transforming and improving the real world [25]. Although there are several types of Service-Learning [17,18], in this paper, we will refer to Project-Based Service-Learning, where students (as consultants) are asked to find a solution to a problem the client (community) has by developing a project. It is not charity, as they both (consultants and the client) benefit from the experience [18].

Thus, Service-Learning offers an excellent opportunity to also practice interpersonal skills. It improves work skills for effective 21st century job performance, such as public speaking, communication and listening, teamwork, time management, etc. [19,26]. This is core in today's education at all levels but urgent in vocational education training [26–28], as is the case in our experience. Figure 2 shows a global picture of some of the most outstanding 21st-century components of the teaching-learning process that we have considered in our study concerning learning spaces.

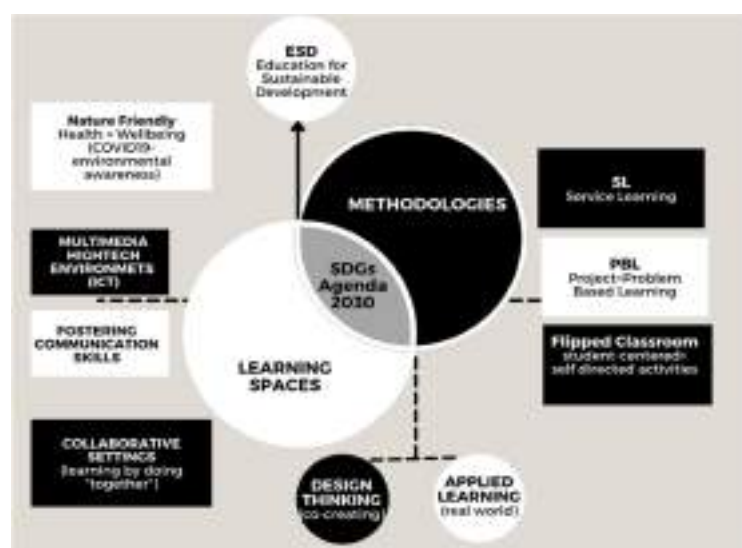


Figure 2. Outstanding 21st-century components of the teaching-learning process.

Research Questions

This paper is part of a larger study on learning spaces in public high schools in the southeast of Spain (area of Elche-Alicante). The main goal of the investigation is to create knowledge for planners and decision-makers about the design and refurbishment of educational space that could help in the implementation of 21st-century methodologies, as well as teaching SDGs and thus, co-creating learning spaces.

The research focuses on the following questions:

Regarding learning spaces . . .

1. What is your current situation?
2. What challenges do you face?
3. What solutions can be put forward?

In the process of investigation–reflection–investigation, a fourth question was added:

4. How can we use Service-Learning to address the change?

2. Method and Materials

To answer the aforementioned questions 1–3, the research team engaged in a participatory action research method [29,30]. Action research is a human-centered methodology powerfully emerging in social studies, such as education or human geography as a vehicle for change [27–29]. It is an active methodology where both the researchers and the community engage in problem-solving. At the same time, they are producing knowledge [31–35].

Action research (AR) uses qualitative and quantitative tools for gathering information. In our research, we integrated data from participatory observation during design thinking workshops, from custom-designed surveys, site visits to high schools, and face-to-face interviews with fifteen principals of all the public high schools of Elche. An online questionnaire was developed and distributed to the high schools between January and July 2018 in order to be answered by principals or any designed member from the head team. This custom-designed questionnaire included 25 major questions classified in different sections: formal learning spaces, informal learning spaces and transit areas, key elements concerning general comfort (acoustics, temperature, ventilation), remarks regarding technology, teaching methodologies, sustainability programs, and energy consumption of the

high school buildings. Most responses were binary (Yes/No), specifying the existence of the different facilities consulted.

School design information was completed during site visits and interviews. The purpose of each visit was to interview the principal of the school and members of the head team to verify and complete information from the questionnaire. The interviews, followed by a guided tour of the educational facilities, indoor and outdoor learning environments, proved to be a highly relevant research tool. The semi-structured questionnaire with informal questions added on during the tour, using Turner's framework [36], and based on those included in the original questionnaire, provided valuable information, which is not easy to gain when requested in writing. This fact addresses the particular importance of qualitative data to help better understand the issues discussed. Missing responses in the online survey were gathered from personal interviews when site visits were performed.

The following is the background of the service-learning experience, the description of the participating schools that make up the group studied, and finally, the indicators used in the descriptive analysis.

2.1. Background of Action-Research before the Service-Learning Experience

The research team was, at first, an informal, open, multidisciplinary group, staffed by faculty of University Miguel Hernández of Elche with experience in pedagogy, statistics, educational technology, geography, and environment and high school management, who were also involved in teacher training, as well as architects with experience in the construction of school buildings. In this context, they received feedback from student teachers that carried out their teaching practices in the nearby educational community and also from teachers and principals working in high schools. This multidisciplinary group often discussed the lack of alignment between the theory of new methodologies and sustainable approaches and the reality in the learning spaces, even in the new buildings. They began research using a participatory action research methodology [29–31] regarding these issues. It is interesting to highlight that in these processes, the research team acts as a coach that facilitates and empowers those involved in order to achieve transformation of the situation they are seeking to improve [30,31].

From their position at the university, the research team fostered seminars, conferences, projects, and design thinking workshops at different levels.

The first design thinking workshops were conducted by architects in 2017 and took place at the University Miguel Hernández of Elche for promoting innovative learning spaces at the university. The design thinking workshops were replicated to different focus groups during 2017 and 2018 (student architects, student teachers, in-service teachers, as well as principals). Several projects were fostered and financed by the University Miguel Hernández of Elche, with the main goal of the University being to reinforce the bond with schools of the area, improving innovation and education in a collaborative way, and at the same time stimulating digital competence and community service. The research team served as the link between schools and the university and ultimately offered to investigate the situation of all the public high schools of the municipality, fifteen in total, and gain ideas for improving future schools or renovating spaces in the existing ones.

The fact that a new public high school building was about to start its construction in the city of Elche encouraged the team to write reports and request face-to-face meetings with local and regional authorities in order to inform them about the ongoing research at the university and offer cooperation. After 10 years of demanding a new high school in Elche, the construction works are going forward, and the new facilities will start running for the academic year 22–23.

Figure 3 shows pictures of teachers and principals in design thinking workshops sharing needs and exchanging ideas for transforming learning spaces in their schools.



Figure 3. Design thinking workshops.

After two years of the ongoing investigation, one of the high schools involved in the study, IES Severo Ochoa of Elche, contacted the team and requested collaboration to create an outdoor learning space in their facilities, using sustainable materials, reducing as much of the noise of surrounding traffic as possible, and integrating nature. The team proposed to approach it through a Service-Learning project, establishing an alliance with another school, the EASDA, a vocational school of arts and design in Alicante. Figure 4 illustrates the process and timeline of the ongoing investigation. The study begins in 2017 with a literature review on keywords “learning spaces”, “sustainable development goals” (SDGs), “active methodologies”, and “participatory design”. During 2017 and 2018, several design thinking workshops were developed. Interviews and surveys to collect data on educational spaces in our immediate area started in 2018, and collaborations for the transformation of educational spaces started in 2020.

2.2. Participant High Schools

Fifteen high schools, institutos de educación secundaria (IES), participated in the study about learning spaces, that is 100% of the public high schools in Elche. It is deemed necessary to explain that in public high schools in Spain, students receive compulsory secondary education (from 12 to 16) and can continue studying baccalaureate or vocational training until they are adults. New vocational students can join programs at any age after their compulsory education. This leads to a huge diversity of levels, groups, and programs in the same school. Even before the COVID-19 sanitary alert, the targeted schools were crowded. Table 1 shows the schools implicated in the study, name, construction year, number of teachers, number of students, age of students, and opening hours.

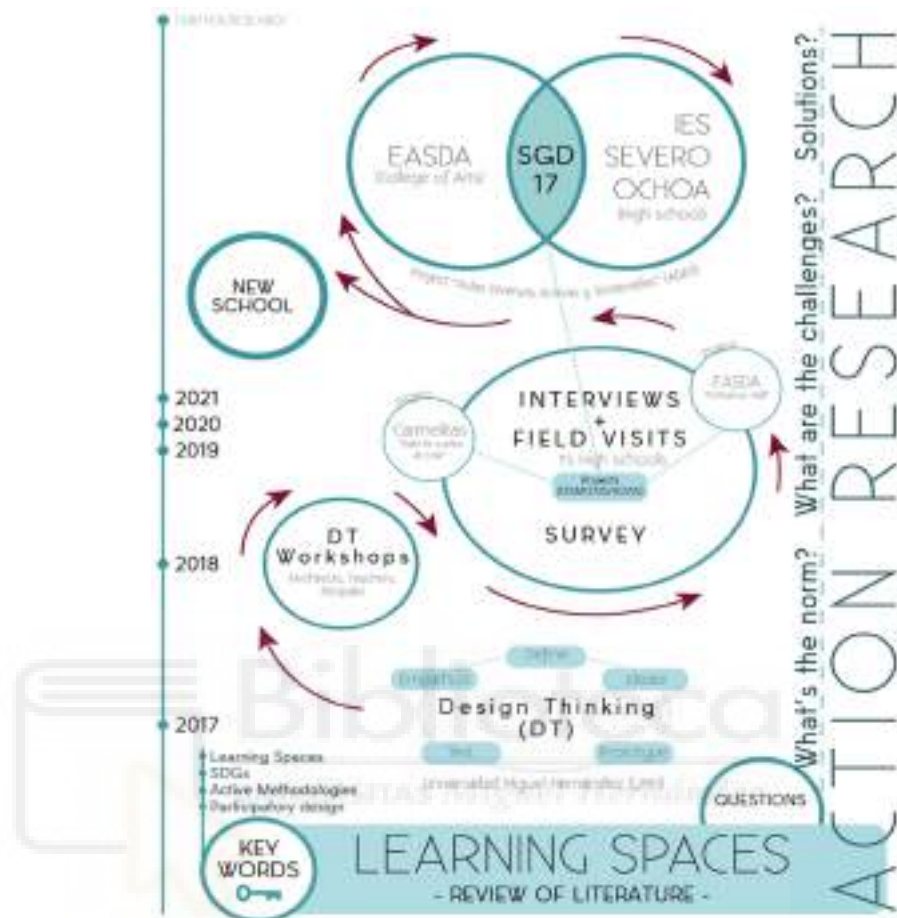


Figure 4. Infographic showing the track of the study.

2.3. Indicators Proposed for Description

From the questions of the survey passed to the fifteen high schools, indicators were built by averaging (and standardizing on a scale of 0–10) the dichotomous scores (0/1) provided to identify different related features present in schools. Proposed indicators are:

ACU (acoustics): Acoustic conditions of the learning spaces.

FRI (friendly): Accessibility and wellbeing. It recognizes inviting and friendly spaces. This indicator also covers questions related to the ergonomic design of space and furniture.

CLIM (climate control): Thermal comfort and ventilation.

CONNECT (connectivity): Electrical and technological connectivity, the use of mobile devices, facilities for laptops, PCs, screens, multimedia projectors, plugs, and sockets.

EP (environmental programs): The integration in the school curriculum of educational programs for environmental and sustainable education.

EFF (efficiency): Integrates information associated with energy efficiency, use of natural light, and renewable energies, as well as maintenance and cleaning requirements due to building design.

Table 1. List of the studied public high schools in Elche. Source: Generalitat Valenciana, <http://www.ceice.gva.es/es/web/centros-docentes/consulta-general>, accessed on 10 May 2020.

IES	Construction Year/Refurbishment	Number of Teachers	Number of Students	Age Range	Opening Hours
La Asunción	1963/1968	80	850	12–20	8–22 h
Carrús	1975/1995	129	1200	12–50	8–22 h
Sixto Marco	1955	131	1200	12–50	8–22 h
La Torreta	1978	154	1400	12–50	8–22 h
Pedro Ibarra	1979	62	460	12–20	8–15 h
Monserrat Roig	1986/1987	100	1000	12–50	8–15 h
Tirant Lo Blanc	1991	89	915	12–50	8–22 h
Severo Ochoa	1994	88	900	12–50	8–22 h
Cayetano Sempere	1994	103	1100	12–50	8–15 h
Victoria Kent	1997	120	1300	12–50	8–22 h
Misteri	2004	112	1200	12–20	8–15 h
Nit de L'Albà	2004	92	917	12–30	8–15 h
Joanot Martorell	2004	80	765	12–20	8–15 h
La Foia	2004	65	500	12–20	8–15 h
Torrellano	2004	80	800	12–20	8–15 h

EXPO is identified with the existence or not of spaces for presentations, project work, music, art exhibitions, versatility in classroom design, entrance halls, and transit areas.

As scale indicators were standardized to provide values between 0 and 10, a categorization was defined in order to distinguish centers with “inadequate resources”, those with punctuations below 5, “adequate”, with punctuations between 5 and 7.5, and “outstanding”, above 7.5. Descriptive values are shown in terms of percentages, means, and standard deviations. Comparisons among schools built before and after 2000 are resolved in terms of a two-sided Student *t*-test, providing the resulting *p*-values.

3. Results and Discussion

3.1. Quantitative Results and Discussion

Table 2 shows the percentage of high schools situated in outstanding, adequate, or inadequate positions in regard to each of the seven indicators. Meaningful information in Table 2 (gray shading) is that 86.7% of the schools show inadequate results regarding indicator “EFF” that can relate with SDG7, SDG9, SDG11, SDG12, SDG13, however, 73.3% are outstanding in “EP”, environmental programs integrated into the pedagogical curriculum (SDG4). This makes a gap visible between the built environment (SDG9, SDG11) and the theory of the curriculum, space design, and educational programs. The EXPO indicator, which integrated issues regarding versatility in classroom design, entrance halls, and transit areas for presentations and project exhibitions, also shows that 73.3% of the schools are in an inadequate position.

Table 3 compares schools built before and after the year 2000, as initial differences were suspected in the construction of educational buildings. From 2000 to 2004, five new high schools were built in Elche, following contemporary designs. However, these new buildings present some deficiencies related to thermal conditions (CLIM), proved at a 5% significance level, compared with those built before the year 2000. Due to the importance of thermal and environmental quality of working places [8,37–40], the implications of these results have been analyzed in a separate paper.

Table 2. Percentage of schools situated in outstanding, adequate, or inadequate positions in regard to the defined indicators (acoustic, friendly, climatic conditions, connectivity, environmental projects, energy efficiency, and exhibition and display spaces).

Position	ACU	FRI	CLIM	CONNECT	EP	EFF	EXPO
INADEQUATE	13.30%	33.30%	13.30%	0.00%	0.00%	86.70%	73.30%
ADEQUATE	40.00%	66.70%	46.70%	73.30%	26.70%	13.30%	26.70%
OUTSTANDING	46.70%	0.00%	40.00%	26.70%	73.30%	0.00%	0.00%

Table 3. Mean punctuations (and standard deviations) for indicators in buildings constructed before and after year 2000. Row “*p*-value” contains *p*-values from Student-*t* comparisons for before–after buildings.

Construction	ACU	FRI	CLIM	CONNECT	EP	EFF	EXPO
Before 2000	6.67 (2.5)	5.30 (1.09)	7.73 (1.51)	6.77 (1.19)	8.71 (1.05)	3.20 (1.23)	3.33 (2.22)
After 2000	7.00 (0.75)	6.32 (1.29)	5.73 (1.38)	6.94 (1.21)	8.00 (0.78)	3.00 (2.12)	4.00 (2.79)
<i>p</i> -value <i>t</i> -test	0.703	0.17	0.03 **	0.80	0.17	0.85	0.66

Note: ** means 5% statistical significance.

3.2. Qualitative Findings and Discussion

Qualitative findings from the interviews provide more insight to the questions and goals of the research: What are the challenges faced by the public high schools regarding learning spaces? Evidence seen during the site visits and reported by the interviewees have been summarized in the three following dimensions: (1) lack of space and a need for space versatility, (2) ICT and active methodologies, and (3) sustainability

3.2.1. Lack of Space and a Need for Space Versatility

The principals of the fifteen public high schools in Elche were interviewed, and they all insisted on the need for more space and space versatility. Even before the COVID-19 sanitary alert, the targeted schools were crowded. The principals argued that if the school had more space (indoor or outdoor) susceptible of being transformed to teaching-learning space under reasonable conditions, attention to diversity could improve, more programs could be added, and student ratio would be reduced in some groups, all of this is considered important for quality education (SDG4).

The need for more room is so great that any type of compartment is transformed into a learning space, and therefore versatility is a priority of space design. If spaces are versatile, a wider range of solutions are possible.

Principals claim that this problem is evident even from the first stages of a new facility. This is due to the existing gap between the official profile of class groups when the creation of a new school is proposed and the many possibilities of multiplying groups in attention to diversity once the school is operating. Principals explain that in order to avoid school drop-outs, many programs offer smaller settings that help students benefit from more direct instruction, and consequently, more spaces are needed. In this case, spaces do not necessarily need to be bigger but must have proper conditions to make them transformable. The COVID crisis has made this point even more critical, adding health issues.

Figure 5a,b illustrates the use of a space that originally was not designed for learning. Transit areas, corridors, and corners under staircases are being used for co-working, reading, audio or video-recording, etc., thereby providing an opportunity for small groups of students to work together on self-oriented tasks.



Figure 5. (a) End of a corridor transformed into a classroom. (By IMontiel CC-BY-SA). (b) Transit area enabled for reading or co-working. (By IMontiel CC-BY-SA).

In some schools, even changing rooms and restrooms have been transformed into learning spaces. “It might not offer optimal conditions, but it is a solution for specific moments or activities” says Principal X, referring to the space illustrated in Figure 6a. This is only possible when light and ventilation conditions are appropriate (Figure 6a). Consequently, in support of versatility and flexibility, and in the interest of SDG3, we strongly discourage designing spaces without natural ventilation (Figure 6b), which was quite common in the buildings of the contemporary schools constructed after the year 2000 that we visited.



Figure 6. (a) Toilet transformed into a learning space. (By IMontiel CC-BY-SA). (b) Spaces without natural light or ventilation can only be used for storage. (By IMontiel CC-BY-SA).

It seems essential that the team of architects and planners that design a high school should have an insight into the operating programs of a school, and not only of the rigid technical standards that the educational administration provides to builders. This would offer more versatility and functionality, even in spaces that have not been originally planned

for academic use [41]. Greater knowledge of the real operating system of a high school could be gained with multidisciplinary workshops based on design thinking techniques and action research methods, as we have experimented with during the research. The participatory skills noted in the multidisciplinary design thinking workshops favor empathy, and greater insight into the users' needs (SDG11, SDG16, SDG17). However, engaging stakeholders in the participatory analysis is not an easy task. Tools such as the ones used in design thinking workshops [42–44] are not familiar to all: principals, teachers, students, families, architects, and especially to the local and regional administration. Apparently, it is deemed more urgent to build new facilities (to offer a quick solution to lack of space) than to carefully examine their functionality and sustainability prior to building (SDG11). We recommend that decision-makers invest more time and resources in understanding the needs of the users.

3.2.2. ICT and Active Methodologies

Traditional teacher-centered education is still dominant in the targeted schools, as derived from the interviews with the management teams during the visits carried out. However, active methodologies are being implemented, slowly but gradually. There is no doubt that multimedia technology is used for both student-centered and teacher-centered approaches. In the last decades, great efforts have been made in all countries to improve teacher training in emerging methodologies and to supply the schools with multimedia and ICT infrastructure [45–47] (SDG4, SDG9).

Onsite visits verify that all classrooms are equipped with one computer, projector, and loudspeakers. However, information from the interviews reveals that ICT and active methodologies are implemented in the learning process largely depending on the individual teachers. It should be stressed, though, that this is not a matter of only the teacher's will or teacher training. Teachers experience many challenges in the implementation of ICT in their classrooms due to several pitfalls. In the first place, although there is a computer in the classroom, very frequently the computer or the connection to the internet, projector, or speakers are not operating efficiently. Principals report a need for qualified "technical staff" to ensure the operation and maintenance of the installations; otherwise, it becomes an added task to the workload of the ICT teachers.

The new situation generated by COVID-19 after March 2020 strained and tested the methods used until then and urged for remote teaching-learning strategies, which required high levels of ICT infrastructure and digital skills. With all its difficulties and problems, the "New Normal" led to spectacular progress in the transformation of teaching and learning methodologies to remote and blended learning. From now on, above all, due to the COVID-19 pandemic, virtual and blended learning environments will have a significant impact. Connectivity and ICT should be enhanced and reinforced in the schools, and technical staff contracted in the interest of achieving SDG9. Educators participate in courses and in-service training and are aware of the benefits of transforming learning spaces for implementing a more updated teaching-learning process. However, there is a great gap between what teachers and school leaders learn in training courses and what is in their power to change. Principles of the high schools explain that budgets are always limited and that they face many bureaucratic obstacles if a space transformation is significant and requires consulting architects or engineers.

3.2.3. Sustainability

Findings of the study show there is a gap between the reality in present school design and new sustainable approaches present in the guidelines for Agenda 2030. SDG4, in its target 4.7, proposes rethinking all learning environments (virtual and physical) in order to transform learning, inspiring more student-centered approaches, collaborative decision making, global competencies, and accountability in terms of a more sustainable world. Although the holistic approach of sustainability that binds the environment, the economy and the society [48,49], detailed in the guide "Education for Sustainable Development:

A Road Map”, published by UNESCO in 2020 [50], is not yet widespread, it is definitely starting to develop. This “new” education follows the principles of recent reports and guides [48–53] in order to prepare students to behave as global citizens and train them to practice not only academic skills but also critical thinking and participatory techniques that will help them increase their abilities to solve problems, fostering cooperation. An example of the policies and recommendations passed on to all targeted schools by the regional education administration is the didactic guide delivered in May 2021 [51], encouraging teachers to implement cross-cutting activities in any subject, thus spreading knowledge about SDGs.

Moreover, it is agreed that the design of the educational building, including playgrounds, sports fields, access areas, plays an important role in transmitting the “hidden curricula” that reaches beyond written programs [5,54] and educates in energy efficiency, climate change, financial responsibility, care for nature, etc. [2,33]. Following is an example of some of the questions for gathering such information from each one of the schools:

1. Are renewable energies used for air-conditioning or heating systems? YES/NO
2. Are renewable energies used for hot water in the gym? YES/NO
3. Is there a system for greywater recycling and/or is there a system for rainwater harvesting for watering the school gardens? YES/NO
4. Are there systems or devices for reducing electricity consumption? (motion sensors, programmable timers, LED luminaires) YES/NO
5. Is recycling encouraged in the school curriculum with easy access to all types of containers: paper, plastic, glass, batteries, ICT waste? YES/NO

The answer to the first three questions was “NO” in 100% of the cases. A total of 86.7% of the schools presented inadequate conditions regarding the mentioned indicator about energy efficiency (see Table 2 “EFF”).

For operating the boilers for the heating system, conventional fossil fuel is used in 100% of the cases. An added difficulty is that the buildings are not provided with functional temperature zoning. Boilers are kept working at full capacity even when some areas of the building do not need to be heated.

Regarding the use of renewable energies, all principals refer to the existing barriers for the installation of photovoltaic panels; therefore, none of the fifteen schools use photovoltaic panels for the production of electricity or hot water heating. Hereby we cite a comment of one of the principals in 2018: “*The building is provided with a large flat roof, ideal for solar panels, we have asked for authorization for a photovoltaic installation but it has been denied by the Authorities*”. Although regulations in Spain are changing, the new high school, expected to be completed in 2022 at this stage and time, has not been designed with renewable energy systems either.

Furthermore, there is unanimity among the interviewees concerning the problems resulting from the insufficiency of electrical power. Many of the buildings, even those built after 2000, were not designed to address the needs generated by new technologies (sockets, pc, projectors, etc.) or the increase in electrical power required by the installation of air conditioning equipment.

Additionally, the study confirms the extended use of glass walls in the schools built after the year 2000 and the implications that this entails. These spaces do not benefit from natural ventilation, which makes it necessary to install air conditioning. When that is the case, the operation cost of the building in energy consumption increases. Yet, what is more significant is that deficient ventilation can cause health problems in the occupants of the room [6,55]. In fact, these spaces do not comply with the regulations included in PROTOCOL COVID-19 [56] (SDG3).

Several studies highlighted, even before the pandemic caused by COVID-19, the need for adequate environmental conditions in learning spaces [6,8,38,39,55]. During the academic year 2020–2021, the COVID-19 regulations for ventilation emphasized these requirements. The “guide for ventilation of classrooms” published in October 2020 (CSIC,

2020) states clear guidelines and concludes that the risk of infection is largely reduced when windows are opened, and rooms are ventilated [57].

There is a powerful concern on environmental quality and natural spaces, even stronger in the wake of the COVID crisis. We recommend considering the possibility of increasing outdoor learning spaces in order to benefit from the positive effects of nature and nature-inspired elements in learning environments [33,58–60], especially in the interest of SDG3, SDG6, SDG7, SDG11, SDG12, SDG13, and SDG15. Indoor environmental issues in educational buildings were already important [61–64] and now gain more significance [56,57]. Incorporating nature and ergonomic furniture into educational spaces provide benefits in reducing stress and improving respect for the environment [59]. We should design more natural, friendly, comfortable spaces that encourage civic, egalitarian, and conscientious behavior in teenagers. This is an important part of the hidden curriculum of new learning spaces and can be of great help in creating a positive, warm, and environmentally friendly educational climate [59,60,65,66].

Additionally, regarding vegetable gardens and their use as an interdisciplinary teaching tool for ESD, findings show that interest in these spaces is growing. However, the principals argue that it is difficult to integrate the academic goals of working the vegetable garden into the curriculum of high school subjects. Site visits indicate that the use of these spaces (Figure 7) is only punctual and very often limited to individual, enthusiastic teachers that adapt their program for a specific group and year but without continuity, maybe because they are transferred to a different school the following year or perhaps because they are required to teach a different subject.



Figure 7. Vegetable garden in one of the visited high schools. [IMontiel CC-BY-SA].

3.2.4. Brief Reflection about Budgets and Sustainability

The economic world crisis of the beginning of the 21st century and now the sanitary crisis due to COVID-19 urges the need to optimize the economic investment made in educational spaces [54]. New spaces require a “pandemic-free” design with a view to future sanitary alerts.

Architects and designers, and especially the infrastructure departments of the educational administration, should bear in mind that once the construction works of a new school are finished, the principal (of a Spanish public high school) deals with a very limited budget for changes. Schools should be an example of sustainable design practices [40,51], aligned with SDG 12: “Ensure sustainable consumption and production patterns”. Clearly explained in Education for Sustainable Development: A Roadmap [50] (p. 28), “The entire learning institution needs to be aligned with sustainable development principles, so that learning content and its pedagogies are reinforced by the way facilities are managed and how decisions are made within the institution”. Well-designed, sustainable learning spaces require fewer expenses in terms of operating costs and promote responsible financial education [67].

Findings of the ongoing investigation about sustainable learning spaces prove that the design of the learning space should not come into conflict with the educational objectives of the institution [68] or the health and wellbeing of the users [8,40], requiring adaptations to make the facilities functional. However, we have experienced that it is not easy to communicate the pedagogical needs for a more updated teaching-learning process to the planners, architects, and decision-makers. Very rarely do these new constructions imply a participatory process. Nevertheless, we would like to underline that the ongoing investigation has proved productive as, due to discussion of these issues, participating members were able to integrate modifications in the layout plans of the new high school, even before the sanitary alert existed. Most of these amendments were associated with an increase of natural light and ventilation, and so the new instructions (GVA, 2019) [69] read: "... natural ventilation is increased opening windows to each one of the changing rooms" (p. 2); "window openings in order to allow direct natural ventilation in restrooms" (p. 3); "windows are added to light and ventilate areas of the cafeteria" (p. 3). These are the only modifications that findings of our investigation were able to contribute to the design of the building of the new high school. Although they are a small contribution, after COVID-19 ventilation instructions [58], by no means can these changes be considered a trivial matter.

We are optimistic with the Service-Learning experience provided to one of the high schools for co-creating a new outdoor learning space on a budget. A society that wishes to transmit to the younger generations an education for sustainable development understands that it is a task, not only of the educators, but of everyone's concern and even of the building design. The Service-Learning experience provided to one of the high schools as a solution is explained next.

4. A Service-Learning Experience for Improving Learning Spaces on a Budget

This part of the article presents an example of a Service-Learning experience as a solution for extending spaces and sheds light to question 4): How can we use SL to address the change? We recommend this practice to other schools in similar situations. Following, some clues are presented to perform the change with a high guarantee of success towards the 2030 Agenda.

It is a common practice that public high schools transform their learning environments mainly through solidarity projects where students, teachers, and parents help. These changes are modest and low-profile and are mainly limited to paintings in transit areas, recycled furniture for libraries or for assembly rooms, or adapting outdoor areas for "formal learning". Under these circumstances, the principal of one of the high schools contacted the research team at University Miguel Hernández, seeking ideas for transforming and extending their own learning spaces with a tight budget. The participatory action research that had started in 2017, which had the double goal of creating knowledge for school planners and empowering stakeholders to act even if just small changes were in their power, was bearing its fruits.

The need of the high school was to design new outdoor learning spaces where developing an environmental project aligned with all the SDGs, implementing active methodologies even under the requirements of COVID-19. The research group, acting as a link, suggested a Service-Learning project between two schools: IES Severo Ochoa and the EASDA (vocational school of arts and design of Alicante). During the process, the high school agents (teachers and students) gathered ideas for transforming their learning spaces on a budget, and the vocational education students practiced their theoretical knowledge in a real-life situation by generating designs for the outdoor classroom required. Everything was carried out using a participatory approach, where students at both schools were involved in pursuing innovation in a democratic way. The research group at the university coordinated the experience, and a new learning space ("The BIO-CLASS") emerged.

Table 4 summarizes the relationship between SDGs, targets, and outcomes of the Service-Learning experience. This project covers 10 SDGs and 21 of the 2030 Agenda targets. Detailed information about the steps followed in the implementation of this experience is given next.

Table 4. SDGs and 2030 Agenda Targets covered, as well as outcomes of the Service-Learning project.

SDG	Target	Outcomes
3. Health and Wellbeing	3.4 Promote mental health and wellbeing.	The BIO-CLASS guarantees protection against COVID-19. Provides natural ventilation and distance in a nature friendly learning space.
4. Quality Education	4.1 Quality secondary education leading to relevant and effective learning outcomes. 4.4 Increase the number of youth and adults who have relevant skills, including technical and vocational skills, for employment, decent jobs, and entrepreneurship. 4.7 Ensure that all learners acquire the knowledge and skills needed to promote sustainable development, including, among others, through education for sustainable development and sustainable lifestyles. 4.A Build and upgrade education facilities, inclusive and safe.	The teaching-learning approach used to co-create is an active methodology based on learning by doing with effective learning outcomes.
7. Energy	7.1 Access to affordable and modern energy services. 7.2 Increase renewable energy. 7.A Promote investment in energy infrastructure and clean energy technology. 7.B Expand infrastructure and upgrade technology.	The BIO-CLASS is an expanded outdoor room that uses natural light and ventilation. If possible, solar panels will be added for charging devices.
8. Economic Growth	8.6 Reduce the proportion of youth not in employment, education, or training.	The vocational students can include the project in their portfolio for future job interviews.
9. Innovation and infrastructure	9.1 Develop sustainable infrastructure. 9.5 Enhance scientific research. 9.C Significantly increase access to information and communications technology.	The space will be technology rich and with WIFI access.
11. Sustainable cities and communities	11.6 Reduce environmental impact of cities. 11.7 Provide universal access to safe, inclusive, and accessible, green and public spaces. 11.C Use of local materials.	Improvement of the recreation area with a green construction that promotes an attitude of caring for the environment.
12. Responsible consumption and production	12.5 Reduce waste generation through prevention, reduction, recycling, and reuse. 12.6 Encourage companies, especially large (school infrastructure dept.) to adopt sustainable practices.	Sustainable construction built mainly with recycled and reused materials and provided by students and local businesses.
13. Climate action	13.3 Improve education, awareness-raising, and human and institutional capacity on climate change.	Located in the SE of Spain, in a semi-desertic area, the BIO-CLASS is ideal for raising awareness on climate change.
16. Peace and justice	16.7 Ensure responsive, inclusive, participatory, and representative decision-making at all levels.	The participatory approach methods used for gathering ideas and taking decisions educate the students in responsibility and democracy.
17. Partnerships	17.16 Enhance the global partnership for sustainable development, complemented by multi-stakeholder partnerships that mobilize and share knowledge, expertise, technology, and financial resources.	In order to reach global partnerships we must learn to start with alliances with close, local entities. Both schools also participate in international Erasmus + programs.

Following, we will describe in detail the Service-Learning project undertaken to improve spaces at IES Severo Ochoa.

4.1. The Beginnings

In 2018, EASDA, school of arts and design, with vocational students (ages 18 to 25) engaged in a project called “*Action in the Entrance Hall: An Informal Learning Environment for Interaction between Students and Faculty*”. Vocational students and teachers were the primary actors and decision-makers of the refurbishment of the entrance hall, and with a little financial support from the university, they carried out their renovation. Figure 8 illustrates the final view of the EASDA hall after the project implementation.



Figure 8. Refurbishment undertaken by vocational students at EASDA school.

Meanwhile, high school IES Severo Ochoa was participating in projects with younger students (12–16 years old) related to active methodologies, ICT, or project-based learning and was already using outdoor spaces as an extension of “classrooms” under very basic conditions (Figure 9). Both schools were active in innovation and thus considered ideal for a partnership for improving learning spaces through a Service-Learning project.



Figure 9. High school outdoor space used for leisure and for formal learning before the Service-Learning project.

4.2. The Way

Steps carried out for the implementation of the project through the alliance of the aforementioned schools (illustrated in Figure 10):

- During September 2020, the research team contacted EASDA in order to share the proposal formulated by IES Severo Ochoa. A pair of virtual meetings were enough to

contact leaders first and professors later, and so to promote a visit to the IES in order to find the peculiarities and needs of the high school in situ.

- In October 2020, EASDA students and teachers, together with two members of the university research team, visited the high school IES Severo Ochoa and participated in a design thinking workshop with fourteen 16-year-old students registered in the 4th year high school subject "Scientific Culture". This group was prepared to initiate an educational project on sustainability. Two teachers at the high school and the principal also took part in the workshop. Due to the limitations of COVID-19, the number of vocational students during the visit was reduced to six participants, and active techniques used in design thinking workshops [39] that require moving around were restricted for sanitary reasons. However, the brainstorming for needs and solutions proved a success of participation, the EASDA students as "consultants" took notes and pictures of the spaces they were to work on, and the high school students felt they could express their needs and opinions in front of real future "designers", teachers, and their own principal. *"It was a feeling of being empowered"* reported one of the teachers.
- In November 2020, back at the school of arts, information was transferred to the rest of the participants (vocational students and instructors). EASDA students, as "experts", designed and prototyped ideas on the subject of "Interior Design and Project Management". This work was incorporated by the professors at the school of arts into the curriculum of the first semester as part of the portfolio that would be used and evaluated as the final project of the semester. A total of 15 EASDA students participated, coming from two degrees, mostly individually, and nine of them (from the lowest school level) forming a unique team (seven projects were developed).
- In December 2020, seven models were presented to a board of evaluators formed by two members of the research team of the university, the principal of IES Severo Ochoa, and five professors of the EASDA. This time the interaction was all virtual and technology-based due to the sanitary lockdown. The model called "BIO-CLASS" (Figure 11) was chosen by the jury to be implemented, attending the main preferences of the principal of the high school, who was, without doubt, the person most in tune with the needs of the IES.
- In January 2021, the winning project was presented to the high school students, who evaluated it regarding the rubric prepared by teachers and researchers (basically how sustainability had been integrated into the project). The presentation also served as an excuse to assess their learning about the various types of materials and energy sources used in the design of the BIO-CLASS and studied during the course. The mean grade given by the students to evaluate the project was 4.2 on a scale of 1 to 5. The high school students will also participate in the gathering of recycled materials that will be used in their BIO-CLASS. During the spring and summer of 2021, the "BIO-CLASS" will be set up and will be ready to use as an extra learning space in September 2021 with an approximate cost of EUR 3000, using small local industries and the advice of a chartered engineer.
- In March 2021, vocational students concluded their Service-Learning experience, and before they started internships in businesses and companies to complete their vocational studies, the EASDA school organized an award ceremony. All students (15) received a gift and a certificate for participating in the Service-Learning project as "consultants", plus the student whose project was chosen by the high school ("the client") received from EASDA an economical bonus of EUR 100. Being a "real life" project, the experience can be used for their portfolio when seeking a job after graduation.

ACTIONS	2017-2018	Academic Year 2020-21 UMH-EASDA-IES SEVERO					
		SEP 2020	OCT 2020	NOV 2020	DEC 2020	JAN 2021	MARCH 2021
UMH Workshops, Projects & Programs	At UMH and several IES						
First meetings with teachers. Planning		Virtual					
Visits & Design Thinking			On site at IES				
Project Development				Iterated and on site at EASDA			
Presentation & Evaluation					Virtual and on site at EASDA		
Presentation to Users						On site at IES	
Award Ceremony							On site at EASDA

Figure 10. Timeline of the Service-Learning project to design an outdoor classroom at IES Severo Ochoa High School, Elche, Spain.



Figure 11. Winning project designed by vocational students to be implemented as an outdoor classroom at IES Severo Ochoa High School, Elche, Spain.

As soon as the new BIO-CLASS is built, the research team will proceed with its evaluation of the pedagogical and sustainability use.

This Service-Learning experience proved satisfactory for all participants. In the words of the coordinator of the project at EASDA, *“We are delighted to share these experiences, and the final result has been very satisfying both for the students and for the school. Please, count on us to participate in other similar projects”*. It is *“real-life”* learning for all involved, and *“we are aware that, although this is a small step towards action, for teachers, students and parents it mitigates the feeling of powerlessness”*, says the high school principal. In other words, the project helps the stakeholders believe that change is possible, thus fulfilling the goals and targets of Agenda 2030. The project highlights positive effects on learning spaces as a result of the collaboration of three institutions (UMH with the research team—EASDA with vocational students—IES with compulsory students) in finding solutions to extending and transforming learning spaces with very limited budgets. The project implemented active methodologies, raised awareness on SDGs, and on sanitary needs caused by COVID-19. In addition, it created a meaningful field experience opportunity for vocational students eager to practice their technical knowledge, delivering a design model that will be implemented in a real-life situation adjusted to a very tight budget.

5. Conclusions

The findings of our investigation reveal that more communication between the planners of learning spaces and users would facilitate new ways of learning and working in line with co-creating spaces on a budget. However, improving communication between planners, designers, and users is not an easy task. There are many difficulties that are beyond the scope of this paper in order to incorporate participatory methods in the design of learning spaces. We found these participatory techniques easier to carry out for the renovation of spaces in schools that are already functioning than for the design of new buildings. In this sense, the Service-Learning experienced by IES Severo Ochoa supports one of the beliefs required for transforming learning spaces: start small but start [70]. It also proves that renovating spaces does not always have to be costly; it is possible to start with recycled or inexpensive materials. This experience can be extended to other learning spaces that may require different Service-Learning projects not directly related to interior design, such as academic use of vegetable garden space in high schools.

In second place, we understand that many principals, leadership teams, and teachers that are willing to innovate find there is a great gap between what they learn in courses and in-service training and what is in their power (and budget) to change. We recommend finding alliances with universities and other local organizations in order to potentially start a small Service-Learning project, but that will surely open a path towards an education more hand-in-hand with sustainable development.

Finally, more empirical research is needed to follow up and evaluate sustainable learning spaces such as the *“BIO-CLASS*, result of a Service-Learning participatory process with a budget of only EUR 3000. However, we wish to highlight that in education for sustainable development, high-profile, costly, public learning spaces (more than EUR 11 million have been allocated for the construction of the new high school) [71], should be evaluated, even more so, in order to blend-in educational objectives with the hidden curriculum of the space designed.

Author Contributions: Conceptualization, I.M.; Data curation, I.M.; Formal analysis, A.M.M.; Investigation, I.M. and A.M.M.; Methodology, I.M. and A.M.M.; Resources, S.M.; Supervision, J.N.-P.; Writing—original draft, I.M.; Writing—review & editing, A.M.M. and J.N.-P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by Universidad Miguel Hernández, Convocatoria de Ayudas a la Investigación 2020, RR 01623/2020.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of Miguel Hernandez University (Ref. DCM.MMM.01.20, registration 2020/47059, in 9 November 2020).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Data obtained from surveys is not available to preserve confidentiality of centers consulted.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- García, A.; Muñoz, J.M. Pedagogía de los Espacios. Esbozo de un Horizonte Educativo Para el Siglo XXI. *Rev. Española Pedagog.* **2004**, *228*, 257–278. Available online: <https://reunir.unir.net/handle/123456789/4120> (accessed on 1 June 2021).
- European Schoolnet Report. *Guidelines on Exploring and Adapting Learning Spaces in Schools*; European Schoolnet: Brussels, Belgium, 2017; pp. 1–56. Available online: <https://fcl.eun.org/es/guidelines> (accessed on 1 June 2021).
- Cheryan, S.; Ziegler, S.A.; Plaut, V.C.; Meltzoff, A.N. Designing Classrooms to Maximize Student Achievement. *Policy Insights Behav. Brain Sci.* **2014**, *1*, 4–12. [CrossRef]
- Guardino, C.A.; Fullerton, E. Changing Behaviors by Changing the Classroom Environment. *Teach. Except. Child.* **2016**, *42*, 8–13. [CrossRef]
- Ariani, M.G.; Mirdad, F. The Effect of School Design on Student Performance. *Int. Educ. Stud.* **2015**, *9*, 175. [CrossRef]
- Turunen, M.; Toyinbo, O.; Putus, T.; Nevalainen, A.; Shaughnessy, R.; Haverinen-Shaughnessy, U. Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students. *Int. J. Hyg. Environ. Health* **2013**, *217*, 733–773. [CrossRef]
- Rantala, L.; Sala, E. Associations between classroom conditions and teacher’s voice production. *Energy Procedia* **2015**, *8*, 3120–3125. [CrossRef]
- Mihai, T.; Iordache, V. Determining the Indoor Environment Quality for an Educational Building. *Energy Procedia* **2016**, *85*, 566–574. [CrossRef]
- Allen, J. Building Evidence. In *The 9 Foundations of a Healthy Building*; Harvard, T.H., Ed.; Chan School of Public Health, Center for Health and Global Environment: Boston, MA, USA, 2017.
- Byers, T.; Imms, W.; Hartnell-Young, E. Evaluating teacher and student spatial transition from a traditional classroom to an innovative learning environment. *Stud. Educ. Eval.* **2018**, *58*, 156–166. [CrossRef]
- Woolner, P.; Thomas, U.; Tiplady, L. Structural change from physical foundations: The role of the environment in enacting school change. *J. Educ. Chang.* **2018**, *19*, 223–242. [CrossRef]
- Teba-Fernández, E.M.; Caballero-García, P.; Bueno-Villaverde, A. SHINE[®]: Modelo para la transformación de espacios educativos. *Rev. Estilos Aprendiz.* **2020**, *13*, 14–28.
- Nair, P. *Blueprint for Tomorrow: Redesigning Schools for Student-Centered Learning*; Harvard Education Press: Cambridge, MA, USA, 2014.
- Neuman, D. *Building Type Basics for College and University Facilities*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2013.
- Nabors, L.; Welker, K.; Faller, S. Impact of Service Learning: High School Students as Health Coaches for Children. *J. Commun. Engagem. Scholarsh.* **2018**, *10*, 10.
- Greenwood, D. Outcomes of an Academic Service-Learning Project on Four Urban Community Colleges. *J. Educ. Train. Stud.* **2015**, *3*, 61–71. [CrossRef]
- Kaye, C. *The Complete Guide to Service Learning: Proven, Practical Ways to Engage Students in Civic Responsibility*; Academic Curriculum & Social Action; Free Spirit Publishing Inc.: Golden Valley, MN, USA, 2010.
- Kim, E.; Lee, Y.-J. Serve as you learn: Problem-based service-learning integrated into a product innovation and management class. *Int. J. Costume Fash.* **2018**, *18*, 29–43. [CrossRef]
- McNatt, D.B. Enhancing public speaking confidence, skills, and performance: An experiment of service-learning. *Int. J. Manag. Educ.* **2019**, *17*, 276–285. [CrossRef]
- Jackson, C.; Mohr-Schroeder, M.; Cavalcanti, M.; Albers, S.; Poe, K.; Delaney, A.; Chadd, E.; Williams, M.; Roberts, T. Prospective mathematics teacher preparation: Exploring the use of service learning as a field experience. *Fields Math Educ. J.* **2018**, *3*, 5. [CrossRef]
- Chiva-Bartoll, O.; Moliner, M.L.; Salvador-García, C. Can service-learning promote social well-being in primary education students? A mixed method approach. *Child. Youth Serv. Rev.* **2020**, *111*, 104841. [CrossRef]
- Valverde-Esteve, T.; Salvador-García, C.; Gil-Gómez, J.; Maravé-Vivas, M. Sustainable Service-Learning in Physical Education Teacher Education: Examining Postural Control to Promote ASD Children’s Well-Being. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 5216. [CrossRef]
- Vergés Bosch, N.; Freude, L.; Camps Calvet, C. Service Learning with a Gender Perspective: Reconnecting Service Learning with Feminist Research and Pedagogy in Sociology. *Teach. Sociol.* **2021**, *49*, 136–149. [CrossRef]
- Byker, E.J.; Ezelle-Thomas, V. Preparing Teacher Candidates with Global Competencies: Taking Action on the Global Water Crisis with Service Learning. *J. Res. Child. Educ.* **2021**, *35*, 268–280. [CrossRef]

25. Red Española de Aprendizaje y Servicio. Available online: <https://www.aprendizajeservicio.net/> (accessed on 1 June 2021).
26. Sumarmi Bachri, S.; Baidowi, A.; Aliman, M. Problem-Based Service Learning's Effect on Environmental Concern and Ability to Write Scientific Papers. *Int. J. Instr.* **2020**, *13*. [CrossRef]
27. Aliyu, A.D.; Khata, M.J.; Buntat, Y.; Hatib, A.M. Potential of Service-Learning on Students' Interpersonal Skills Development in Technical and Vocational Education. *Asian Soc. Sci.* **2014**, *10*, 1–9. [CrossRef]
28. Lambini, C.K.; Goeschl, A.; Wäsch, M.; Wittau, M. Achieving the Sustainable Development Goals through Company Staff Vocational Training—The Case of the Federal Institute for Vocational Education and Training (BIBB) INEBB Project. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 179. [CrossRef]
29. Smith, L.; Bratini, L.; Chambers, D.; Jensen, R.V.; Romero, L. Between Idealism and Reality: Meeting the Challenges of Participatory Action. *Action Res.* **2016**, *8*, 407–425. [CrossRef]
30. Macdonald, C. Understanding Participatory Action Research: A Qualitative Research Methodology Option. *Can. J. Action Res.* **2012**, *13*, 34–50. [CrossRef]
31. Colmenares, A. Investigación-acción participativa: Una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces Silencios* **2012**, *3*, 102–115. [CrossRef]
32. Walter, M. Chapter 21. Participatory Action Research. *Social Research Methods*. 2009. Available online: https://www.academia.edu/3563840/Participatory_Action_Research (accessed on 11 February 2021).
33. Rocca, L.; Donadelli, G.; Ziliotto, S. Let's Plan the School Garden: A Participatory Project on Sustainability in a Nursery School in Padua. *Rev. Int. Geogr. Educ. Online* **2012**, *2*, 220–243.
34. Altrichter, H.; Kemmis, S.; McTaggart, R.; Zuber-Skerritt, O. The concept of action research. *Learning Organ.* **2002**, *9*, 125–131. [CrossRef]
35. Kemmis, S. What is to be done? The place of action research. *Educ. Action Res.* **2010**, *18*, 417–427. [CrossRef]
36. Turner, D. Qualitative interview design: A practical guide for novice investigators. *Qual. Rep.* **2010**, *15*, 754–760. [CrossRef]
37. Montiel, I.; Mayoral, A.M.; Navarro Pedreño, J.; Maiques, S.; Marco Dos Santos, G. Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments. *Educ. Sci.* **2020**, *10*, 65. [CrossRef]
38. Ré, M.G.; Filippin, C.; Blasco Lucas, I. Niveles De Confort Térmico En Aulas De Dos Edificios Escolares Del Área Metropolitana De San Juan. *Adv. Energías Renov. Medio Ambiente* **2017**, *5*, 97–108.
39. Saraiva, T.S.; de Almeida, M.; Bragança, L.; Barbosa, M.T. Environmental Comfort Indicators for School Buildings in Sustainability Assessment Tools. *Sustainability* **2018**, *10*, 1849. [CrossRef]
40. Tahsildoost, M.; Zomorodian, Z.S. Indoor Environment Quality Assessment in Classrooms: An Integrated Approach. *J. Build. Phys.* **2018**, *42*, 336–362. [CrossRef]
41. López Chao, V.A. El Impacto del Diseño del Espacio y Otras Variables Socio-Físicas en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje. Ph.D. Thesis, Universidad de Valladolid, Valladolid, Spain, 2016. Available online: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=61483> (accessed on 1 June 2021).
42. Brown, T. *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*; HarperBusiness: New York, NY, USA, 2009.
43. Tschimmel, K. Design thinking as an effective toolkit for innovation. In Proceedings of the XXIII ISPIM Conference—Action for Innovation: Innovating from Experience, Barcelona, Spain, 17–20 June 2012; pp. 1–20. [CrossRef]
44. Tonhauser, P. *Design Thinking Workshop: The 12 Indispensable Elements for a Design Thinking Workshop*; e-book; Academia: Berlin, Germany, 2015; Available online: https://www.academia.edu/24363369/Design_Thinking_Workshop_Pauline_Tonhauser (accessed on 1 June 2021).
45. Mingaine, L. Leadership Challenges in the Implementation of Ict in Public Secondary Schools, Kenya. *J. Educ. Learn.* **2013**, *2*, 32–43. [CrossRef]
46. Firmin, M.W.; Genesi, D.J. History and Implementation of Classroom Technology. *Procedia Soc. Behav. Sci.* **2013**, *93*, 1603–1617. [CrossRef]
47. Mayoral, A.M.; Morales, J.; Aparicio, J.; Ortiz, L.; Quesada, M. TIC's para la Docencia y el Aprendizaje. Editorial UMH. 2019. Available online: <http://editorial.umh.es/2019/12/16/tics-para-la-docencia-y-el-aprendizaje/> (accessed on 9 August 2021).
48. Benayas, J.; Marcén, C.; Alba, D.; Gutiérrez, J. Educación para la Sostenibilidad en España. Reflexiones Y Propuestas. OPEX. 2017. Available online: <http://reds-sdsn.es/wp-content/uploads/2017/10/Informe-Educacion-Sostenibilidad-2017-web.pdf> (accessed on 1 June 2021).
49. Hernández-Barco, M.; Sánchez-Martín, J.; Blanco-Salas, J.; Ruiz-Téllez, T. Teaching Down to Earth—Service-Learning Methodology for Science Education and Sustainability at the University Level: A Practical Approach. *Sustainability* **2020**, *12*, 542. [CrossRef]
50. UNESCO. *Education for Sustainable Development: A Road Map*; UNESCO: Paris, France, 2020; Available online: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802> (accessed on 1 June 2021).
51. Guía Didáctica. Conecta con los ODS. Genealitat Valenciana. 2021. Available online: https://cooperaciovalenciana.gva.es/documents/164015995/164149410/Gu%C3%ADa+did%C3%A1ctica+Conecta+con+los+ODS_+Versi%C3%B3n+imprimible/04e22925-cbb6-44f6-821f-b64703d55d74 (accessed on 21 June 2021).
52. Bascopé, M.; Perasso, P.; Reiss, K. Systematic Review of Education for Sustainable Development at an Early Stage: Cornerstones and Pedagogical Approaches for Teacher Professional Development. *Sustainability* **2019**, *11*, 719. [CrossRef]

53. Breiting, S.; Mayer, M.; Mogensen, F. Criterios de Calidad para Escuelas de EDS. Austrian Federal Ministry of Education, Science and Culture, Dept. V/11c 2005. Available online: <https://www.ensi.org/global/downloads/Publications/211/QC-ESP.pdf> (accessed on 1 June 2021).
54. Crampton, F.E. Spending on school infrastructure: Does money matter? *J. Educ. Adm.* **2009**, *47*, 305–322. [CrossRef]
55. Wargocki, P.; Wyon, D.P. Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. *Build. Environ.* **2017**, *112*, 359–366. [CrossRef]
56. COVID Protocol Generalitat Valenciana. Medidas de Actuación Frente a la COVID-19 Para el Curso Académico 2020–2021 en centros Educativos que Impartan Enseñanzas no Universitarias y sus Servicios Complementarios. Available online: https://ceice.gva.es/documents/161634256/172109626/Protocol_CAS.pdf/e6add099-06a5-4e0f-be89-d5b403aeabae (accessed on 20 July 2021).
57. CSIC-IDAEA. *Guide for the Ventilation of Classrooms*; CSIC-IDAEA, Ministerio de Ciencia e Innovación y Mesura: Madrid, Spain, 2020; Available online: https://www.csic.es/sites/default/files/guia_para_ventilacion_en_aulas_csic-mesura.pdf (accessed on 11 February 2021).
58. Determan, J.; Akers, M.A.; Albright, T.; Browning, B.; Martin-Dunlop, C.; Archibald, P. The Impact of Biophilic Learning Spaces on Student Success. 2019. Available online: <https://cgdarch.com/wp-content/uploads/2019/12/The-Impact-of-Biophilic-Learning-Spaceson-Student-Success.pdf> (accessed on 20 July 2021).
59. Mozaffar, F.; Mirmoradi, S. Effective use of nature in educational spaces design. *Organ. Technol. Manag. Constr.* **2012**, *4*. [CrossRef]
60. Berman, M.G.; Jonides, J.; Kaplan, S. The Cognitive Benefits of Interacting with Nature. *Psychol. Sci.* **2008**, *19*, 1207–1212. [CrossRef] [PubMed]
61. Dorizas, P.V.; Assimakopoulos, M.N.; Santamouris, M. A holistic approach for the assessment of the indoor environmental quality, student productivity, and energy consumption in primary schools. *Environ. Monit. Assess.* **2015**, *187*, 1–18. [CrossRef]
62. Toyinbo, O. Indoor Environmental Quality, Pupil's Health and Academic Performance. Ph.D. Thesis, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland, 20 December 2017. [CrossRef]
63. Mumovic, D.; Palmer, J.; Davies, M.; Orme, M.; Ridley, I.; Oreszczyn, T.; Way, P. Winter indoor air quality, thermal comfort and acoustic performance of newly built secondary schools in England. *Build. Environ.* **2009**, *44*, 1466–1477. [CrossRef]
64. Martínez, A.; Jordan, M.M. The relationship between indoor and outdoor levels of PM10 and its chemical composition at schools in a coastal region in Spain. *Heliyon* **2019**. [CrossRef]
65. Mora, F. *Neuroeducación: Sólo Se Puede Aprender Aquello Que Se Ama*; Alianza Editorial: Madrid, Spain, 2013.
66. Hare, R.; Dillon, R. *The Space. A Guide for Educators*; EdTechTeam Press: Irvine, CA, USA, 2016.
67. Montiel, I.; Mayoral, A.M.; Navarro Pedreño, J.; Maiques, S. Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals. *Sustainability* **2019**, *11*, 3573. [CrossRef]
68. Carulla, M.S.; Thornberg, J.M.; Rodríguez, S.M.; Borràs, J.B. De la educación del arquitecto a la arquitectura de la educación: Un diálogo imprescindible. *Bordón* **2016**, *68*, 165–180. [CrossRef]
69. Updated Instructions School Infrastructure ELX- IES N11. Generalitat Valenciana. April 2019. Available online: <http://www.ceice.gva.es/es/web/contratacion-educacion/proyectos-de-obras> (accessed on 11 February 2021).
70. Hughes, J.M.; Morrison, L.J. Innovative Learning Spaces in the Making. *Front. Educ.* **2020**, *5*, 1–17. [CrossRef]
71. Plataforma de Contratación del Sector Público. Available online: <https://contrataciondeestado.es/wps/portal/!ut/p/b0/DcqxCoAgEADQr2k-1wIHh9YgKmpb4lCJw9MkRPr8HB88QDgBMzW-qfKTSbqtD6EI5zj5UEkkXMKOK7ke4AAEZD83Aat2q9LzvSPVZvMW10UNC03WUFlyP7b7dnY!/> (accessed on 1 June 2021).





ANEXO 1. CUESTIONARIO A CENTROS



ESPACIOS EDUCATIVOS. DIRECCIÓN

El Grupo de Investigación en Educación, Innovación y TICs, EdulInnoTICs, de la Universidad Miguel Hernández, nace con el objetivo de constituirse en un observatorio de la educación, de la innovación educativa y del uso de TICs dentro y fuera del aula. Este equipo cuenta con profesores expertos en didáctica y organización escolar, tecnología educativa, informática y estadística.

Una de las líneas de investigación que estamos desarrollando actualmente versa sobre el paradigma conocido como "El Tercer Profesor"; cómo la arquitectura de los centros educativos condiciona tiempos, conductas y aprendizajes. Dentro de la misma estamos dirigiendo una tesis doctoral que intentará proporcionar pautas de actuación para la proyección de nuevas infraestructuras educativas y la remodelación de espacios para el aprendizaje.

El estudio que ahora emprendemos culminará en un informe detallado, que le haremos llegar a todos los centros participantes, sobre la situación específica detectada en su centro respecto a necesidades, inquietudes y perspectivas relativas a espacios educativos, así como con su posicionamiento en comparación con el resto de centros en cuanto a tendencias y preocupaciones actuales.

POR FAVOR, RELLENE UNA ÚNICA ENCUESTA DE ESTE TIPO (DIRECCIÓN) POR CENTRO, y le agradecemos la promoción de la encuesta de PROFESORADO (<https://goo.gl/bPUry2>) al máximo número posible del profesorado de su centro.

Bases de protección de datos (RGPD 2018)

Conforme al Reglamento General de Protección de Datos en vigor desde el 25 de mayo de 2018, se informa al usuario de que:

1. Los datos recabados en esta encuesta serán tratados exclusivamente con fines de investigación y fines estadísticos. En el tratamiento estadístico no se considerarán ni mostrarán en ningún momento los datos personales de los sujetos participantes.
2. Los datos personales se utilizarán exclusivamente para informar a cada uno de los sujetos participantes y de forma personalizada, de sus resultados en la evaluación competencial realizada.
2. El encargado del tratamiento de datos es el equipo de investigadores/as en Educación en el Dpto. de Estadística, Matemáticas e Informática-IU CID de la Universidad Miguel Hernández.

INFORMACIÓN BASE



Descripción (opcional)

Nombre del centro educativo *

Texto de respuesta corta

Localidad *

Texto de respuesta corta

Número de alumnado en el centro *

- Hasta 300
- Entre 301 y 600
- Entre 601 y 900
- Entre 901 y 1200
- Entre 1201 y 2400
- Más de 2401

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

Número de profesorado en el centro *

- Hasta 50
- Entre 51 y 100
- Entre 101 y 200
- Más de 200

Turnos en el centro *

- Sólo Diurno
- Diurno y Nocturno
- Sólo Nocturno
- Otra...

INFORMACIÓN PERSONAL

Descripción (opcional)

Sexo *

- Mujer
- Hombre

Edad *

- <35
- 36-50
- >50

Año en que comenzó a ejercer como docente en la enseñanza reglada. *

Texto de respuesta corta

Año en que comenzó a ejercer como docente en el centro actual. *

Texto de respuesta corta

Su función en la gestión del centro *

- Director/a
- Vicedirector/a
- Secretario/a
- Jefe/a de estudios
- Otra...

Dirección de correo electrónico al que desea que le enviemos el informe personalizado de centro junto con el informe global comparativo de todos los centros participantes en la encuesta.

En el caso de no estar interesado/a en recibir dicho informe, deje este campo a continuación sin rellenar.

Texto de respuesta corta



ACCESO AL CENTRO



Descripción (opcional)

La entrada al edificio principal es visible (se ve fácilmente desde el acceso al centro). *

- Sí
- No

La entrada al edificio es accesible (para minusválidos). *

- Sí
- No

La recepción dispone de espacio amplio para espera. * *Miguel Hernández*

- Sí
- No

La recepción dispone de mobiliario para una espera cómoda. *

- Sí
- No

Desde la recepción hay contacto visual con el exterior, en el que se aprecia paisaje natural o decoración natural de interior (plantas, fuentes,...) que generan un ambiente agradable. *

- Sí
- No

Su primera impresión del acceso y el recinto le genera una sensación de centro amable (no de reclusión), motivador para la educación y el aprendizaje. *

Sí

No

¿Quiere incorporar algún comentario adicional sobre los espacios de acceso del centro?

Inclúyalo a continuación.

Texto de respuesta larga



ESPACIOS DE APRENDIZAJE INFORMAL



Responda a continuación referido a los espacios comunes en el centro.

¿El centro dispone de sala de usos múltiples y/o salón de actos que se pueda utilizar para reuniones numerosas, representaciones o actos culturales, entre otros?

Sí

No



SALÓN ACTOS/SALA USOS MÚLTIPLES



En el caso de disponer tanto de salón de actos como de sala de usos múltiples, responda a continuación sobre aquella que utilicen con más frecuencia en el centro.

El espacio para reuniones numerosas, representaciones o actos culturales que se utiliza con mayor frecuencia en el centro es: *

- Sala de usos múltiples.
- Salón de actos.
- Otra...

¿Cuál es la capacidad de la sala (aproximadamente en nº puestos)? *

Texto de respuesta corta

Dispone de algún punto de acceso a internet. *

- Sí
- No

Hay WIFI en la sala y funciona eficientemente. *

- Sí
- No

El uso de dispositivos móviles está permitido en la sala para fines educativos. *

- Sí siempre
- Sí, sujeto a solicitud previa a dirección
- No nunca
- Otra...

Dispone de un proyector operativo y conectado o conectable a un dispositivo (ordenador o tableta). *

- Sí
- No

Dispone de una pantalla de proyección suficientemente grande para facilitar la visibilidad incluso a las últimas filas de la sala. *

- Sí
- No

Dispone de un entarimado o zona para la exposición o representación teatral. *

- Sí
- No

Hay al menos 5 puntos de enchufes liberados distribuidos por todo el espacio. *

- Sí
- No

El mobiliario (asientos) es confortable. *

Sí

No

El espacio y mobiliario permiten reconfigurar la disposición de la sala (movilidad de asientos, generación de espacios diáfanos,...) *

Sí

No

Hay mobiliario específico para pensar/hablar de forma distendida y cómoda (sofás, taburetes,...) *

Sí

No

Dispone de elementos de almacenamiento adecuados, suficientes y protegidos. *

Sí

No

Dispone de perchas suficientes. *

Sí

No

Existe la posibilidad de juntar/separar espacios por la disponibilidad de paneles móviles. *

Sí

No

Hay paredes habilitadas (textura para escribir o pegar) o pizarras para la exposición de ideas/trabajos de clase. *

Sí

No

Hay buena visibilidad desde todos los puntos para el espacio de proyección/representación. *

Sí

No

Tiene ventilación natural y es operativa. *

Sí

No

Tiene una climatización eficiente que proporciona una temperatura cómoda durante todo el curso. *

Sí

No

La acústica de la sala es buena (no hay reverberación o ecos). *

Sí

No

Los ruidos procedentes del exterior o de espacios colindantes en el centro son mínimos (no provocan disrupción/malestar) . *

Sí

No

Hay variedad de colores, texturas o decoraciones en las paredes, suelos o mobiliario, que generan un ambiente agradable. *

Sí

No

¿Quiere incorporar algún comentario adicional sobre la sala de usos múltiples/salón de actos?

Texto de respuesta larga



BIBLIOTECA



Descripción (opcional)

¿Cuál es la capacidad de la biblioteca (aproximadamente en nº puestos)? *

Texto de respuesta corta

Dispone de al menos 3 ordenadores operativos y con acceso a internet para uso del alumnado. *

Sí

No

Hay WIFI y funciona eficientemente. *

Sí

No

El uso de dispositivos móviles por el alumnado está permitido en la biblioteca para fines educativos.

Sí siempre

Sí, sujeto a solicitud previa a dirección

No nunca

Hay al menos 3 puntos de enchufes liberados distribuidos por todo el espacio. *

Sí

No

El mobiliario (mesas y asientos) es confortable. *

Sí

No

El espacio y mobiliario permiten reconfigurar la disposición de la sala (movilidad de asientos, generación de espacios diáfanos,...) *

Sí

No

Hay mobiliario específico para pensar/hablar/leer de forma distendida y cómoda (sofás, taburetes,...) *

Sí

No

Dispone de elementos de almacenamiento suficientes y protegidos. *

Sí

No

Dispone de perchas suficientes. *

Sí

No

Hay paredes habilitadas (textura para escribir o pegar) o pizarras para la exposición de ideas/trabajos de clase. *

Sí

No

La iluminación natural durante el día es la habitualmente utilizada (sin requerir de luz eléctrica). *

- Sí
- No

Tiene ventilación natural y es operativa. *

- Sí
- No

Tiene una climatización eficiente que proporciona una temperatura cómoda durante todo el curso. *

- Sí
- No

La acústica de la sala es buena (no hay reverberación o ecos). *

- Sí
- No

Los ruidos procedentes del exterior o de espacios colindantes en el centro son mínimos (no provocan interrupción/malestar). *

- Sí
- No

Hay variedad de colores, texturas o decoraciones en las paredes, suelos o mobiliario, que generan un ambiente agradable. *

- Sí
- No

Hay contacto visual con el exterior, en el que se aprecia paisaje natural, y/o decoración natural de interior (plantas, fuentes,...) que generan un ambiente agradable. *

Sí

No

¿Quiere incorporar algún comentario adicional sobre la biblioteca en el centro?

Inclúyalo a continuación.

Texto de respuesta larga



ESPACIOS COMUNES Y DE TRÁNSITO



Nos referimos como espacios comunes y de tránsito a recibidores, halls, pasillos y escaleras. Responda a las siguientes cuestiones relativas a estos espacios.

Dispone de espacios de almacenamiento adecuados, suficientes y protegidos para el alumnado. *

Sí

No

Dispone de zonas de paso amplias, que facilitan la movilidad fluida de alumnado y profesorado en el centro. *

Sí

No

En zonas comunes, dispone de paredes habilitadas (textura para escribir o pegar) o paneles para la exposición de ideas/trabajos de clase.

Sí

No

Todos los espacios de tránsito tienen ventilación natural y es operativa. *

Sí

No

Todos los espacios de tránsito están protegidos de los agentes atmosféricos. *

Sí

No

Todos los espacios de tránsito (pasillos, escaleras, cantina, ...) tienen una climatización eficiente *
que proporciona una temperatura cómoda durante todo el curso.

- Sí
- No

En las zonas comunes hay variedad de colores o texturas en las paredes, suelos o mobiliario, *
que generan un ambiente agradable.

- Sí
- No

En algunos espacios comunes hay contacto visual con el exterior en el que se aprecia paisaje *
natural o decoración natural de interior (plantas, fuentes,...) que generan un ambiente
agradable.

- Sí
- No



El interior del edificio (pasillos, aulas, etc.) tiene buenas condiciones odoríficas (no suelen *
percibirse olores desagradables procedentes de desagües, mala ventilación o extractores).

- Sí
- No

Los patios y el exterior del centro tienen buenas condiciones odoríficas (no suelen percibirse *
olores desagradables).

- Sí
- No

Todos los aseos tienen ventilación natural operativa. *

Sí

No

¿Quiere incorporar algún comentario adicional sobre las zonas de tránsito en el centro?

Inclúyalo a continuación.

Texto de respuesta larga



ESPACIOS PARA EL OCIO



Descripción (opcional)

Hay espacios cubiertos que se utilizan para la realización de actividades lúdicas en tiempos de recreo o descanso. *

- Sí
- No

Hay espacios descubiertos que se utilizan para la realización de actividades lúdicas en tiempos de recreo o descanso. *

- Sí
- No

Hay espacios cubiertos/descubiertos que, no utilizándose para la realización de actividades lúdicas, podrían ser utilizados para eso. *Biblioteca*

- espacios cubiertos
- espacios descubiertos
- espacios cubiertos y descubiertos
- ningún espacio

El centro tiene espacios reparadores y agradables para charlar, relajarse y/o descansar (con elementos naturales, mobiliario confortable, climatización, iluminación adaptable, ...). *

- Sí
- No

¿Dispone el centro de cantina/berl/comedor? *

- Sí
- No

CANTINA



Descripción (opcional)

El espacio es suficientemente amplio y no suele haber aglomeraciones. *

- Sí
- No

Hay WIFI y funciona eficientemente. *

- Sí
- No

El uso de dispositivos móviles está permitido en la cantina. * *Miguel Hernández*

- Sí
- No
- Otra...

Hay al menos 3 puntos de enchufes liberados distribuidos por todo el espacio. *

- Sí
- No

El mobiliario (mesas y asientos) es confortable. *

- Sí
- No

Hay mobiliario específico para pensar/hablar de forma distendida y cómoda (sofás, taburetes,...). *

Sí

No

El espacio y mobiliario permiten reconfigurar la disposición básica y reagrupar mesas para grupos mayores. *

Sí

No

Hay paredes habilitadas (textura para escribir o pegar) o pizarras para la exposición de ideas/trabajos de clase. *

Sí

No



La iluminación natural durante el día es la habitualmente utilizada (sin requerir de luz eléctrica). *

Sí

No

Tiene ventilación natural y es operativa. *

Sí

No

Tiene una climatización eficiente que proporciona una temperatura cómoda durante todo el curso. *

- Sí
- No

La acústica es buena para poder charlar. *

- Sí
- No

Hay variedad de colores, texturas o decoraciones en las paredes, suelos o mobiliario, que generan un ambiente agradable. *

- Sí
- No



Hay contacto visual con el exterior, en el que se aprecia paisaje natural, y/o decoración natural de interior (plantas, fuentes,...) que generan un ambiente agradable. *

- Sí
- No

¿Quiere incorporar algún comentario adicional sobre los espacios para el ocio y/o cantina en el centro?

Inclúyalo a continuación.

Texto de respuesta larga

ESPACIOS DE ADMINISTRACIÓN (SECRETARÍA)



Descripción (opcional)

Dispone de al menos 3 ordenadores operativos y con conexión a internet. *

- Sí
- No

Hay WIFI y funciona eficientemente. *

- Sí
- No

Hay al menos 3 puntos de enchufes liberados distribuidos por todo el espacio. *

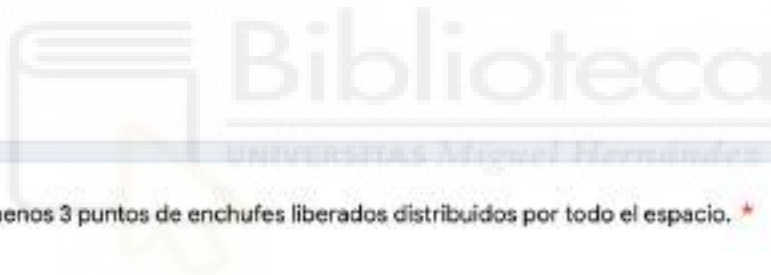
- Sí
- No

El mobiliario (mesas y asientos) es confortable. *

- Sí
- No

Dispone de elementos de almacenamiento adecuados, suficientes y protegidos. *

- Sí
- No



Dispone de perchas suficientes. *

Sí

No

Hay paredes habilitadas con paneles, pizarras y/o tableros accesibles y cómodos para compartir ideas, anotaciones o anuncios. *

Sí

No

La iluminación natural durante el día es la habitualmente utilizada (sin requerir de luz eléctrica). *

Sí

No

Tiene ventilación natural y es operativa. *

Sí

No

Tiene una climatización eficiente que proporciona una temperatura cómoda durante todo el curso. *

Sí

No

La acústica es buena (no se perciben ruidos o ecos del exterior o espacios colindantes en el centro). *

Sí

No

Hay variedad de colores, texturas o decoraciones en las paredes, suelos o mobiliario, que generan un ambiente agradable. *

Sí

No

Hay contacto visual con el exterior, en el que se aprecia paisaje natural, y/o decoración natural de interior (plantas, fuentes,...) que generan un ambiente agradable. *

Sí

No

¿Quiere incorporar algún comentario adicional sobre las zonas de administración en su centro?

Inclúyalo a continuación:

Texto de respuesta larga



Espacios recomendados



Descripción (opcional)

Si hay algún espacio, aula, característica arquitectónica, o han abordado alguna transformación de espacios relevante y con éxito en su centro, que considere interesante y útil para replicar en otros centros, por favor, especifique cuál es y describala brevemente a continuación.

Texto de respuesta larga



ENERGÍA, MANTENIMIENTO Y RESIDUOS

Refiriéndose al centro, responda a las siguientes cuestiones.

El edificio tiene un diseño que favorece el confort climático (ahorro de calefacción en invierno y refrigeración en verano). *

- Sí
- No

Cuenta con sistema autónomo/semi-autónomo y operativo de climatización basado en energías renovables. *

- Sí
- No
- NS/NC

Cuenta con sistema autónomo/semi-autónomo y operativo de calentamiento de agua en el gimnasio basado en energías renovables. *

- Sí
- No
- NS/NC

Dispone de algún sistema para el ahorro de electricidad (ej. detectores de movimiento, encendido/apagado programable,...). *

- Sí
- No
- NS/NC



Dispone de sistemas para el ahorro de agua (ej. control en grifos y cisternas). *

- Sí
- No

Cuenta con sistema de reciclaje de aguas grises para su uso en jardín y/o huerto. *

- Sí
- No

Dispone de contenedores de reciclado y propicia su uso en el proyecto educativo. *

- Sí
- No

El diseño del edificio redundo en costes de mantenimiento elevados en limpieza (grandes cristalerías, inaccesibilidad de espacios y elementos, necesidad de trabajos verticales, etc.) *

- Sí
- No

El reemplazo o reparaciones de elementos como manivelas, cerraduras, estores, paneles, cristales, etc., provoca costes de mantenimiento elevados. *

- Sí
- No

¿Quiere incorporar algún comentario adicional sobre cuestiones energéticas, de mantenimiento o residuos en su centro?

Inclúyalo a continuación.

Texto de respuesta larga

EDUCACIÓN AMBIENTAL Y HÁBITOS SALUDABLES



Descripción (opcional)

Desde el centro se promueven campañas de sensibilización ambiental. *

- Sí
- No

Desde el centro se promueven campañas sobre hábitos saludables *

- Sí
- No

Se fomenta desde el centro el uso de medios de transporte colectivos o sostenibles (bicicleta, desplazamiento a pie...).

- Sí
- No

El centro cuenta con espacio para aparcamiento de bicicletas seguro y de fácil acceso.

- Sí
- No

Hay huerto escolar utilizado para actividades curriculares. *

- Sí
- No

Hay huerto escolar/jardines utilizados para ocio y esparcimiento de la comunidad. *

Sí

No

¿Quiere incorporar algún comentario adicional sobre la educación ambiental y hábitos saludables en su centro?

Inclúyalo a continuación.

Texto de respuesta larga









“La tarea del arquitecto consiste en proporcionar a la vida
una estructura más sensible.”

Alvar Aalto



Isabel Montiel Vaquer